

Министерство образования Российской Федерации

**САНКТ–ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Е.Б. Михаленко, Н.Д. Беляев, В.В. Вилькевич, Н.Н. Загрядская, А.А. Смирнов

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ**

Учебное пособие

**САНКТ–ПЕТЕРБУРГ
Издательство СПбГПУ**

2004

УДК 528.48(075.8)

Инженерная геодезия. Геодезические разбивочные работы /Учеб. пособие/ Е.Б. Михаленко, Н.Д. Беляев, В.В. Вилькевич, Н.Н. Загрядская, А.А. Смирнов. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. 52 с.

Пособие соответствует государственному образовательному стандарту подготовки дипломированных специалистов-инженеров по направлению 653500 «Строительство».

Изложены основные сведения по содержанию, методике и технике геодезических работ, выполняемых при строительстве сооружений. Главное внимание уделено организации разбивочных работ.

Предназначено для студентов инженерно-строительного факультета всех специальностей в пределах программы бакалавриата.

Ил. 41. Библиогр.: 4 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

© Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет, 2004

ВВЕДЕНИЕ

Пособие по курсу «Инженерная геодезия» предназначено для студентов инженерно-строительного факультета и посвящено геодезическому обеспечению строительства сооружений.

Рассмотрены основные методы разбивочных работ, применяемые при строительстве, в частности определение на местности положения основных осей и границ сооружений и других характерных точек в соответствии с проектом при подготовительных работах и в процессе строительства.

Описанные в пособии методы используются при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений, а также других объектов промышленного и гражданского строительства.

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ

1. СТРОИТЕЛЬНАЯ СЕТКА

Геодезические работы при строительстве начинаются с создания геодезической разбивочной основы, обеспечивающей выполнение последующих построений и измерений в ходе строительства с необходимой точностью и с минимальными трудозатратами. Виды разбивочных сетей, основные методы и схемы их построения рассмотрены ниже.

Строительство любого сооружения сопровождается большим объемом геодезических построений и измерений. Для их обеспечения создается специальная геодезическая разбивочная основа, состоящая из разбивочной сети строительной площадки, а также внешней и внутренней разбивочной сети сооружения. Такая структура геодезической разбивочной основы наиболее полно отвечает требованиям достижения необходимой точности построений при минимальных затратах времени. Одновременно создаются условия для выполнения построений простейшими методами и с привлечением ограниченного числа геодезических приборов.

К геодезическим разбивочным сетям относят разбивочную сеть строительной площадки и внешнюю разбивочную сеть сооружения.

Разбивочная сеть строительной площадки используется для создания разбивочных сетей сооружения, выноса в натуру осей зданий, дорог, инженерных сетей и обеспечения исполнительных съемок. Плановые сети строительной площадки создаются в виде строительной сетки (рис. 1,*а*), красных и других линий регулирования застройки (рис. 1,*б*), центральных систем (рис. 1,*в*) и других видов сетей. Выбор вида разбивочной сети зависит от формы возводимых сооружений, их размещения, условий видимости и т.п. Стороны сети стремятся размещать параллельно осям сооружений. На больших строительных площадках, как правило, создается строительная сетка, состоящая из квадратов с размерами сторон 20, 50, 100 и 200 м.

Пункты нивелирной сети строительной площадки обычно совмещают с пунктами плановой разбивочной сети. Высоты пунктов сети определяют проложением нивелирных ходов, опирающихся не менее чем на два репера государственной высотной геодезической сети.

Требования к точности построения разбивочной сети строительной площадки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика объектов строительства	Средние квадратические погрешности измерения (построения)		
	углов, угл. с	линий	превышений на 1 км хода, мм
Группы зданий (сооружений) на участках площадью более 1 км ²	3	$\frac{1}{25000}$	4
Группы зданий (сооружений) на участках площадью менее 1 км ²	5	$\frac{1}{10000}$	6
Отдельные здания (сооружения) с площадью застройки от 10 тыс. м ² до 1000 тыс. м ²	5	$\frac{1}{10000}$	6
Отдельные здания (сооружения) с площадью застройки менее 10 тыс. м ² ; дороги и инженерные сети в пределах застраиваемых территорий	10	$\frac{1}{5000}$	10
Дороги, инженерные сети вне застраиваемых территорий; земляные сооружения	30	$\frac{1}{2000}$	15

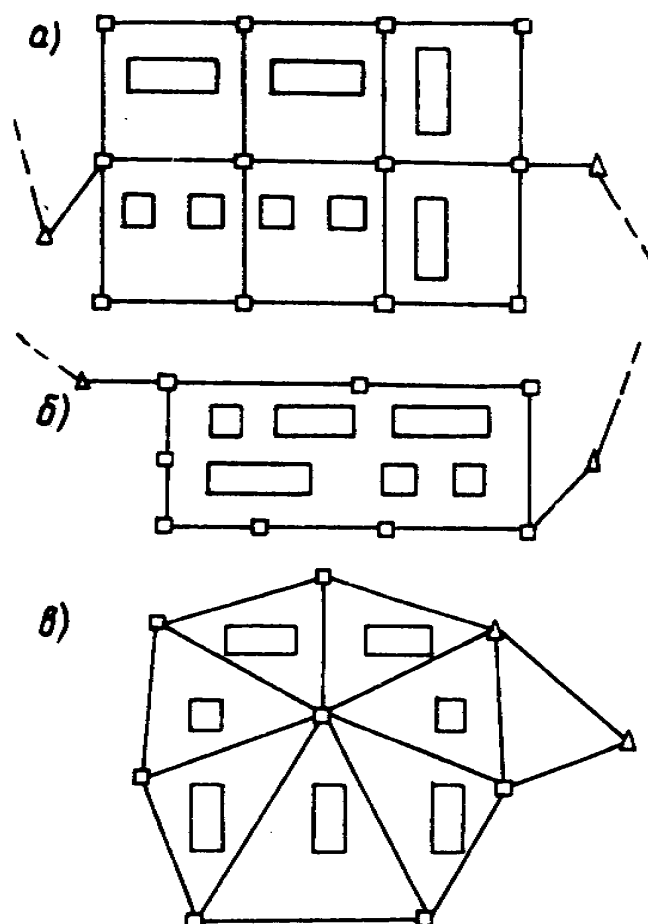


Рис. 1. Схема разбивочной сети строительной площадки

Внешняя разбивочная сеть сооружения создается для перенесения в натуру и закрепления проектных размеров сооружения, производства детальных разбивочных работ и исполнительных съемок.

Внешняя разбивочная сеть сооружения проектируется в виде сети пунктов (осевых знаков), закрепляющих на местности главные оси сооружения (рис. 2,а) или основные оси сооружения. При строительстве сложных объектов и зданий выше девяти этажей дополнительными пунктами закрепляются углы здания, образованные пересечениями основных разбивочных осей (рис. 2,б) Высотной основой внешней разбивочной сети сооружения служат реперы, совмещенные с плановыми пунктами (осевыми знаками).

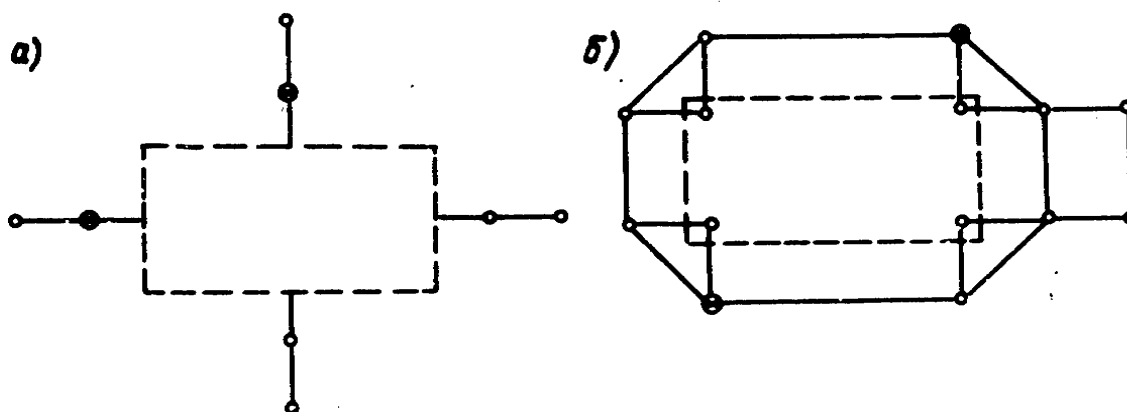


Рис. 2. Схема внешней разбивочной сети зданий:

○ – плановый пункт (осевой знак); ● – репер, совмещенный с плановым пунктом

Внутренняя разбивочная сеть сооружения предназначена для обеспечения построений непосредственно на монтажном горизонте, поэтому в ходе строительства с возведением нового монтажного горизонта она должна строиться заново.

Внутренняя разбивочная сеть сооружения создается в виде сети пунктов (осевых знаков), закрепляющих на исходном и монтажных горизонтах главные и основные оси сооружения (рис. 3).

На исходном горизонте внутренняя разбивочная сеть сооружения создается от пунктов внешней разбивочной сети сооружения, а на монтажных горизонтах – от пунктов внутренней разбивочной сети исходного горизонта методами наклонного или вертикального проектирования.

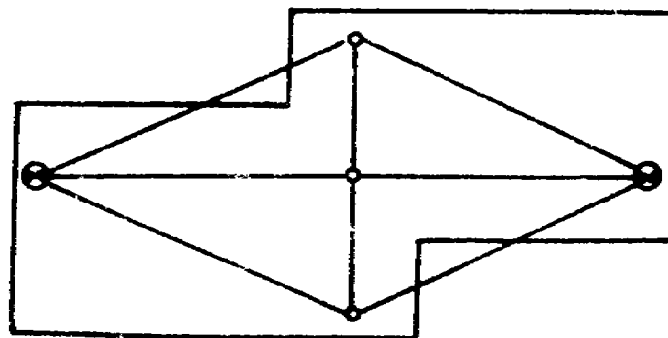


Рис. 3. Схема внутренней разбивочной сети здания

Точность построения внешней и внутренней разбивочных сетей сооружения и разбивочных работ в процессе строительства приведена в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика зданий, сооружений, строительных конструкций	Средние квадратические погрешности измерения (построения)		
	углов, угл. с	линий	превышений на станции, мм
Металлические конструкции с фрезерованными контактными поверхностями, сборные железобетонные конструкции, монтируемые методом самофиксации в узлах сооружений высотой свыше 100 до 120 м или с пролетами свыше 30 до 36 м	5	$\frac{1}{15000}$	1
Здания свыше 15 этажей, сооружения высотой свыше 60 до 100 м с пролетами свыше 18 до 30 м	10	$\frac{1}{10000}$	2
Здания свыше 5 до 15 этажей, сооружения высотой свыше 15 до 60 м или с пролетами свыше 6 до 18 м	20	$\frac{1}{5000}$	2,5
Здания до 5 этажей, сооружения высотой до 15 м или с пролетами до 6 м	30	$\frac{1}{3000}$	3
Конструкции из дерева; инженерные сети, дороги, подъездные пути	30	$\frac{1}{2000}$	5
Земляные сооружения, в том числе с вертикальной планировкой	45	$\frac{1}{1000}$	10

Сохранность и устойчивость знаков геодезической разбивочной основы проверяются не реже двух раз в год в процессе строительства от пунктов триангуляции и полигонометрии 1-4-го классов и 1-2-го разрядов.

При строительстве крупных объектов в качестве плановой разбивочной сети строительной площадки обычно применяется строительная сетка. Учитывая, что строительная сетка оказывает влияние на выбор методов разбивочных работ, рассмотрим вначале особенности ее создания и применения.

Строительная сетка на местности создается в виде системы квадратов или прямоугольников, ориентированных параллельно осям сооружений (рис. 4). В зависимости от характера строящихся объектов длина стороны квадратов или прямоугольников может составлять от 20 до 200 м.

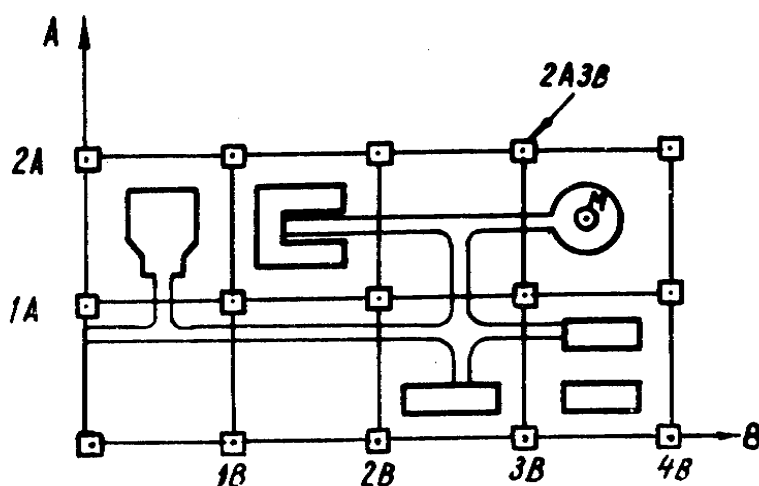


Рис. 4. Строительная сетка

Для удобства пользования строительная сетка создается в условной системе координат. Начало системы координат выбирают так, чтобы все пункты имели положительные координаты, для этого начало координат совмещают с пунктом, расположенным в юго-западной вершине строительной сетки. Ось абсцисс обычно условно обозначают буквой A , а ось ординат буквой B . В соответствии с этим линиям строительной сетки присваивают порядковую нумерацию ($1A, 2A, \dots, 1B, 2B, \dots$). Обозначения пунктов сети содержат информацию об их координатах. Так, пункту $2A3B$ соответствуют координаты $A = 200$ м и $B = 300$ м. По этому же правилу координаты точки M ($A = 157,01$ м; $B = 345,96$ м) записываются в виде $1A + 57,01; 3B + 45,96$.

Работы по созданию строительной сетки включают в себя проектирование, предварительную разбивку, определение фактических

координат центров пунктов и редуцирование (перемещение) пунктов в их проектное положение.

