

**Федеральное агентство по образованию**  
—  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ**  
**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ**  
**ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ**

**Учебное пособие**

**Санкт-Петербург**  
**Издательство Политехнического университета**  
**2007**

**Инженерная геодезия.** Геодезические разбивочные работы / Учеб. пособие/ *Е.Б. Михаленко, Н.Д. Беляев, В.В. Вилькевич, Ф.Н. Духовской, Н.Н. Загрядская, А.А. Смирнов.* СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 67 с.

Пособие соответствует государственному образовательному стандарту направления подготовки дипломированных специалистов 653500 «Строительство».

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

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.

Приведены примеры подготовки исходных данных для выноса на местность участка канала и вертикальной планировки для проектирования горизонтальной строительной площадки.

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

Табл. 7. Ил. 50. Библиогр.: 6 назв.

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

## 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 количества 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. 1.1, а), красных и других линий регулирования застройки (рис. 1.1, б), центральных систем (рис. 1.1, 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 длинами сторон 20, 50, 100 и 200 м.

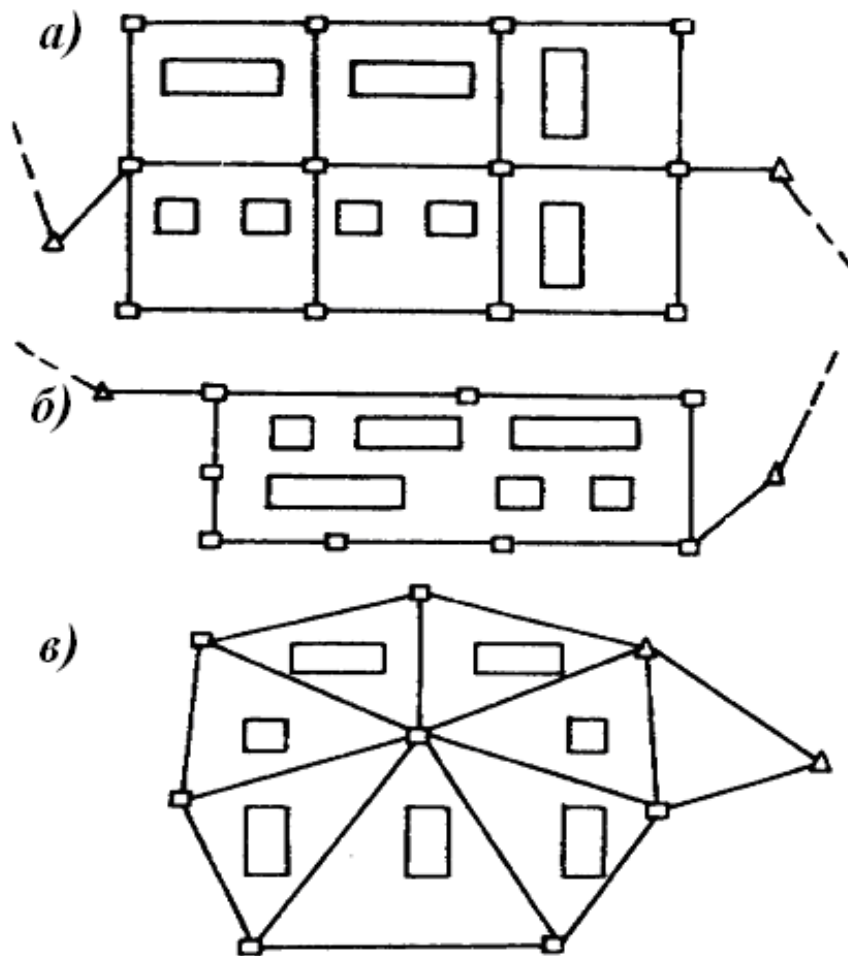


Рис. 1.1. Схема разбивочной сети строительной площадки

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

Требования к точности построения разбивочной сети строительной площадки приведены в табл. 1.1.

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. 1.2, 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. 1.2, б). Высотной основой внешней разбивочной сети сооружения служат реперы, совмещенные с плановыми пунктами (осевыми знаками).

Таблица 1.1

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 <sup>2</sup>	3	$\frac{1}{25000}$	4
Группы зданий (сооружений) на участках площадью менее 1 км <sup>2</sup>	5	$\frac{1}{10000}$	6
Отдельные здания (сооружения) с площадью застройки от 10 тыс. м <sup>2</sup> до 1000 тыс. м <sup>2</sup>	5	$\frac{1}{10000}$	6
Отдельные здания (сооружения) с площадью застройки менее 10 тыс. м <sup>2</sup> ; 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

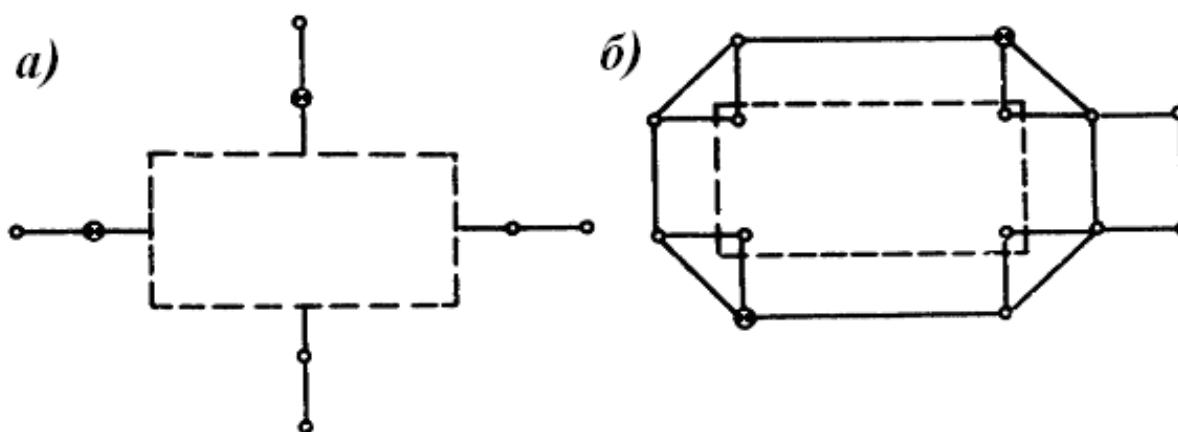


Рис. 1.2. Схема внешней разбивочной сети зданий:

○ – 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. 1.3).

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.

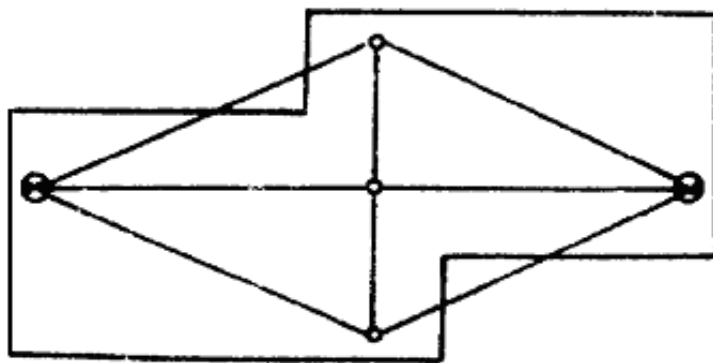


Рис. 1.3. Схема внутренней разбивочной сети здания

Точность построения внешней и внутренней разбивочных сетей сооружения и разбивочных работ в процессе строительства приведена в табл. 1.2.

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.

Таблица 1.2

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

Строительная сетка на местности создается в виде системы квадратов или прямоугольников, ориентированных параллельно осям сооружений (рис. 1.4). В зависимости от характера строящихся объектов длина стороны квадратов или прямоугольников может составлять от 20 до 200 м.

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  $1A + 57,01; 3B + 45,96$ .