Проектирование строительной сетки выполняют обычно на стройгенплане, на котором нанесены не только постоянные, но и временные сооружения. Вначале строительную сетку чертят на кальке и накладывают на стройгенплан. Кальку размещают, чтобы направления осей строительной сетки были параллельны осям сооружений, а линии сетки не проходили через проектируемые и существующие сооружения. Так как в последующем вершины квадратов (прямоугольников) должны надежно закрепляться постоянными знаками, то последние должны быть удалены от бровки котлованов на расстояния, превышающие двойную глубину котлована. При невозможности соблюдения этих требований разрешается производить параллельные смещения отдельных линий сетки. Затем вершины строительной сетки перекальвают на стройгенплан и определяют координаты пунктов сети и координаты точек сооружений. Переход от плоских прямоугольных координат Гаусса (X, Y) к условной системе координат (A, B) и наоборот осуществляют по формулам:

$$\begin{aligned}A &= (X - X_0) \cos \theta + (Y - Y_0) \sin \theta, \\B &= -(X - X_0) \sin \theta + (Y - Y_0) \cos \theta, \\X &= X_0 + A \cos \theta - B \sin \theta, \\Y &= Y_0 + A \sin \theta + B \cos \theta,\end{aligned}$$

где X_0, Y_0 – плоские прямоугольные координаты Гаусса начала условной системы координат (снимают со стройгенплана графически); θ – дирекционный угол направления оси A в системе координат X, Y (вычисляют по прямоугольным координатам двух пунктов строительной сетки).

Предварительную разбивку начинают с выноса в натуру трех точек оси (стороны) строительной сетки, например O, M и N (рис. 5). Необходимые разбивочные угловые и линейные размеры вычисляют по координатам ближайших геодезических пунктов и пунктов сетки. На рис. 5 три точки оси вынесены методом прямой засечки по отложенным горизонтальным углам α_i и β_i . Створность точек O, M и N проверяют теодолитом и при обнаружении нестворности их перемещают. Затем от точки O , принятой за начальную, путем линейных построений разбивают все другие точки стороны ON .

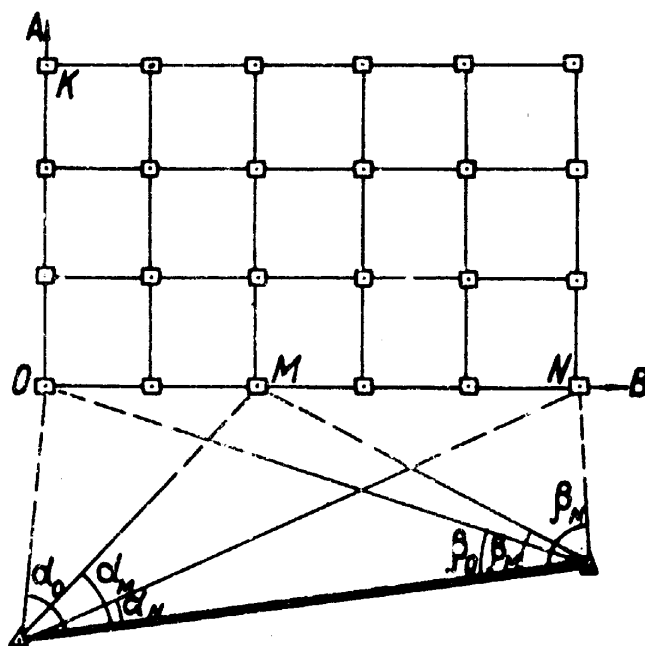


Рис. 5. Предварительная разбивка строительной сетки

Вторую ось (OK) разбивают с точки O построением прямого угла теодолитом, положение остальных точек оси OK находят из линейных измерений.

Положение всех других точек сетки определяют построением перпендикуляров из точек разбитых осей ON и OK (рис. 5).

Предварительную разбивку завершают закреплением точек сетки временными знаками (деревянными столбами) или сразу постоянными знаками. В качестве постоянных знаков используют железобетонные монолиты или трубы с приваренной к ним сверху горизонтальной плитой размерами порядка 20×20 см.

Действительные координаты предварительно разбитых пунктов строительной сетки определяют методом триангуляции, литерангуляции (измеряются углы и стороны в фигурах сети), полигонометрии или с помощью геодезических засечек. Выбор метода зависит от размеров строительной площадки, рельефа местности, наличия геодезических приборов и других условий. Углы измеряют теодолитами Т2 и Т5, а длины линий – электронно-оптическими дальномерами. Точность измерений для построения строительной сетки подбирается по характеристике объектов строительства (см. табл. 1).

Действительные координаты пунктов сети получают в результате уравнительных вычислений. Полученные координаты пунктов сравнивают с их проектными значениями, и если они не совпадают, то выполняют редуцирование центров пунктов сети. На плите постоянного знака центр пункта

перемещают по величинам разностей координат ΔA и ΔB в проектное положение и закрепляют путем кернения.

Работы по созданию строительной сетки и других разбивочных сетей должны быть завершены заказчиком не менее чем за 10 дней до начала строительства и переданы по акту подрядчику.

2. СОДЕРЖАНИЕ И ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

Геодезические работы, выполняемые с целью перенесения в натуру запроектированных сооружений, называются разбивочными работами. Практически эти работы сводятся к выносу и закреплению на местности отдельных точек, осей и отметок, определяющих проектные положения частей и конструктивных элементов сооружения. Принята строгая последовательность выполнения разбивочных работ, вытекающая из основного принципа геодезии «от общего к частному». Вначале определяют от пунктов разбивочной сети строительной площадки положение на местности главных (основных) разбивочных осей и закрепляют их пунктами внешней разбивочной сети сооружения. Затем создают внутреннюю разбивочную сеть сооружения в виде пунктов, закрепляющих на исходном и других монтажных горизонтах главные (основные) оси. И только после этого приступают к детальным разбивочным работам, предшествующим всем этапам возведения сооружения.

Главные оси (оси симметрии сооружения) выносят в тех случаях, когда сооружение имеет сложную конфигурацию или большие размеры, а также когда группа сооружений объекта имеет технологические связи.

При строительстве небольших сооружений выносят и закрепляют основные разбивочные оси (линии, определяющие контур наружных стен сооружения в плане). В этом случае вначале от ближайших пунктов разбивочной сети строительной площадки выносят две крайние точки, определяющие положение оси длинной стороны сооружения. Поперечные оси разбивают с ранее вынесенных точек оси путем построения прямых углов. Разбивочные работы контролируют промерами до пунктов разбивочной сети строительной площадки, не применявшихся при перенесении в натуру данной оси.

Вынос точек и осей производится промерами по сторонам строительной сетки способами полярных и прямоугольных координат, линейных и угловых засечек и т.д. Примеры разбивки главных осей промерами по сторонам

строительной сетки и основной оси полярным способом показаны на рис. 6,а и 6,б соответственно.

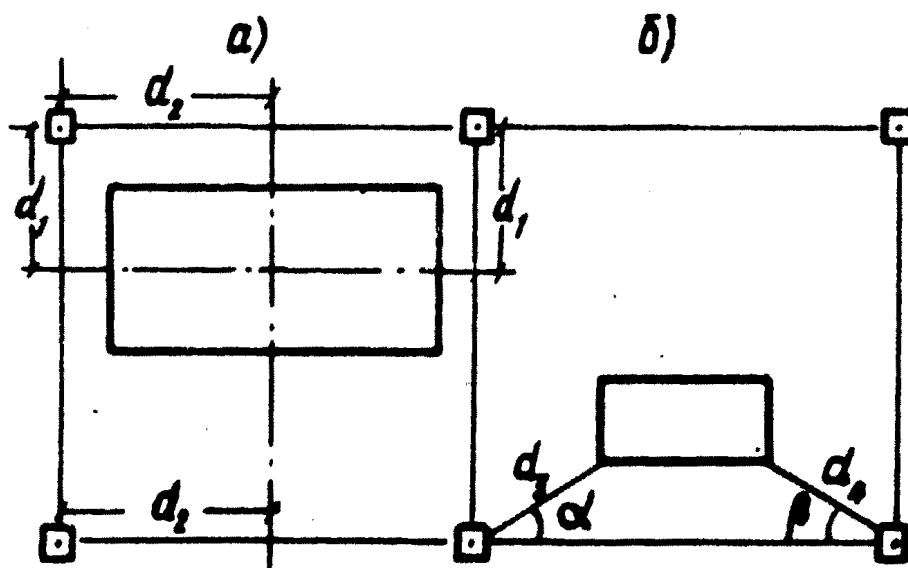


Рис. 6. Разбивка осей сооружения

Главные и основные оси сооружений являются основой для детальных разбивочных работ, в процессе которых на монтажных горизонтах выносятся внутренние, монтажные и установочные оси.

Внутренними осями являются проектные оси конструктивных элементов сооружений. Монтажными называют оси, параллельные внутренним осям и смещенные в сторону от них для удобства выполнения строительно-монтажных работ. Установочными осями являются оси симметрии монтируемых конструктивных элементов и оборудования.

Основными элементами (видами) геодезических разбивочных работ являются:

- построение на местности проектных углов;
- построение на местности линий заданной длины;
- построение на местности линий (осей) в заданном направлении;
- вынос в натуру точек с заданными координатами и отметками;
- построение на местности линий и плоскостей с проектными уклонами.

Исходными данными для разбивочных работ служат генеральный план строительной площадки и разбивочные чертежи.

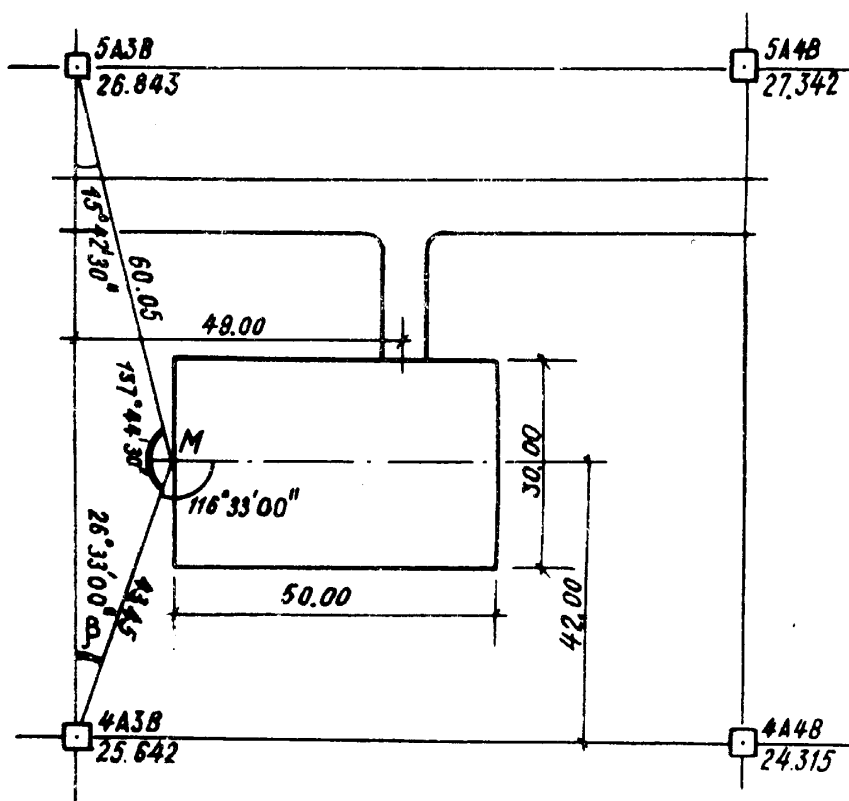


Рис. 7. Разбивочный чертеж

По генеральному плану, содержащему пункты разбивочной сети строительной площадки, проектируемые и существующие сооружения, местные предметы и рельеф, намечают способы разбивочных работ и определяют необходимые для их осуществления основные и контрольные разбивочные размеры (углы, расстояния, превышения, уклоны). После уточнения на местности способов разбивочных работ по проектным координатам и высотам точек (взаимному расположению конструктивных элементов) вычисляют точные значения разбивочных размеров и составляют разбивочные чертежи – схемы выполнения разбивочных работ (рис. 7).

3. ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

Методика подготовки данных для разбивочных работ и точность перенесения сооружений в натуру зависят в известной мере от метода проектирования. Однако, во всех методах в той или иной мере присутствуют три способа подготовки данных для разбивочных работ: графический, аналитический и графоаналитический.

В графическом способе все сооружения размещают на генплане при помощи чертежных принадлежностей. В этом случае для получения разбивочных размеров координаты выносимых точек сооружений также

снимают графически от пунктов строительной сетки на стройгенплане и по ним затем вычисляют углы и расстояния. Реже непосредственно измеряют длины линий с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки, а углы – с помощью транспортира. Погрешность Δ перенесения проекта в натуру при графическом способе зависит от масштаба плана и точности измерений, обычно принимаемой 0,2 мм, т.е. $\Delta = 0,2M$ мм, где M – знаменатель численного масштаба плана.

Вследствие невысокой точности графический способ подготовки данных используется в случае, когда сооружения не связаны технологически или единым архитектурным замыслом, например при внутриквартальной застройке, возведении отдельно стоящих сооружений.

В аналитическом способе все точки проекта задаются координатами, поэтому данные для разбивочных работ могут вычисляться с любой заданной точностью вне зависимости от масштаба генплана.

Аналитический способ подготовки данных трудоемок, в связи с этим на практике чаще пользуются комбинированным графоаналитическим способом, когда координаты точек задаются графически, а все остальные данные получают расчетным путем.

Рассмотрим последовательность вычисления углов и расстояний, используемых для плановой разбивки сооружений. Чтобы вынести полярным способом точку M (рис. 7), координаты A_M, B_M которой заданы или сняты графически от ближайшего пункта $4A3B$, необходимо вычислить расстояние от этого пункта до точки M и значение горизонтального угла между линией строительной сетки и направлением на точку M . В рассматриваемом случае значение этого угла равно значению дирекционного угла направления на точку M . По формулам обратной геодезической задачи находим:

$$tg\beta = \frac{\Delta B}{\Delta A} = \frac{B_M - 300}{A_M - 400},$$

$$d = \frac{\Delta A}{\cos\beta} = \frac{\Delta B}{\sin\beta} = \sqrt{\Delta A^2 + \Delta B^2},$$

где 300 и 400 – координаты пункта $4A3B$, м.

При графоаналитическом способе возникают случаи, когда в процессе подготовки данных вычисляют координаты отдельных точек проекта и только после этого – разбивочные размеры (β, d). Например, если заданы координаты x_1, y_1 угла первого сооружения и дирекционный угол α_{1-2} линии (1-2) застройки (рис. 8), то для выноса сооружений способом проектного полигона

вначале вычисляют координаты точки 2 по формулам прямой геодезической задачи

$$x_2 = x_1 + d_{1-2} \cos \alpha_{1-2},$$

$$y_2 = y_1 + d_{1-2} \sin \alpha_{1-2},$$

затем по формулам обратной геодезической задачи находят дирекционные углы и длины других сторон полигона (кроме уже известной 1-2)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}, d = \frac{\Delta x}{\cos \alpha} = \frac{\Delta y}{\sin \alpha} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}.$$

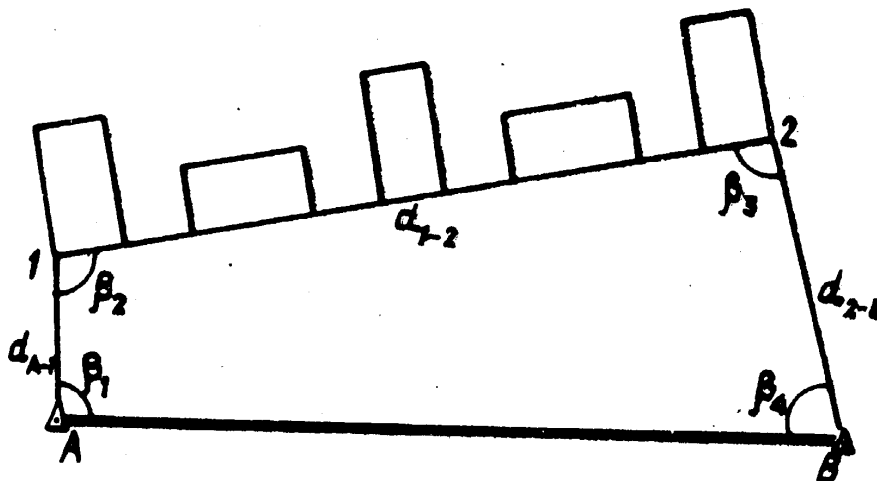


Рис. 8. Способ проектного полигона

Значения горизонтальных углов вычисляют по разности дирекционных углов направлений, составляющих данный угол. Например,

$$\beta_1 = \alpha_{AB} - \alpha_{A1}.$$

Высоты точек проекта задаются, как правило, аналитически. Поэтому определение превышения сводится к вычислению разностей отметок проектной точки и пункта разбивочной сети (репера):

$$h = H_{np} - H_{P_n}.$$

Вычисленные разбивочные размеры, используемые для построений и контрольных измерений, записывают на разбивочных чертежах. Предварительно на разбивочный чертеж переносят с генплана выносимые точки и оси сооружения, а также пункты разбивочной сети, от которых осуществляются построения и контрольные измерения.

Рекомендуемые способы разбивки, перечень геодезических приборов, точность разбивочных работ и условия обеспечения точности измерений указывают также на разбивочном чертеже или в пояснительной записке (см. табл. 2).

4. 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.

4.1. 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. 9).

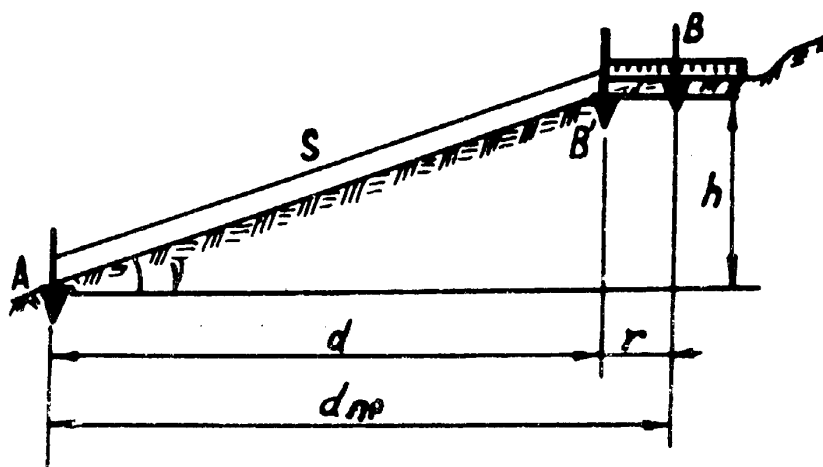


Рис. 9. Схема построения длины линии

Точное значение отложенной длины измеряют в зависимости от точностных требований мерной рулеткой, проволоками, параллактическим способом, оптическим дальномером или светодальномером.

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

$$d = s \cdot \cos \nu \text{ или } d = s - \frac{h^2}{2s}.$$

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

Полученное значение горизонтального проложения d сравнивают с проектной величиной d_{np} и на величину их разности

$$r = d_{np} - d$$

смещают точку B' с помощью линейки в проектное положение B .

4.2. 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. 10), наводят зрительную трубу на визирную марку, расположенную над точкой (пунктом) A , и снимают отсчет N_A по горизонтальному кругу, затем вычисляют отсчет N_B , соответствующий проектному углу β :

$$N_B = N_A \pm \beta$$

(знак минус в формуле соответствует отложению угла против хода часовой стрелки). Далее разворачивают зрительную трубу до вычисленного отсчета N_B 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 $B'B''$ пополам находят точку B и закрепляют ее. Направление OB составляет с исходным направлением OA проектный угол β в пределах точности теодолита.

Для построения угла с повышенной точностью используют способ приближений. Вначале в точке O (рис. 11) строят угол AOB' описанным выше способом, затем измеряют его с заданной точностью (необходимым числом приемов). Далее вычисляют разность между измеренным углом β_1 и его проектным значением β

$$\Delta\beta = \beta - \beta_1$$

и находят отрезок

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

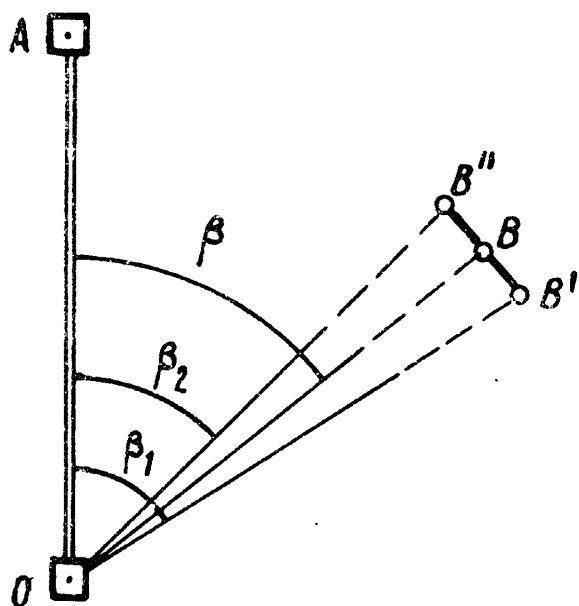


Рис. 10. Построение угла с точностью прибора

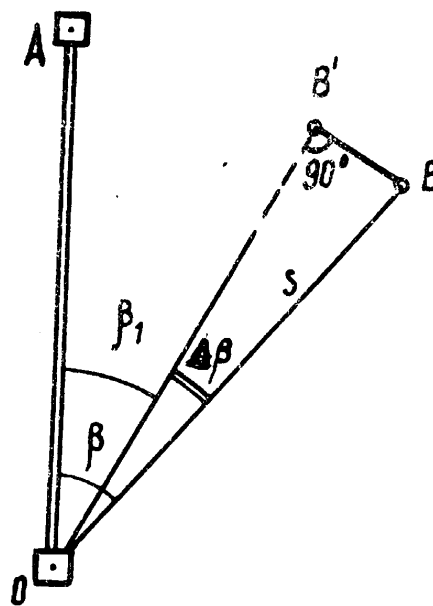


Рис. 11. Построение угла с повышенной точностью

Отложив на местности отрезок BB' перпендикулярно к линии OB' , получают проектный угол AOB с заданной точностью. При положительном значении $\Delta\beta$ точку смещают вправо, а при отрицательном – влево от линии OB' .

4.3. Построение линии проектной длины в заданном направлении

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

В способе вешения (рис. 12) 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 др., пока не будет построена линия проектной длины.

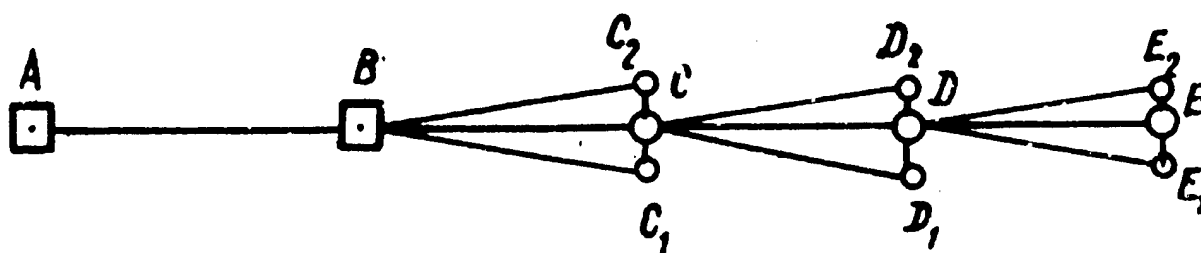


Рис. 12. Построение линий способом вешения

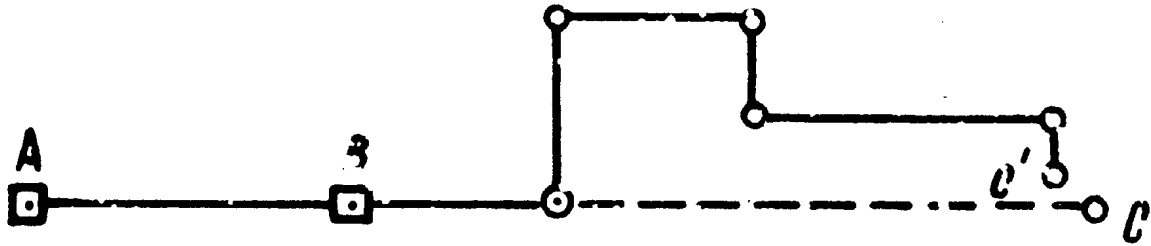


Рис. 13. Построение линий способом теодолитного хода

При наличии в створе линии AB препятствий (временных и постоянных сооружений, котлованов и пр.) для отложения проектной длины в заданном направлении применяют способ теодолитного хода (рис. 13). 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 .

4.4. 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. 14).

Для углового хода, как и для теодолитного, можно записать, что

$$\alpha_n = \alpha_0 - \sum \beta + 180^\circ \cdot n.$$

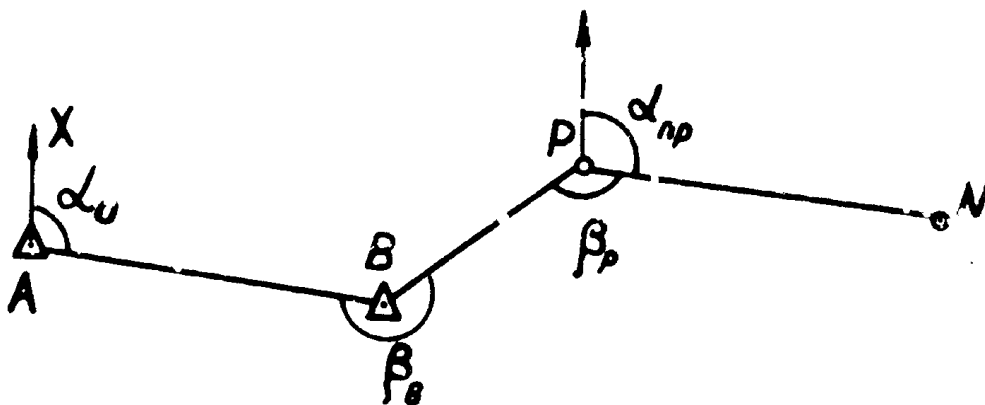


Рис. 14. Построение проектного направления способом углового хода

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

$$\alpha_{np} = \alpha_0 + 180^0 \cdot 2 - (\beta_B + \beta_P)$$

и

$$\beta_P = 360^0 + (\alpha_0 - \alpha_{np}) - \beta_B. \quad (1)$$

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 β_B и по формуле (1) вычисляют значение угла β_P . Затем переносят теодолит на точку P и откладывают горизонтальный угол β_P . Положение точки N фиксируют.

5. ВЫНОС В НАТУРУ ПЛАНОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ТОЧЕК СООРУЖЕНИЯ

В зависимости от условий местности, взаимного расположения сооружений и пунктов разбивочных сетей, а также заданной точности измерений используются различные способы плановой разбивки точек пересечения осей сооружений и других точек проекта. Рассмотрим наиболее распространенные способы.

5.1. Способ прямоугольных координат

Способ прямоугольных координат (перпендикуляров) обычно применяют при наличии строительной сетки. В качестве исходных данных для разбивки точки этим способом используются прямоугольные координаты пунктов строительной сетки и точек сооружения.

Пусть требуется найти на местности положения точек C и D основной оси сооружения от пунктов $3A4B$ и $3A5B$ строительной сетки (рис. 15). Координаты точек C и D в системе строительной сетки соответственно равны:

$$A_C = 3A + 32,50; \quad A_D = 3A + 32,50$$

$$B_C = 4B + 25,00; \quad B_D = 4B + 75,00.$$

По координатам пунктов $3A4B$ и $3A5B$ и точек C и D вычисляют расстояния d_1 , d_2 , d_3 и d_4 :

$$d_1 = 425,00 - 400 = 25,00 \text{ м}, \quad d_3 = 500 - 475,00 = 25,00 \text{ м},$$

$$d_2 = 332,50 - 300 = 32,50 \text{ м}, \quad d_4 = 332,50 - 300 = 32,50 \text{ м}.$$

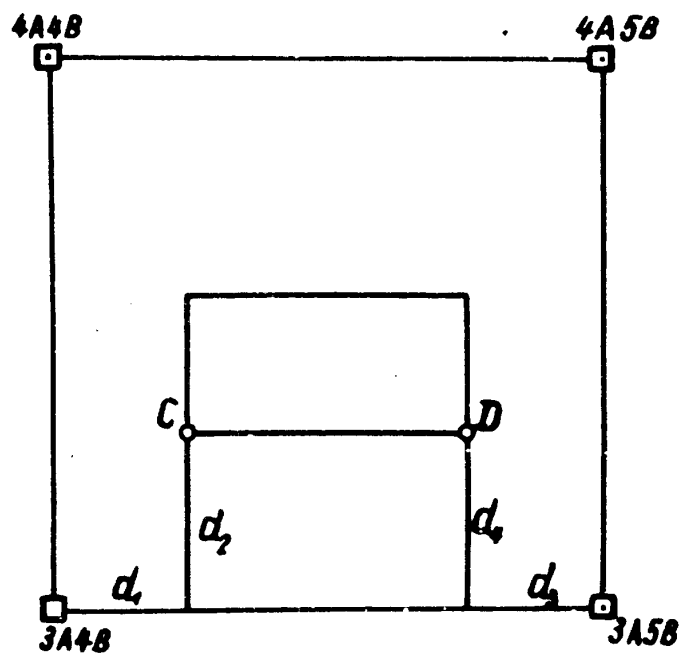


Рис. 15. Вынос точек способом перпендикуляров

От пунктов 3A4B и 3A5B откладывают отрезки d_1 и d_3 . В полученных точках с помощью теодолита строят прямые углы и по перпендикулярам откладывают отрезки d_2 , d_4 . Точность отложения углов и линий выбирают по характеристике сооружения (см. табл. 2).