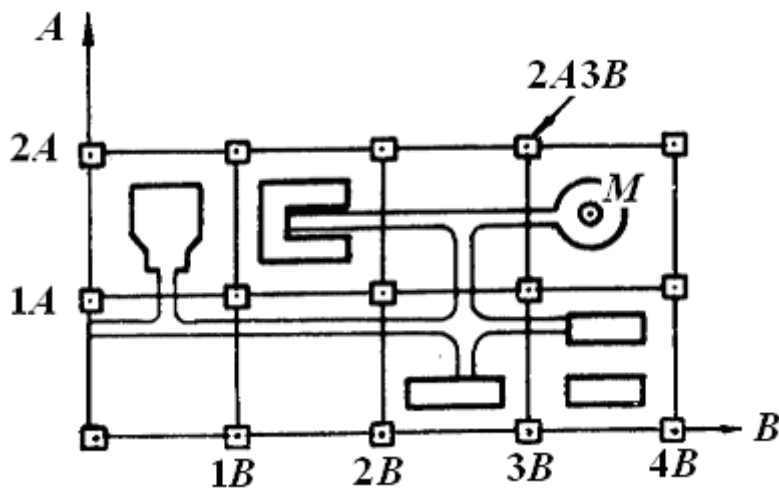


Рис. 1.4. Строительная сетка

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 так, 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 перекалывают 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

$$A = (X - X_0) \cos \theta + (Y - Y_0) \sin \theta ;$$

$$B = -(X - X_0) \sin \theta + (Y - Y_0) \cos \theta ;$$



$$X = X_0 + A \cos \theta - B \sin \theta;$$

$$Y = Y_0 + A \sin \theta + B \cos \theta,$$

где  $X_0, Y_0$  – плоские прямоугольные координаты Гаусса начала условной системы координат (снимают со стройгенплана графически);  $\theta$  – 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. 1.5). Необходимые разбивочные угловые и линейные размеры вычисляют по координатам ближайших геодезических пунктов и пунктов сетки. На рис. 1.5 три точки оси вынесены методом прямой засечки по отложенным горизонтальным углам  $\alpha_i$  и  $\beta_i$ . 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  $ON$ .

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

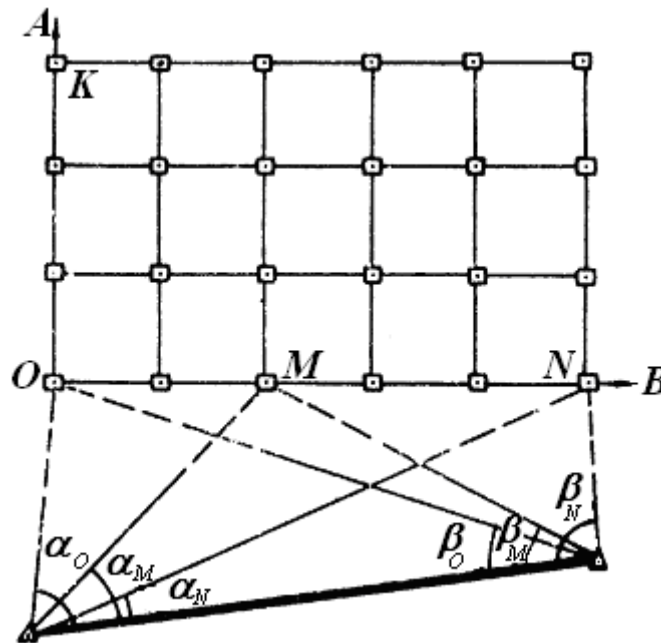


Рис. 1.5. Предварительная разбивка строительной сетки

Положение всех других точек сетки определяют построением перпендикуляров из точек разбитых осей  $ON$  и  $OK$  (см. рис. 1.5).

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 размером порядка  $20 \times 20$  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. 1.1).

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  $\Delta A$  и  $\Delta B$  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. 2.1.

Главные и основные оси сооружений являются основой для детальным разбивочных работ, в процессе которых на монтажные горизонты 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 строительного-монтажных работ. Установочными осями являются оси симметрии монтируемых конструктивных элементов и оборудования.