При необходимости средняя квадратическая погрешность выноса на местность точки C может быть предвычислена по формуле:

$$m = \sqrt{m_{d_1}^2 + m_{d_2}^2 + \left(\frac{m_{\beta}}{\rho''}\right)^2 d_2^2},$$

где m_{d_1} и m_{d_2} – средние квадратические погрешности отложения расстояний d_1 и d_2 ; m_{β} – средняя квадратическая погрешность построения прямого угла.

5.2. Способ прямой угловой засечки

На пересеченной местности линейные измерения и построения мерными лентами и рулетками затруднены или даже невозможны. В этом случае точки проекта рекомендуется выносить способом прямой угловой засечки, требующей построения на местности только двух горизонтальных углов. Преимущества способа проявляются и в том случае, когда расстояния до пунктов разбивочной сети велики.

Пример выноса точки P в натуру способом прямой угловой засечки показан на рис. 16. От стороны разбивочной сети строительной площадки на пункте A откладывают угол β_1 и направление визирной оси фиксируют на местности точками a_1 и a_2 . На пункте B откладывают от этой же стороны угол β_2 и фиксируют направление точками b_1 и b_2 . Между точками a_1 и a_2 , b_1 и b_2 натягивают проволочки и в точке их пересечения находят положение выносимой точки P . Угол засечки ω должен быть в пределах от 30 до 150°.

Углы β_1 и β_2 вычисляют с использованием формул обратной геодезической задачи:

$$\beta_1 = \alpha_{AB} - \alpha_{AP}, \quad \beta_2 = \alpha_{BP} - \alpha_{BA},$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{AB} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}, \quad \operatorname{tg} \alpha_{AP} = \frac{y_P - y_A}{x_P - x_A}, \quad \operatorname{tg} \alpha_{BP} = \frac{y_P - y_B}{x_P - x_B}.$$

5.3. Способ полярных координат

Способ полярных координат широко используется для выноса точек в натуру при любых формах разбивочных сетей. На ближайшем к сооружению пункте A (рис. 17) устанавливают теодолит, от стороны разбивочной сети строят угол β и фиксируют направление на местности точкой a . Затем в полученном направлении откладывают расстояние d и закрепляют положение разбиваемой точки P . Значения горизонтального угла и расстояния находят из решения обратной геодезической задачи.

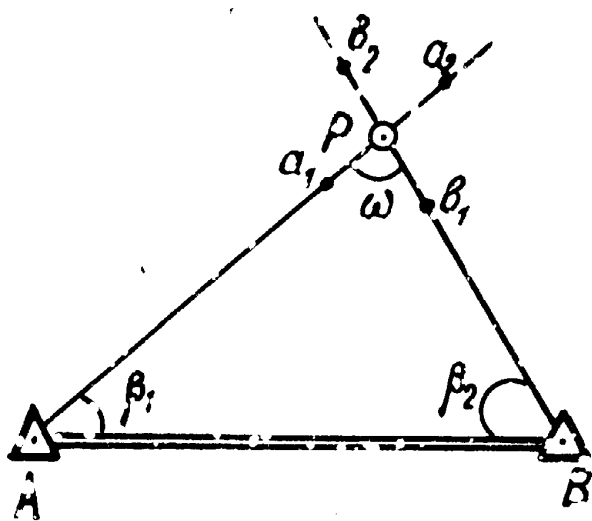


Рис. 16. Построение точки способом прямой угловой засечки

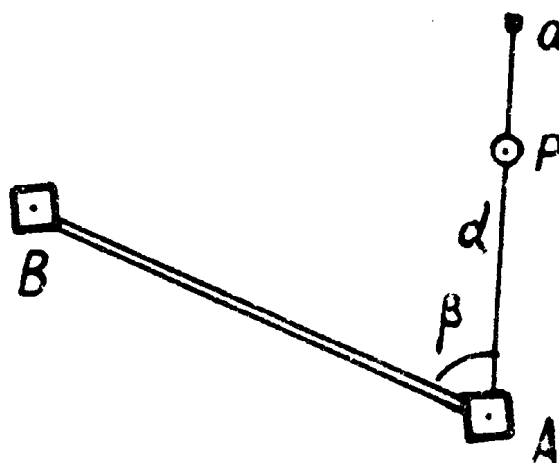


Рис. 17. Построение проектного направления способом углового хода

Средняя квадратическая погрешность разбивки точки способом полярных координат может быть предвычислена по формуле:

$$m = \sqrt{\left(\frac{m_{\beta}''}{\rho''}\right)^2 d^2 + m_d^2},$$

где m_{β} и m_d – средние квадратические погрешности построения угла и расстояния соответственно.

5.4. Способ линейной засечки

Способ линейной засечки может быть использован, если расстояние от выносимой точки до пунктов разбивочной сети меньше длины мерного прибора. Положение на местности искомой точки P получают на пересечении двух дуг, радиусы которых равны проектным расстояниям d_1 и d_2 до пунктов A и B разбивочной сети (рис.18). Точность построения точки P способом линейной засечкой может быть предвычислена по формуле:

$$m = \operatorname{cosec} \omega \sqrt{m_{d_1}^2 + m_{d_2}^2}, \quad (12.5)$$

где ω – угол засечки; m_{d_1} и m_{d_2} – средние квадратические погрешности отложения расстояний.

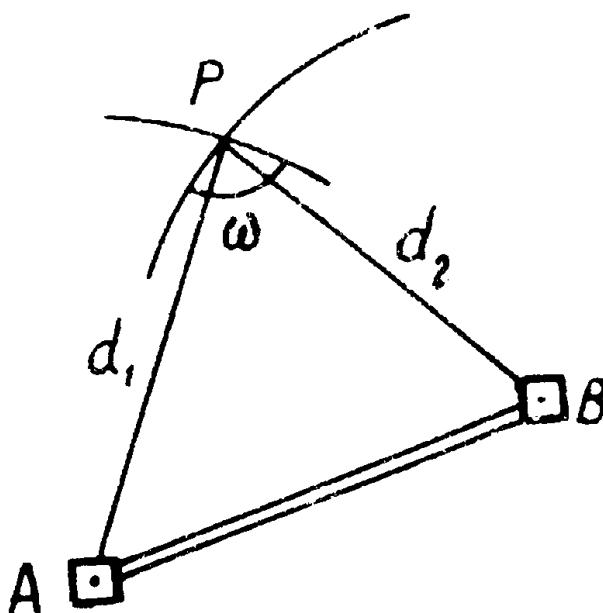


Рис. 18. Построение точки способом линейной засечки

5.5. Способ проектного полигона

Способ проектного полигона применяют для выноса в натуру нескольких точек, если расстояния между ними не слишком велики. Из решения обратной геодезической задачи находят длины сторон d_1 , d_2 и d_3 и внутренние углы проектного полигона β_1 , β_2 , β_3 и β_4 (рис. 19). Затем, откладывая углы и расстояния, последовательно находят положения точек B' , C' и D' , которые вследствие погрешностей построения углов и расстояний не совпадут с проектными точками. В конечной точке D' измеряют величину и магнитный азимут направления линейной невязки DD' . Если невязка не превышает допустимого значения, то точки B' , C' и D' с помощью линейки перемещают в проектное положение по направлению магнитного азимута DD' на расстояния, пропорциональные их удалению от начала хода

$$B'B = \frac{D'D}{\sum d} d_1, \quad C'C = \frac{D'D}{\sum d} (d_1 + d_2).$$

Полученные точки закрепляют.

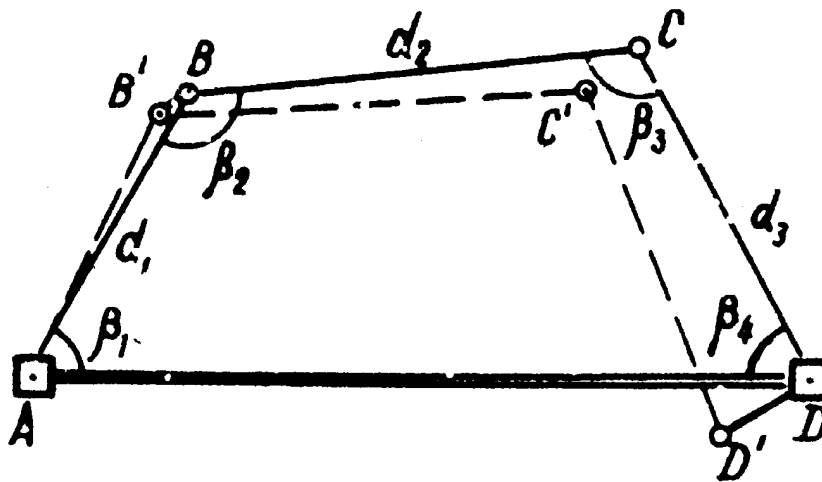


Рис. 19. Построение точек способом проектного полигона

6. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВЫСОТНЫХ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

6.1. Вынос точек с проектными отметками

Для выноса точек с проектными отметками используют методы геометрического, тригонометрического и гидростатического нивелирования. Метод геометрического нивелирования, обладающий высокой точностью и простотой реализации, имеет наибольшее распространение при строительстве.

Метод тригонометрического нивелирования характеризуется меньшей точностью, однако этим методом можно значительно быстрее передавать отметки на монтажные горизонты. Гидростатическое нивелирование в строительстве используется обычно при выносе отметок под монтаж оборудования, когда превышения малы и предъявляются высокие требования к точности высотной разбивки.

Построение точек с проектными отметками методом геометрического нивелирования производят двумя способами: выведением и редуцированием.

Пусть требуется вынести на местность точку B с проектной отметкой H_B (рис. 20). Для выполнения этой задачи способом выведения посередине между точкой B и репером A с отметкой H_A устанавливают нивелир. Производят отсчет a по рейке на репере и находят горизонт инструмента $H_{ГВ} = H_A + a$. Вычисляют отсчет b по рейке на точке B , при котором пятка рейки будет на проектном уровне $b = H_{ГВ} - H_B$. Затем рейку устанавливают в точке B так, чтобы отсчет по ней был равен вычисленному значению b . На коле, забитом предварительно в точке B , под пяткой рейки карандашом фиксируют высотное положение искомой точки.

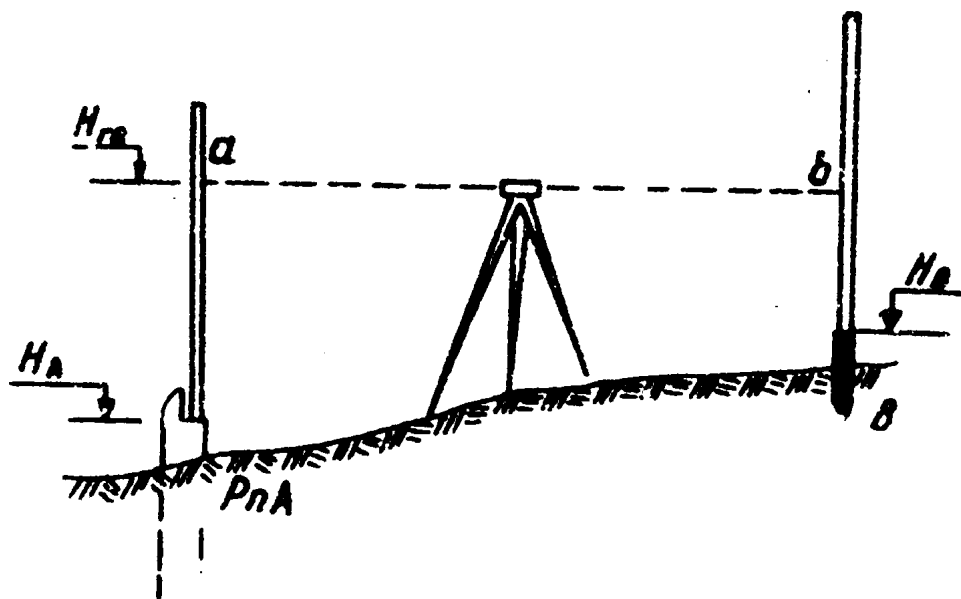


Рис. 20. Построение превышения методом геометрического нивелирования

При монтаже конструктивных элементов и установке оборудования применяют способ редуцирования. В этом случае нивелированием из середины находят фактическое превышение точки B над репером $h_{ф} = a - b$ и сравнивают его с проектным превышением $h_{пр} = H_B - H_A$. В точке B укладывают

подкладку толщиной $\Delta = h_{np} - h_{\phi}$, верх подкладки будет на заданной проектной отметке.

Погрешность построения точек с проектными отметками методом геометрического нивелирования зависит от дальности визирования, точности нивелира и делений рейки, способа отсчитывания и других причин. Экспериментальными исследованиями установлено, что погрешность измерения превышения (мм) составляет:

- $m_h = 0,02 + 0,002s$ – для прецизионного нивелира типа Н-05;
- $m_h = 0,1 + 0,01s$ – для точного нивелира типа Ni-B3;
- $m_h = 0,8 + 0,02s$ – для точного нивелира типа Н-3.

Расстояние s от нивелира до рейки в формулы подставляется в метрах. Оптимальная длина визирного луча составляет 25 м.

Точность способа выведения существенно зависит от способа фиксации высоты разбиваемой точки: при забивании колышка до проектного уровня погрешность фиксации равна 2-4 мм, при прочерчивании по метке (пятке) рейки – 1 мм, при вывинчивании болта с резьбой – 0,1-0,5 мм.

При тригонометрическом нивелировании превышения вычисляют по измеренному расстоянию и углу наклона:

$$h = s \sin \alpha + I - v + f = d \operatorname{tg} \alpha + I - v + f,$$

где s и d – наклонное расстояние и соответствующее ему горизонтальное приложение; α – угол наклона; I , v – высота прибора и визирной цели; f – суммарная поправка за кривизну Земли и рефракцию.

Наклонные расстояния обычно измеряют светодальномером, а горизонтальные проложения получают из измерений мерными приборами. Угол наклона измеряют со средней квадратической погрешностью 2-3" – теодолитом типа Т2 и 5" – теодолитом типа Т5К.

В методе тригонометрического нивелирования необходимо с высокой точностью знать высоту теодолита I над пунктом разбивочной сети. Высота прибора может непосредственно измеряться с использованием рулетки или определяться косвенным путем с помощью нивелира и рейки.

В косвенном способе на расстоянии 2-3 м от пункта A разбивочной сети (рис. 21), на котором будет установлен теодолит, забивают кол или выбирают стабильную точку K . При помощи нивелира и рейки измеряют превышение h между пунктом A и точкой K . Затем над пунктом A устанавливают теодолит, приводят трубу в горизонтальное положение (отсчет по вертикальному кругу

равен месту нуля) и делают отсчет b по рейке, установленной на точке K . Тогда высоту I теодолита можно получить из выражения:

$$I = b + h.$$

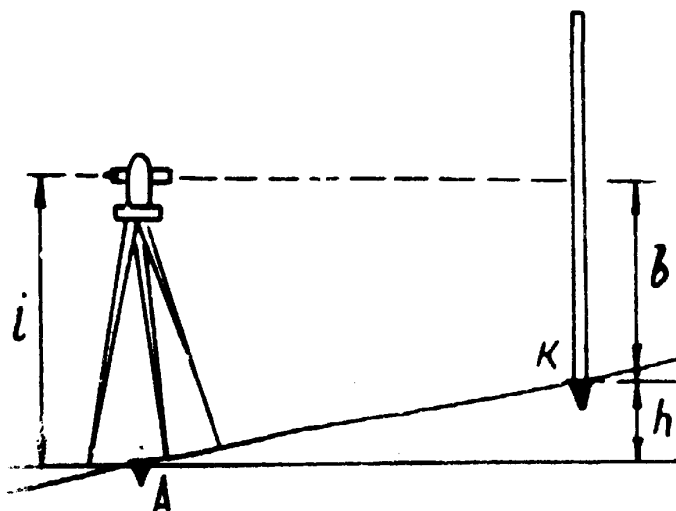


Рис. 21. Косвенный способ определения высоты теодолита

Погрешность определения высоты косвенным способом составляет 0,3-0,5 мм.

Гидростатическое нивелирование обеспечивает построение превышений с погрешностью 0,01-0,05 мм – с помощью прецизионного нивелира и 1-2 мм – с помощью технического нивелира. В первом случае диапазон измеряемых превышений составляет всего ± 25 мм.

В процессе гидростатического нивелирования следует избегать размещения приборов и шланга вблизи источников тепла и вентиляционных каналов, прямого попадания солнечных лучей, а также следует располагать шланги на уровне измерительных головок.

6.2. Вынос на местность линий с проектными уклонами

При строительстве многих сооружений (дорог, аэродромов, инженерных сетей и др.) возникает необходимость построения на местности линий и плоскостей с заданными уклонами.

Линию с заданным уклоном i можно построить с помощью нивелира, теодолита, лазерного визира и специальных визирок.

Пусть нужно с помощью нивелира построить на местности линию AB с проектным уклоном i . Отметка H_A начальной точки A и расстояние D до конечной точки B заданы (рис. 22).

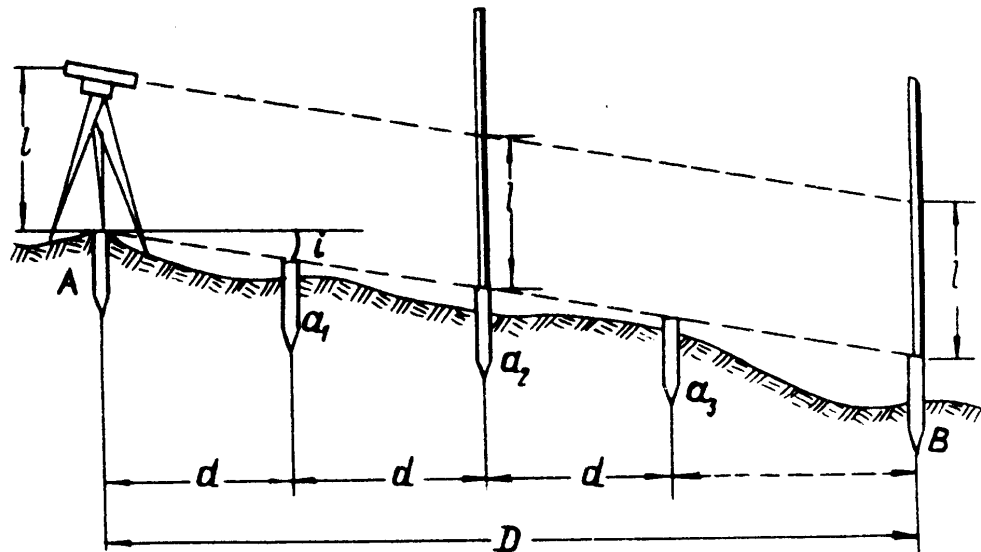


Рис. 22. Построение линии заданного уклона

Отметку точки B вычисляют по формуле

$$H_B = H_A + iD.$$

В заданном направлении от точки A откладывают горизонтальное проложение D , на котором закрепляют кольями точки a_1, a_2, \dots , отстоящие одна от другой на расстояние d . Точки A и B выносят на проектные отметки путем геометрического нивелирования от ближайшего репера и закрепляют их кольями.

В точке A устанавливают нивелир, измеряют его высоту l над точкой A (рис. 22) и наводят на рейку в точке B . Затем наклоняют трубу элевационным (подъемным) винтом до тех пор, пока отсчет по рейке в точке B не станет равным высоте прибора в точке A . После этого в точках a_1, a_2, \dots , забивают колья так, чтобы отсчеты по рейке, устанавливаемой на эти колья, равнялись высоте l нивелира.

При больших значениях проектного уклона наклонные линии удобнее строить с помощью теодолита. Сначала конечные пункты A и B выносят нивелиром. После этого теодолит устанавливают в точке A , а рейку – в точке B . Далее наводят зрительную трубу на деление рейки, соответствующее высоте теодолита. Промежуточные точки разбивают посредством рейки так же, как и при работе с нивелиром.

Аналогично изложенному выше выполняют построение наклонной линии с помощью лазерного визира. Положение лазерного пятна на рейке можно фиксировать визуально или фотоэлектрическими способами. На расстоянии до

100 м погрешность фиксирования лазерного пятна составляет 0,5-0,9 мм – в первом способе и 0,3-0,5 мм – во втором.

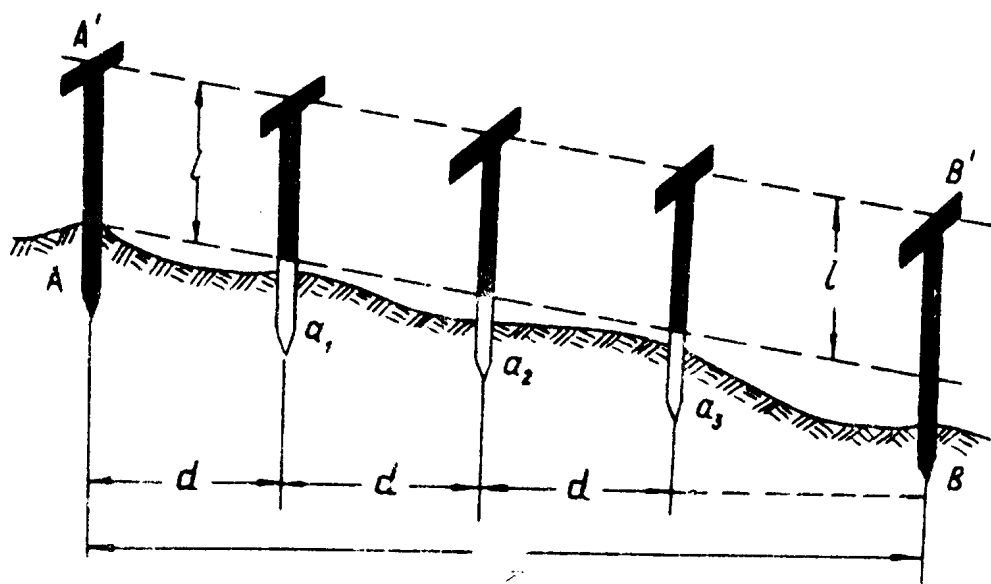


Рис. 23. Построение линии заданного уклона с помощью визирок

При большом количестве разбиваемых на данной линии точек детальную разбивку наклонной линии выполняют с помощью двух постоянных и одной подвижной визирки. Постоянные визирки устанавливают в точках A и B (рис. 23) с помощью нивелира так, чтобы уклон линии $A'B'$ был равен значению проектного уклона. Производитель работ визирует глазом через верхние срезы поперечных планок постоянных визирок. Подвижную визирку устанавливают последовательно в точках a_1, a_2, \dots и забивают колья до тех пор, пока верхний срез поперечной планки подвижной визирки не совпадет с визирным лучом $A'B'$.

6.3. Вынос в натуру плоскостей с заданными уклонами

Для построения плоскости $ABCD$ (рис. 24) с проектными уклонами i_1 и i_2 по направлениям AB и AD соответственно вначале с помощью нивелира выносят от ближайшего репера точки A, B, C и D на их проектные отметки. Затем устанавливают нивелир над точкой A так, чтобы два подъемных винта подставки располагались параллельно линии AD , а третий – перпендикулярно к ней. Измеряют высоту l нивелира. В точках B и D устанавливают рейки.

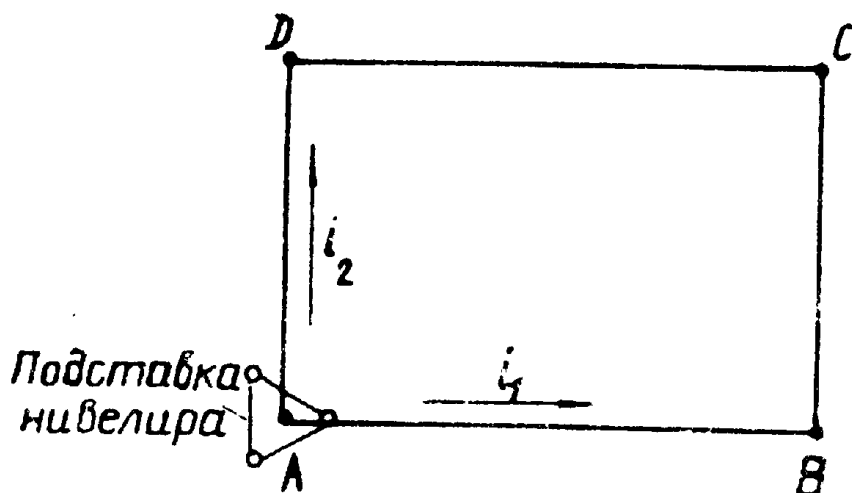


Рис. 24. Схема построения проектной плоскости

Трубу нивелира наводят на рейку в точке D и, действуя двумя первыми подъемными винтами, наклоняют нивелир до тех пор, пока отсчет по рейке не будет равен высоте l нивелира. Наводят нивелир на пункт B и, действуя третьим подъемным винтом, добиваются отсчета по рейке, равного высоте нивелира. Операции повторяют, пока описываемая при вращении нивелира плоскость не будет параллельна заданной плоскости $ABCD$. Контролируют положение плоскости по отсчету на рейке в точке C . После производят детальную разбивку плоскости, в процессе которой выставляют колышки в проектное положение по методике, описанной для выноса линии заданного уклона.

7. ДЕТАЛЬНЫЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ ПО ВЫНОСУ ОСЕЙ И ОТМЕТОК

7.1. Разбивка и закрепление осей сооружения на обноске

После разбивки на местности главных (основных) осей сооружения и закрепления их пунктами внешней разбивочной сети здания производят детальную разбивку и закрепление всех строительных осей, для чего обычно пользуются обноской.

Обноска представляет собой временное сооружение, устанавливаемое по периметру здания на удалении 3-5 м от бровки котлована. Обноски бывают сплошной и прерывистой, а по используемому материалу – деревянной и металлической.

Деревянная обноска (рис. 25,а) состоит из двухметровых столбов, вкапываемых в грунт на глубину 1-1,2 м через каждые 2,5-3 м по периметру, и обрезных досок толщиной 30-50 мм, прибиваемых к внешней стороне столбов так, чтобы их верхние кромки были в горизонтальной плоскости. Для соблюдения этого условия на столбах предварительно с помощью нивелира намечают точки с одинаковыми высотами. Одновременно стороны обноски должны быть параллельны осям сооружения.

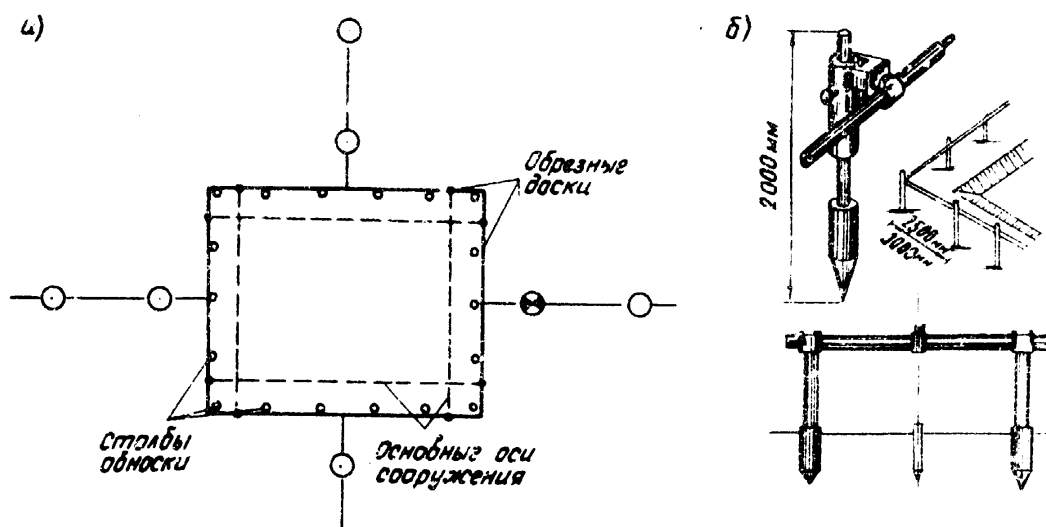


Рис. 25. Обноска

Инвентарные металлические обноски (рис. 25,б) состоят из двухметровых стоек и металлических труб, которые рассчитаны на многократное использование. Устанавливается металлическая обноска аналогично деревянной.