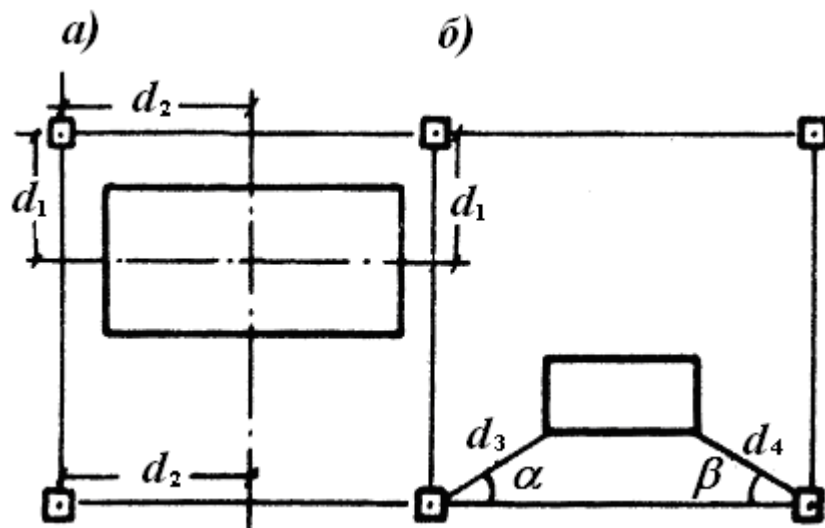


Рис. 2.1. Разбивка осей сооружения

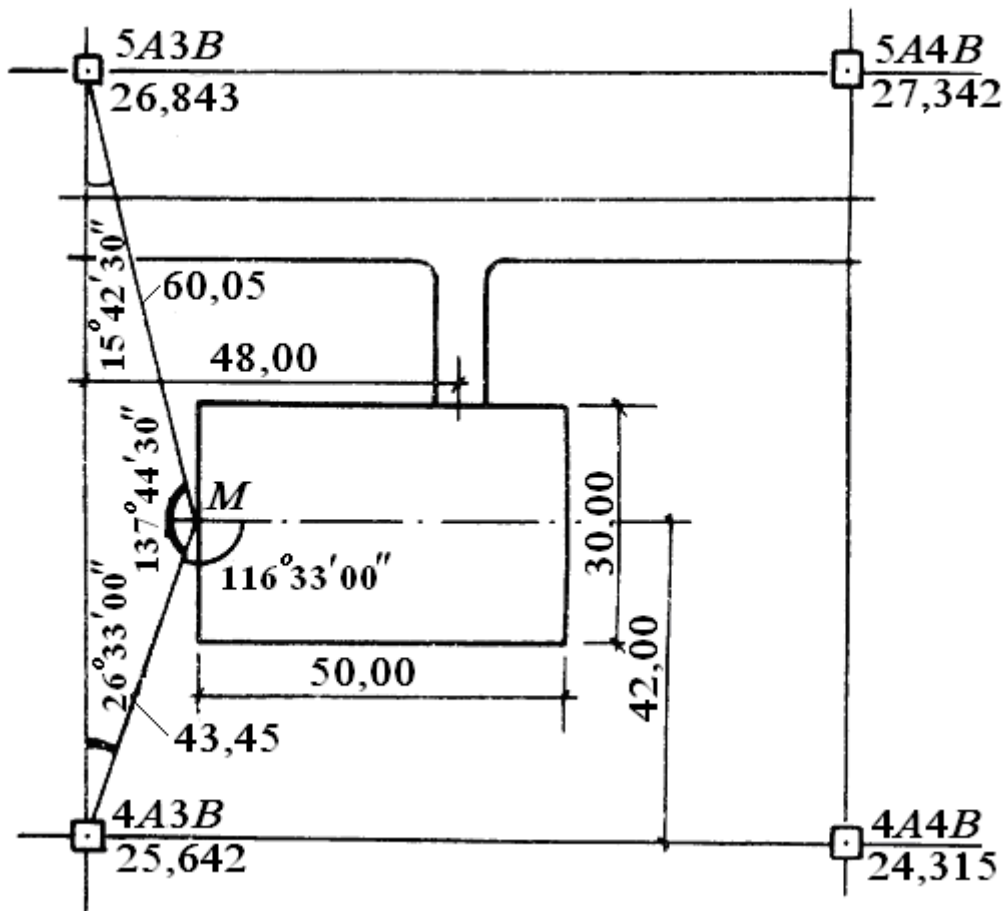


Рис. 2.2. Разбивочный чертеж

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.