На обноску от пунктов внешней разбивочной сети с помощью теодолита переносят главные (основные) оси сооружения. Остальные оси (промежуточные, установочные) непосредственно разбивают на досках обноски, откладывая рулеткой расстояния по их верхней кромке. Оси предварительно фиксируют карандашом, а после увязки измерений окончательные положения осей фиксируют откраской или гвоздем.

На инвентарной металлической обноске положение осей фиксируется подвижным хомутом с табличкой, обозначающей наименование оси.

Разбивка осей проверяется и принимается по акту. Отклонения габаритных размеров сооружения не должны превышать допусков, принятых для разбивочных работ (см. табл. 2). В процессе строительства положение осей на обноске периодически контролируется от главной (основной) оси промерами рулеткой.

Обноска предназначается главным образом для обеспечения работ по устройству котлованов и возведению фундаментов.

7.2. Разбивочные работы на исходном монтажном горизонте

Для возведения наружной части сооружения на исходном монтажном горизонте создается внутренняя разбивочная сеть здания и надежно закрепляется.

Монтажный горизонт – это условная горизонтальная плоскость, проходящая через проектные отметки низа монтируемых конструктивных элементов. Монтажный горизонт первого этажа является исходным.

Пункты внутренней разбивочной сети располагают на перекрытии подвала или непосредственно на блоках фундамента. Количество пунктов и форма внутренней разбивочной сети зависят от размеров и назначения сооружения, методов производства строительно-монтажных работ и других факторов. При строительстве сравнительно небольших зданий четырьмя пунктами закрепляются продольные и поперечные основные оси (рис. 26), в зданиях сложной конфигурации закрепляются главные оси (рис. 3). Иногда для крупногабаритных сооружений внутренняя разбивочная сеть создается в виде нескольких фигур, повторяющих контур сооружения. При этом стороны сети располагают также параллельно основным осям сооружения с тем, чтобы внутренние и монтажные оси можно было выносить непосредственно линейными измерениями или простейшими способами перпендикуляров и створов.

Местоположение пунктов внутренней разбивочной сети определяют с пунктов внешней разбивочной сети сооружения. Например, чтобы вынести пункты, расположенные в точках пересечения основных осей (рис. 26), теодолит выставляют над пунктом 1 внешней разбивочной сети и трубу наводят на пункт 1'. На исходном монтажном горизонте фиксируют направление 1 – 1'. Потом теодолит устанавливают на пункте 2 и наводят на пункт 2'. В пересечении направлений 1 – 1' и 2 – 2' находят положение первого пункта (I) внутренней разбивочной сети и фиксируют прочерчиванием карандашом или откраской. Аналогично выносят пункты II, III и IV.

Правильность разбивки контролируют измерениями расстояний и прямых углов. Окончательные положения пунктов надежно закрепляют на исходном горизонте дюбелями или керном на закладных деталях (рис. 27) и маркируют несмываемой краской.

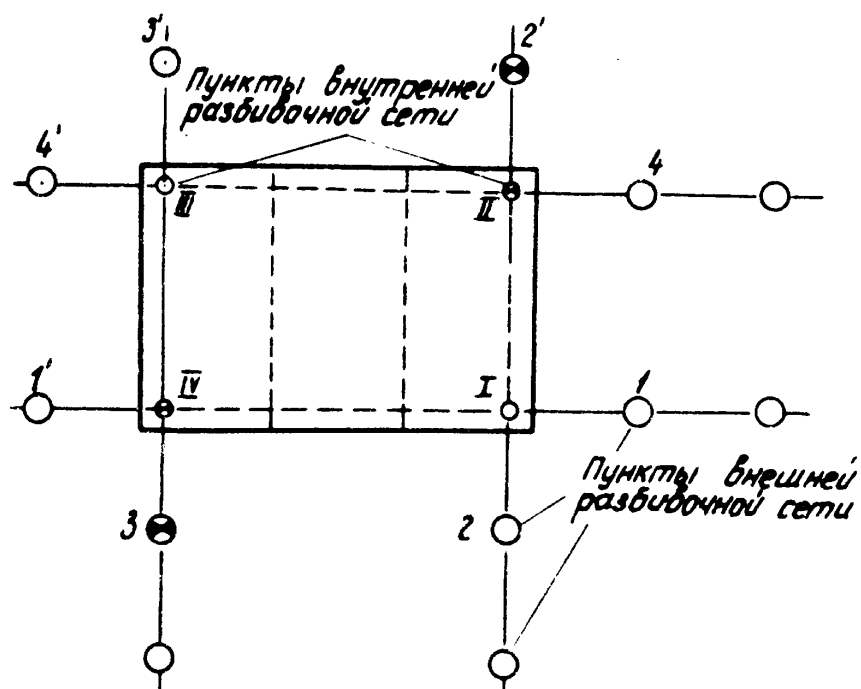


Рис. 26. Схема размещения внутренней и внешней разбивочных сетей

Высотной разбивочной основой на исходном монтажном горизонте служат рабочие реперы, совмещаемые, как правило, с пунктами внутренней разбивочной сети. Число реперов зависит от сложности сооружения, но их должно быть не менее двух. Отметки этих реперов определяют методом геометрического нивелирования от реперов внешней разбивочной сети.

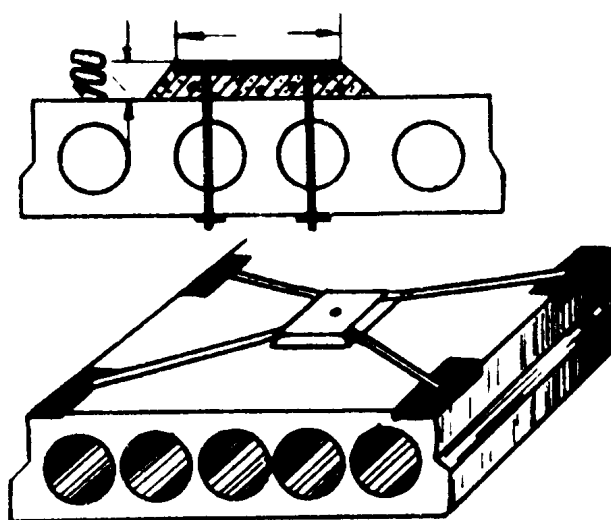


Рис. 27. Пункт внутренней разбивочной сети

Детальные разбивочные работы на исходном и других монтажных горизонтах сводятся обычно к построению внутренних и монтажных осей,

фиксирующих плановое положение отдельных конструкций и элементов сооружения. Разбивку осей производят от пунктов внутренней разбивочной сети. При использовании способа створов (см. рис. 26) теодолит устанавливают на пункте I основной оси и наводят трубу на пункт IV. По линии I – IV откладывают расстояния до выносимых поперечных осей и закрепляют их рисками. Выполнив аналогичные действия по основной оси II – III, выносят вторые концы поперечных осей. Затем оси фиксируют проволоками или закрепляют откраской.

От пунктов, закрепляющих главные оси сооружения, детальные разбивочные работы производят обычно способом перпендикуляров. Теодолит устанавливают в точке пересечения главных осей (центральный пункт) и наводят трубу на пункт, расположенный в конце продольной главной оси. По визирной линии откладывают рулеткой расстояние до поперечной оси и фиксируют его. Переносят теодолит на вынесенную точку и строят прямой угол. Полученную ось закрепляют откраской или керном по закладным деталям.

При крупнопанельном строительстве монтажные оси закрепляют откраской в виде рисок (рис. 28), определяющих плановое положение отдельных конструктивных частей.

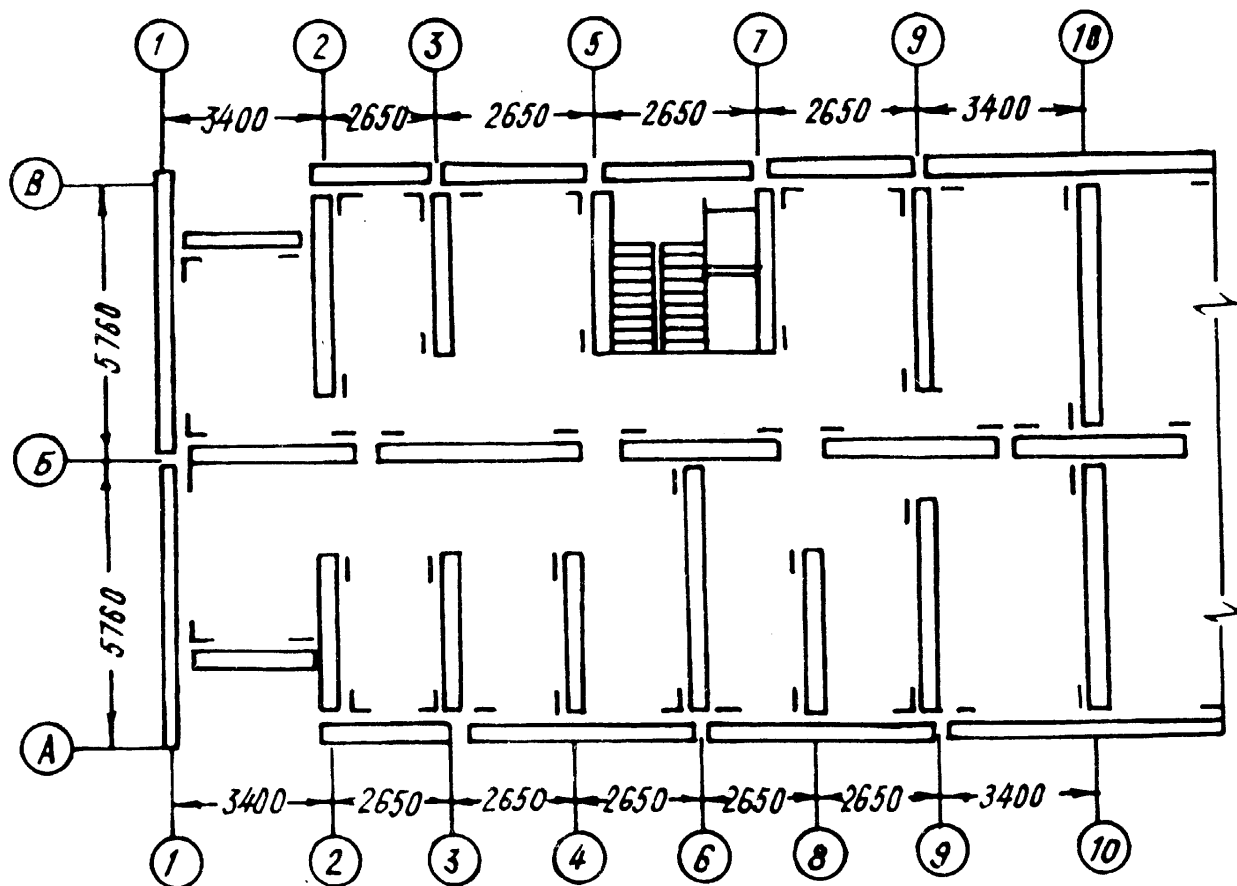


Рис. 28. Детальная разбивка осей на монтажном горизонте

Отметку монтажного горизонта выносят от реперов внутренней разбивочной сети методом геометрического нивелирования и закрепляют горизонтальными рисками или маячными прокладками.

7.3. Передача осей на монтажные горизонты

Пункты внутренней разбивочной сети сооружения, закрепляющие оси на исходном монтажном горизонте, в ходе строительства передаются на последующие монтажные горизонты способами створного и вертикального проецирования. При строительстве малоэтажных сооружений для этой цели иногда используют механические отвесы.

Отвесы подвешиваются на стальной или капроновой нити диаметром 0,5-1 мм. Масса отвеса не должна превышать половины разрывного усилия нити. В длинных отвесах для гашения колебаний груза его погружают в сосуд с моторным или трансформаторным маслом.

В створном способе оси сооружения проецируют на монтажный горизонт. Теодолит устанавливают на одном из пунктов внешней разбивочной сети, закрепляющей на местности положение основной оси сооружения, и трубу наводят на второй створный пункт данной оси или на штрих откраски, фиксирующей положение оси на цоколе сооружения (рис. 29). Затем трубу перемещают в вертикальной плоскости до нужного монтажного горизонта и положения визирной линии фиксируют. Операцию проецирования повторяют при другом положении вертикального круга и за окончательное положение оси берут среднее из двух точек. Перенося теодолит на другие пункты внешней разбивочной сети, последовательно выносят и закрепляют концы основных осей по всему периметру сооружения.

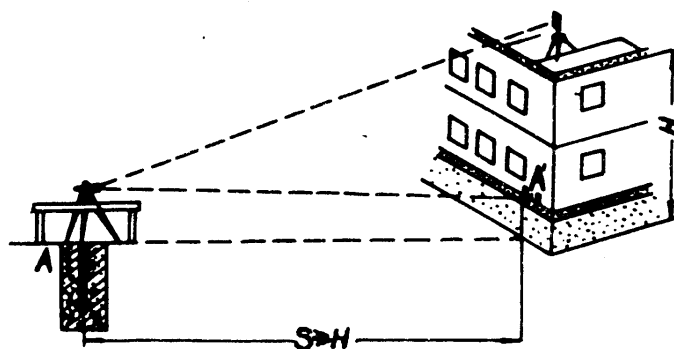


Рис. 29. Проецирование основной оси на монтажный горизонт створным способом

Створный способ применяется при возведении зданий небольшой этажности. Точность передачи оси на высоту до 20 м с помощью теодолита Т2 составляет примерно 2 мм. Погрешность проецирования оси может быть несколько уменьшена применением теодолитов с высокоточными накладными уровнями, позволяющими с большей точностью выставлять ось вращения прибора в отвесное положение.

Способ вертикального проецирования основан на использовании специальных приборов типа зенит-прибора PZL (Германия), в которых линия визирования выставляется в отвесное положение. Зенит-прибор PZL (рис. 30) состоит из корпуса со зрительной трубой и подставки с оптическим отвесом. В зрительной трубе (рис. 31) размещены обращенный кверху объектив 1, фокусирующая линза 2, компенсатор 7 с призмой 5, преломляющая призма 6, окуляр 4 с сеткой нитей 3.