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. 2.2).

### **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  $\Delta$  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  $M$  (см. рис. 2.2), 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 величина этого угла равна значению дирекционного угла направления на точку  $M$ . По формулам обратной геодезической задачи находим

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\Delta B}{\Delta A} = \frac{B_M - 300}{A_M - 400},$$
$$d = \frac{\Delta A}{\cos\beta} = \frac{\Delta B}{\sin\beta} = \sqrt{\Delta A^2 + \Delta B^2},$$

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 затем – разбивочные размеры ( $\beta, d$ ). Например, если заданы координаты  $x_1, y_1$  угла первого сооружения и дирекционный угол  $\alpha_{1-2}$  линии (1–2) застройки (рис. 3.1), 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)

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

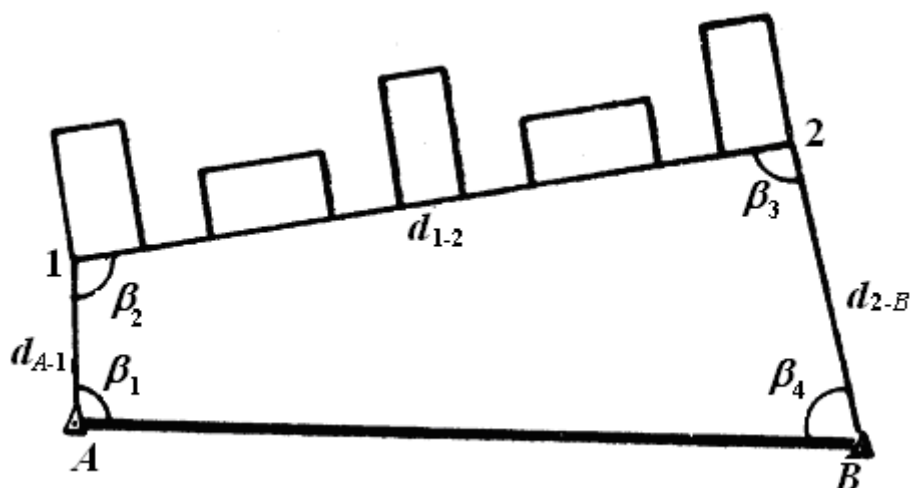


Рис. 3.1. Способ проектного полигона

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):

$$h = H_{\text{пр}} - H_{P_{\text{н}}}.$$

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. 1.2).

## 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. 4.1).

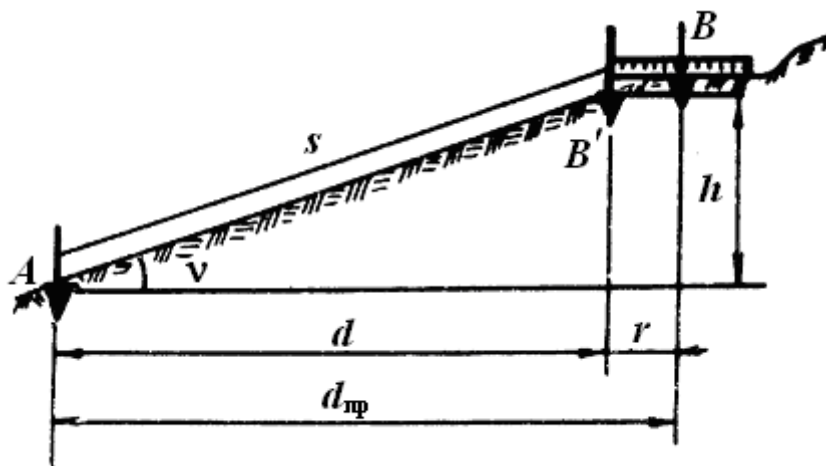


Рис. 4.1. Схема построения длины линии

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  $\nu$  или превышению  $h$ :



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

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

Полученное значение горизонтального проложения  $d$  сравнивают с проектной величиной  $d_{\text{пр}}$  и на величину их разности

$$r = d_{\text{пр}} - d$$

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. 4.2), 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  $\beta$ :

$$N_B = N_A \pm \beta$$

(знак минуса в формуле соответствует отложению угла против 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  $\beta$  в пределах точности теодолита.

Для построения угла с повышенной точностью используют способ приближений. Вначале в точке  $O$  (рис. 4.3) строят угол  $AOB'$  описанным выше способом, затем измеряют его с заданной точностью (необходимым числом приемов). Далее вычисляют разность между измеренным углом  $\beta_1$

и его проектным значением  $\beta$

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

и находят отрезок

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

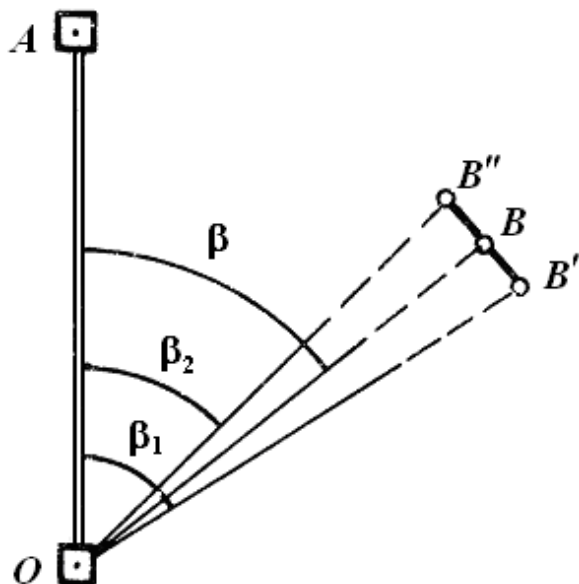


Рис. 4.2. Построение угла с точностью прибора

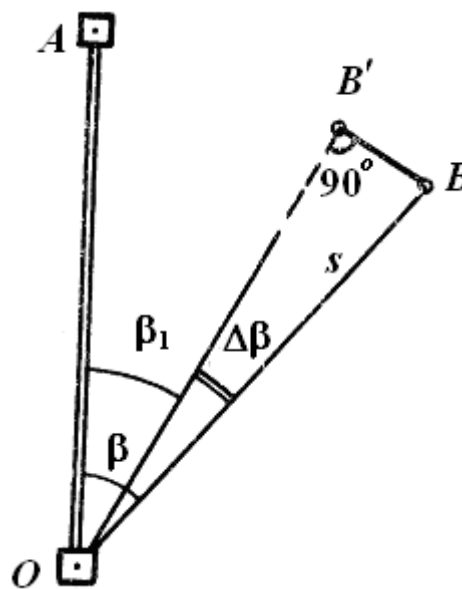


Рис. 4.3. Построение угла с повышенной точностью

Отложив на местности отрезок  $BB'$  перпендикулярно к линии  $OB'$ , получают проектный угол  $AOB$  заданной точности. 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. 4.4) теодолит устанавливают в точке  $B$  и от направления на точку  $A$  строят при двух положениях вертикального круга угол, равный  $180^\circ$ . 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.