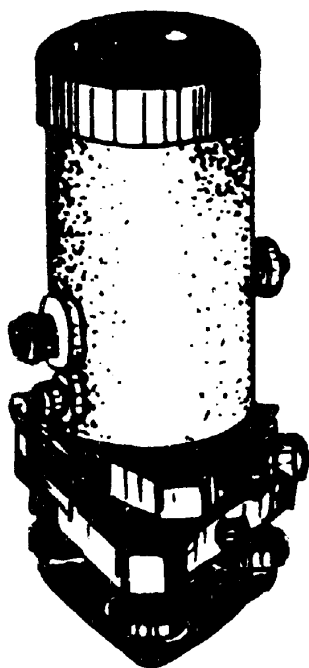


Рис. 30. Зенит-прибор PZL

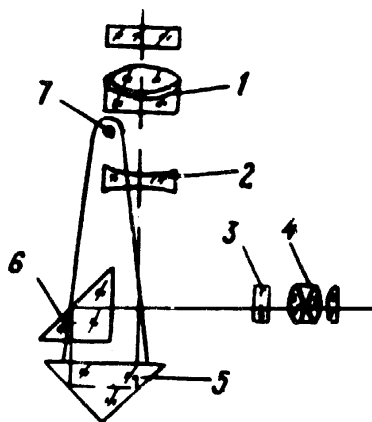


Рис. 31. Оптическая схема зенит-прибора PZL

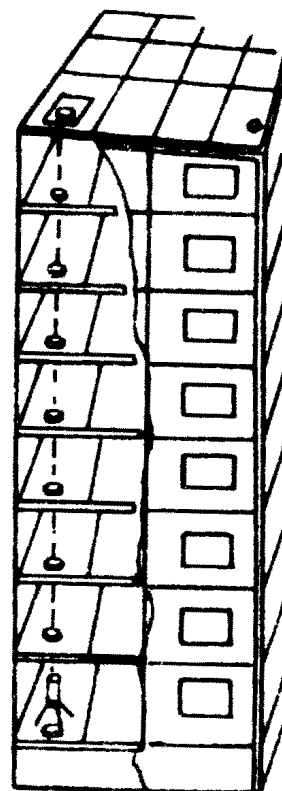


Рис. 32. Проецирование пункта внутренней разбивочной сети на монтажный горизонт

Прибор PZL выставляют над пунктом внутренней разбивочной сети на исходном монтажном горизонте, центрируют и нивелируют по уровню подобно теодолиту. Визирование производят через специальные отверстия в перекрытиях (рис. 32). На возводимом монтажном горизонте сооружения над

проемом укрепляют в специальной раме координатную палетку из оргстекла (рис. 33).

Прибор разворачивают по азимуту, с тем, чтобы горизонтальный штрих сетки нитей установить в положение, параллельное линиям сетки, и производят отсчет a_0 по линиям палетки с точностью до 1 мм. Далее поворачивают прибор на 180° и берут второй отсчет a_{180} . Принимая первое положение прибора за нулевое, устанавливают его в положения 90 и 270° и производят по другой шкале палетки отсчеты b_{90} и b_{270} .

Отвесная линия на палетке получается в результате пересечения двух перпендикулярных линий палетки:

$$a_1 = \frac{1}{2}(a_0 + a_{180^\circ}), \quad b = \frac{1}{2}(b_{90^\circ} + b_{270^\circ}).$$

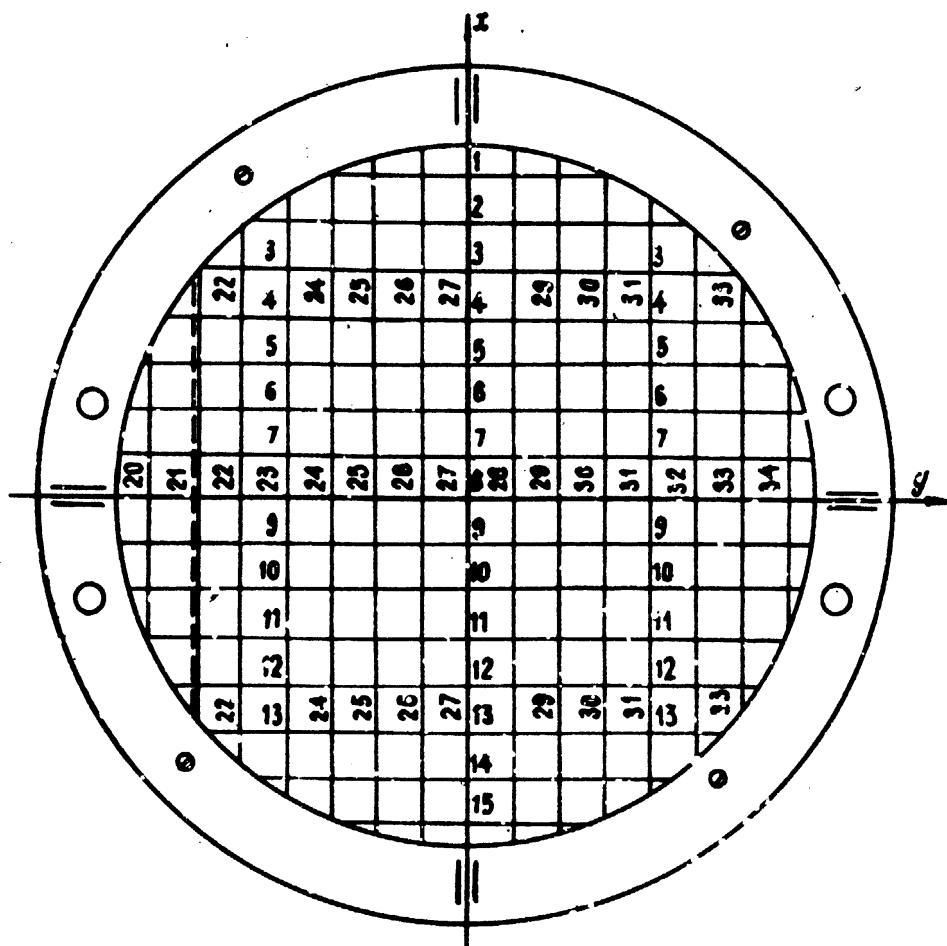


Рис. 33. Координатная палетка

Для вычисления точности вертикального проецирования прибором PZL рекомендуется пользоваться экспериментально полученным уравнением погрешности (мм)

$$m_p = 0,27 + 0,0141H ,$$

где H – высота визирования, м.

Из отечественных приборов вертикального проецирования наибольшей точностью обладает зенит-надирный прибор, разработанный в ЦНИИГАиК. Прибор обладает верхним и нижним каналами визирования, что значительно расширяет возможности его применения.

Контроль точности проецирования пунктов внутренней разбивочной сети осуществляется путем сравнения измеренного расстояния между пунктами на монтажном горизонте с расстоянием на исходном горизонте.

7.4. Передача отметок на монтажные горизонты

Высотными пунктами внутренней разбивочной сети на монтажном горизонте служат рабочие реперы, отметки которых определяют от реперов на исходном монтажном горизонте. Число рабочих реперов на монтажном горизонте должно быть не менее двух. Обычно в качестве рабочих реперов принимаются закладные детали в конструкциях данного этажа.

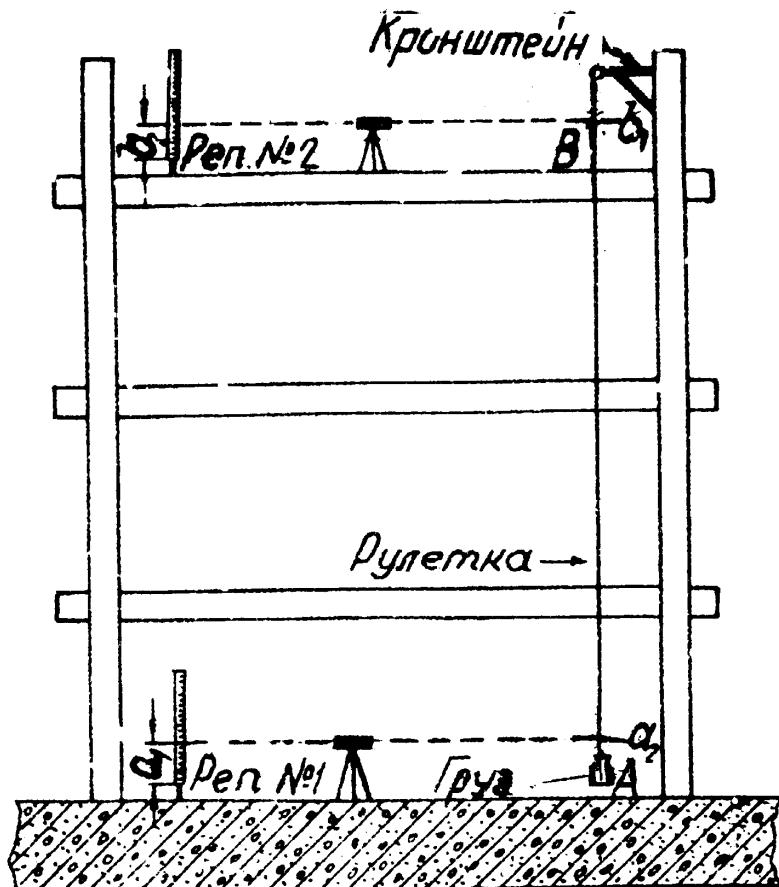


Рис. 34. Передача отметок на монтажный горизонт

Передачу отметок на вышележащие этажи производит с помощью двух нивелиров, реек и подвешенной стальной рулетки. Рейки устанавливают на реперы, расположенные на исходном и данном монтажных горизонтах (рис. 34). Отсчеты по рулетке берутся одновременно по двум нивелирам. Для большей устойчивости рулетки к ней снизу подвешивают груз, помещаемый в сосуд с вязкой жидкостью. В результате наблюдений получают отсчеты a_2 и b_1 по шкале рулетки и отсчеты a_1 и b_2 по рейкам. Отметку репера на монтажном горизонте H_{Pn2} вычисляют по формуле:

$$H_{Pn2} = H_{Pn1} + a_1 + (b_1 - a_2) - b_2.$$

Разность отсчетов $b_1 - a_2$ по рулетке необходимо исправить поправками за растяжение рулетки под действием груза и собственного веса и за температуру.

В некоторых случаях отметки реперов на монтажных горизонтах определяют проложением нивелирных ходов по лестничным маршам, а при невысоких точностных требованиях применяют метод тригонометрического нивелирования.

8. ОСОБЕННОСТИ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛИНЕЙНЫХ И ШАХТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

8.1. Разбивочные работы при строительстве линейных сооружений

К сооружениям линейного типа транспортные пути, инженерные сети (трубопроводы, кабельные сети), линии связи, электропередач и т.д.

8.1.1. Разбивка и закрепление земляного полотна транспортных путей

При возведении транспортных путей в простейшем случае на местности закрепляется ось трассы в виде ломаной линии с вписанными в углы поворота круговыми кривыми и по оси разбивается пикетаж. Для производства земляных работ в ходе строительства осуществляют детальные разбивочные работы.

При разбивке земляного полотна на равнинной местности (рис. 35) от оси дороги выносят точки A_1 и A_2 бровки и точки C_1 и C_2 подошвы насыпи или точки A_1 и A_2 кромки проезжей части и точки C_1 и C_2 бровки выемки. Горизонтальные расстояния от оси до подошвы насыпи и бровки выемки вычисляют по формулам:

$$l_1 = l_2 = \frac{B}{2} + m \cdot h,$$

$$l_1 = l_2 = \frac{B}{2} + b_K + m \cdot h,$$

где B – ширина насыпи; b_K – ширина кювета поверху.

При наличии поперечного наклона v местности наклонные расстояния l_1 и l_2 вычисляют с учетом заложения откосов m и склона n ($\operatorname{tg} v = 1:n$).

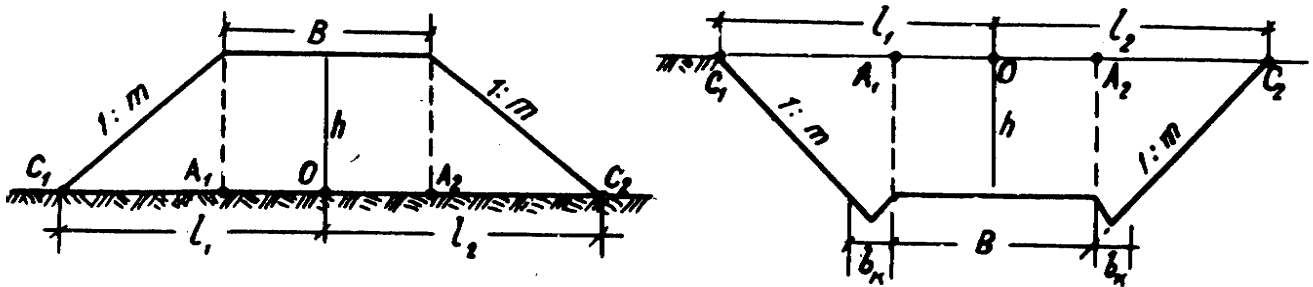


Рис. 35. Элементы разбивки земляного полотна

Для насыпи

$$l_1 = \left(\frac{B}{2} + mh \right) \frac{\sqrt{1+n^2}}{n+m},$$

$$l_2 = \left(\frac{B}{2} + mh \right) \frac{\sqrt{1+n^2}}{n-m},$$

для выемки

$$l_1 = \left(\frac{B}{2} + b_k + mb \right) \frac{\sqrt{1+n^2}}{n+m},$$

$$l_2 = \left(\frac{B}{2} + b_k + mb \right) \frac{\sqrt{1+n^2}}{n-m}.$$

Разбивку поперечных профилей земляного полотна производят обычно через каждые 20 м. Вдоль отбитых подошв насыпи и бровок выемок прокладывают борозду и ставят створные визирки для обозначения высоты насыпи, а также откосники, указывающие направления откосов насыпей и выемок (рис. 36). По мере возведения земляного полотна визирки и откосники перемещают по откосу.

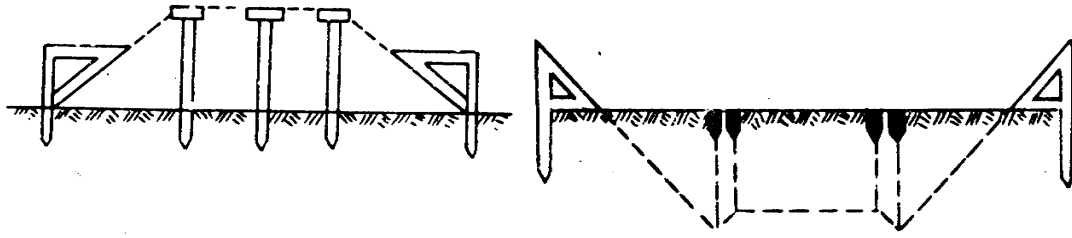


Рис. 36. Закрепление земляного полотна визирками и откосниками

8.1.2. Разбивка и закрепление инженерных сетей

При разбивке траншей для трубопроводов (водопровода, канализации, теплотрасс и т.д.) от пунктов строительной сетки или разбивочной сети сооружения выносят на местность начало, конец и точки поворота трассы. Вдоль трассы через 10-20 м разбивают пикетаж и поперечники, точками которых фиксируют продольную ось, верх и низ откосов (рис. 37), оси смотровых колодцев и другие элементы инженерных сетей. Так как в процессе земляных работ колья уничтожаются, то трассу через 50-100 м закрепляют дополнительной параллельной осью, отстоящей от оси траншеи на 15-30 м. На точки параллельного закрепления через 200 м передают высотные отметки.

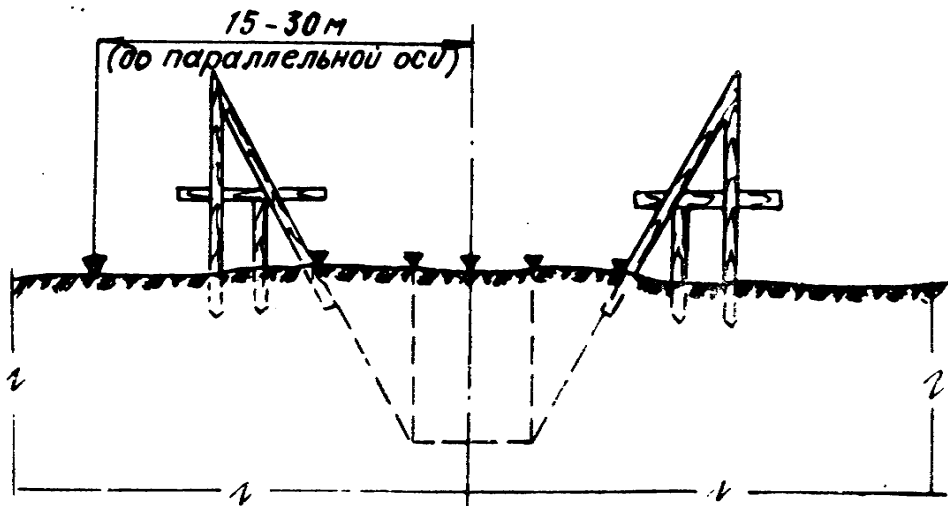


Рис. 37. Закрепление пикетажа инженерных сетей

После окончания рытья траншеи бровки и откосы иногда закрепляют лекалами. Горизонтальные доски лекал устанавливают в плоскости, параллельной проектной плоскости дна траншеи, и используют их в качестве стационарных визирок в процессе последующих работ (расчистки траншеи,

укладки фундамента, труб и т.п.). Продольную ось, низ и верх откосов выносят на лекала от параллельной оси и закрепляют на обноске гвоздями (рис. 38).

Вынос трубопровода на проектные отметки производят нивелиром или с помощью визирок и лекал.

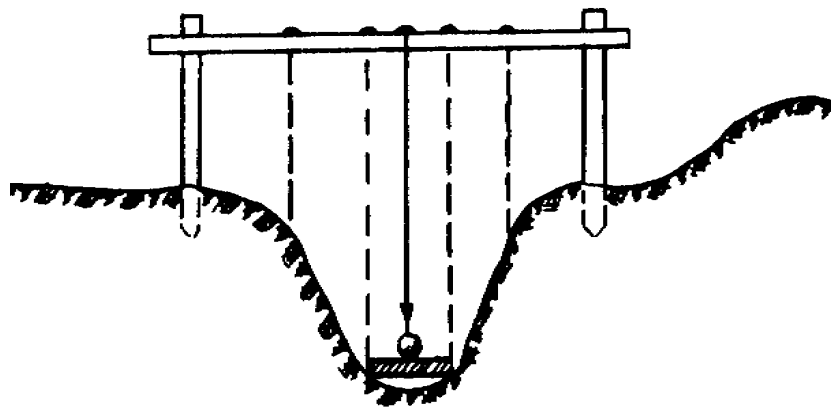


Рис.38. Закрепление траншей лекалами

Кабельные сети прокладывают в неглубоких траншеях без учета уклонов. Поэтому обычно закрепляют только плановое положение трассы двумя рядами кольев. Первый ряд кольев располагают вдоль трассы на расстоянии 3-4 м от оси, а второй ряд – на расстоянии 20-25 м от оси.

8.2. Разбивочные работы при шахтном строительстве

Вынос в натуру центра, осей и отметок вертикальных выработок выполняется от пунктов разбивочной сети строительной площадки способами, рассмотренными ранее для наземных сооружений. Оси закрепляют постоянными створными знаками (рис. 39). При этом минимальные расстояния между пунктами и от пунктов до центра вертикальной выработки должны быть не менее 50 и 100 м соответственно. Правильность разбивки и закрепления осей проверяют измерением угла при центре O , который в пределах $1'$ должен равняться 90° .

В случае, когда установка теодолита над центром невозможна (рис. 40), выносят вначале по известным координатам концы осей вертикальной выработки и закрепляют их. Перпендикулярность вынесенных осей контролируют по измеренным углам γ и δ , сумма которых в пределах $1'$ должна также равняться 90° .

Передачу центра и осей вниз вертикальной выработки выполняют с помощью приборов вертикального проецирования, а приближенно – с помощью отвесов.

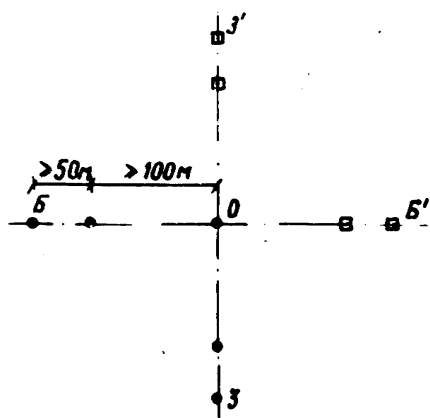


Рис. 39. Закрепление осей подземных выработок

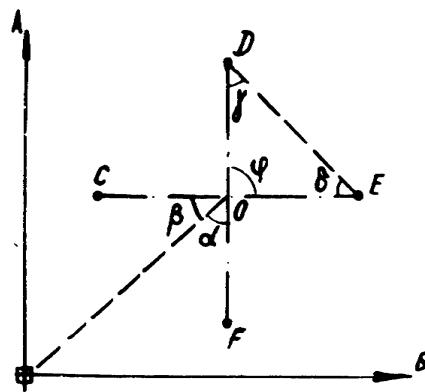


Рис. 40. Вынос центра осей подземных выработок

Высотные отметки на подземные монтажные горизонты передают методом геометрического нивелирования по подвесной рулетке. На подземных монтажных горизонтах для ориентирования горизонтальных выработок применяют приборы гироскопического ориентирования. Ориентирование направлений с точностью примерно $1'$ осуществляют с помощью обычного теодолита и двух отвесов по способу соединительного треугольника. Для этого на поверхности земли подвешивают на скобах в стенах вертикальной выработки два отвеса на максимально возможном удалении между ними. Теодолит устанавливают в точке P (рис. 41) примерно в створе отвесов A и B и измеряют круговыми приемами направления N_C, N_B, N_A на пункт C и нити отвесов A и B . Затем рулеткой измеряют расстояния S_A и b между точками P и A, A и B . Из треугольника PBA по теореме синусов вычисляют значение угла δ :

$$\sin \delta = \frac{S_A}{b} \sin \gamma.$$

Далее находят дирекционный угол направления AB створа отвесов:

$$\alpha_{AB} = \alpha_{PC} + \beta - \delta, \quad (2)$$

где

$$\beta = N_B - N_C, \quad \gamma = N_A - N_B.$$

Влияние погрешностей измерения расстояний S_A и b уменьшается по мере приближения угла γ к нулю. На практике стремятся устанавливать

теодолит так, чтобы угол γ не превышал 1° . При этом условии возможно применение более простой расчетной формулы:

$$\delta'' = \frac{S_A}{b} \gamma''.$$

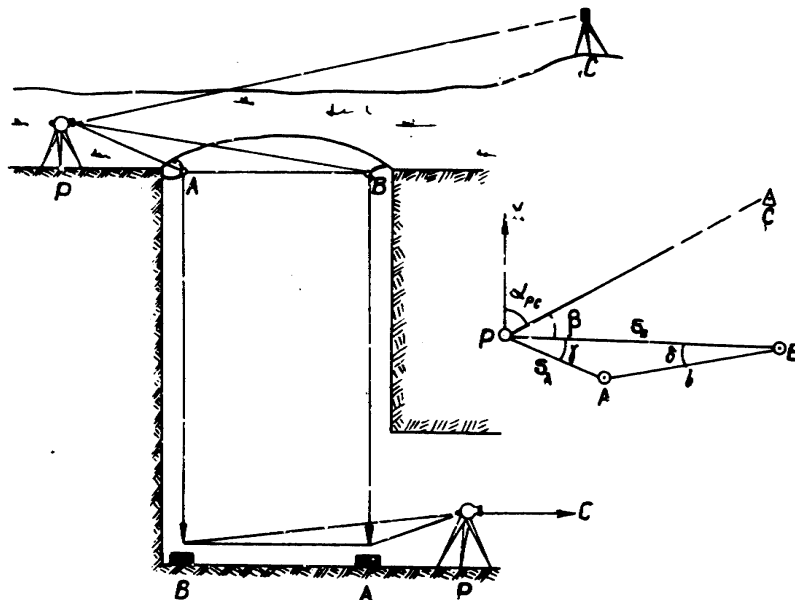


Рис. 41. Схема передачи ориентирования по вертикальным выработкам способом соединительного треугольника

Точность определения дирекционного угла линии отвесов способом соединительного треугольника может быть предвычислена по формуле:

$$m_{\alpha_{AB}} = \sqrt{m_{\alpha_{PC}}^2 + \left(\frac{S_B}{b}\right)^2 m_{N_B}^2 + \left(\frac{S_A}{b}\right)^2 m_{N_A}^2 + m_{N_C}^2},$$

где $m_{\alpha_{PC}}$ – средняя квадратическая погрешность дирекционного угла исходной стороны; m_N – средняя квадратическая погрешность измерения горизонтальных направлений теодолитом; S_A, S_B – расстояния от теодолита до точек подвески отвесов.

Из приведенной формулы следует, что точность способа соединительного треугольника возрастает с приближением теодолита к отвесу A . В связи с этим, обычно теодолит выставляют на минимальном расстоянии надежного фокусирования отвеса.

На подземных монтажных горизонтах среднее положение качающихся отвесов фиксируют с помощью координатометров различных конструкций. Затем по той же схеме соединительного треугольника по формуле (2) определяют направление PC подземной выработки по значениям α_{AB} , β и γ .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Багратуни Г.В., Ганьшин В.И.** и др. Инженерная геодезия. М.: Недра, 1984. – 344 с.
2. **Батраков Ю.Г.** Геодезия. М.: Недра, 1990.
3. Инженерная геодезия в строительстве. М.: Высшая школа, 1984.
4. **Матвеев А.Н., Козлов Н.А.** и др. Инженерно-геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации военных объектов. СПб.: ВИККА им. А.Ф.Можайского, 1997. –424 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ	4
1. СТРОИТЕЛЬНАЯ СЕТКА	4
2. СОДЕРЖАНИЕ И ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ	11
3. ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ	13
4. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПЛАНОВЫХ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ .	15
4.1. Построение линий заданной длины	15
4.2. Построение горизонтального угла проектной величины	17
4.3. Построение линии проектной длины в заданном направлении . .	18
4.4. Построение заданного направления вне пункта разбивочной сети	19
5. ВЫНОС В НАТУРУ ПЛАНОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ТОЧЕК СООРУЖЕНИЯ	20
5.1. Способ прямоугольных координат	20
5.2. Способ прямой угловой засечки	21
5.3. Способ полярных координат	22
5.4. Способ линейной засечки	23
5.5. Способ проектного полигона	24
6. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВЫСОТНЫХ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ .	24
6.1. Вынос точек с проектными отметками	
6.2. Вынос на местность линий с проектными уклонами	27
6.3. Вынос в натуру плоскостей с заданными уклонами	29
7. ДЕТАЛЬНЫЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ ПО ВЫНОСУ ОСЕЙ И ОТМЕТОК	30
7.1. Разбивка и закрепление осей сооружения на обноске	30
7.2. Разбивочные работы на исходном монтажном горизонте	32
7.3. Передача осей на монтажные горизонты	35
7.4. Передача отметок на монтажные горизонты	38
8. ОСОБЕННОСТИ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛИНЕЙНЫХ И ШАХТНЫХ СООРУЖЕНИЙ	39
8.1. Разбивочные работы при строительстве линейных сооружений .	39
8.1.1. Разбивка и закрепление земляного полотна транспортных путей	39
8.1.2. Разбивка и закрепление инженерных сетей	41
8.2. Разбивочные работы при шахтном строительстве	42
Список литературы	45

МИХАЛЕНКО Евгений Борисович
БЕЛЯЕВ Николай Дмитриевич
ВИЛЬКЕВИЧ Валентин Войтехович
ЗАГРЯДСКАЯ Наталия Николаевна
СМИРНОВ Александр Александрович

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ
Учебное пособие

Редактор *О.Е. Сафонова*

Технический редактор *А.И. Колодяжная*

Директор Издательства СПбГПУ *А.В. Иванов*

Оригинал-макет подготовлен авторами

Свод. темплан 2004 г.

Лицензия ЛР № 020593 от 07.08.97.

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции ОК 005–93, т. 2;
953005 – учебная литература

Подписано в печать	Формат 60x84/16.	Бумага офсетная.
Усл. печ. л.	. Уч.-изд. л.	. Тираж . Заказ .

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
Издательство СПбГПУ, член Издательско-полиграфической ассоциации вузов Санкт-Петербурга
Адрес университета и издательства: 195251, Санкт-Петербург, Политехническая, 29.

Отпечатано на ризографе RN–2000FP

Поставщик оборудования – фирма «Р–Принт»

Телефон: (812) 110–56–09

Факс: (812) 315–23–04