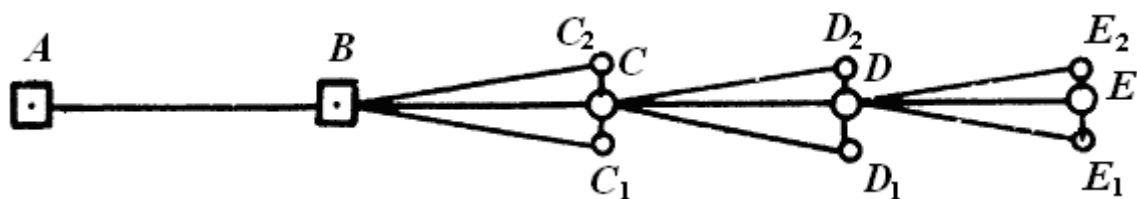


Рис. 4.4. Построение линий способом вешения

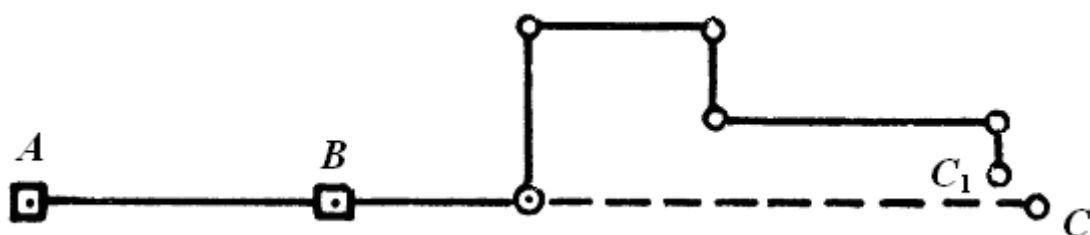


Рис. 4.5. Построение линий способом теодолитного хода

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. 4.5). В этом способе ход прокладывают в обход препятствий, разворачивая трассу каждый раз под углом  $90^\circ$ . 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. 4.6).

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

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

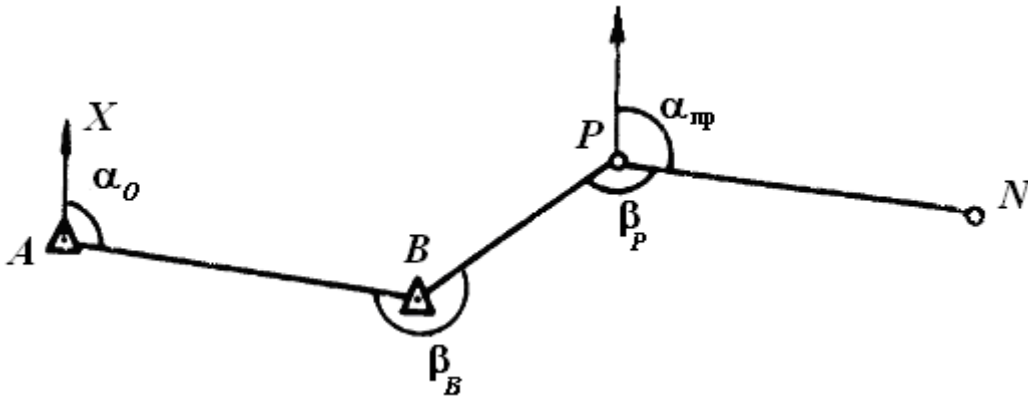


Рис. 4.6. Построение проектного направления способом углового хода

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

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

и

$$\beta_P = 360^\circ + (\alpha_0 - \alpha_{\text{пр}}) - \beta_B. \quad (4.1)$$

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  $\beta_B$  и по формуле (4.1) вычисляют значение угла  $\beta_P$ . Затем переносят теодолит на точку  $P$  и откладывают горизонтальный угол  $\beta_P$ . 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. 5.1). Координаты точек  $C$  и  $D$  в системе строительной сетки соответственно

$$A_C = 3A + 32,5, \quad A_D = 3A + 32,5;$$

$$B_C = 4B + 25,0, \quad B_D = 4B + 75,0.$$

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

$$d_1 = 425,0 - 400,0 = 25,0 \text{ м}; \quad d_3 = 500,0 - 475,0 = 25,0 \text{ м};$$

$$d_2 = 332,5 - 300,0 = 32,5 \text{ м}; \quad d_4 = 332,5 - 300,0 = 32,5 \text{ м}.$$

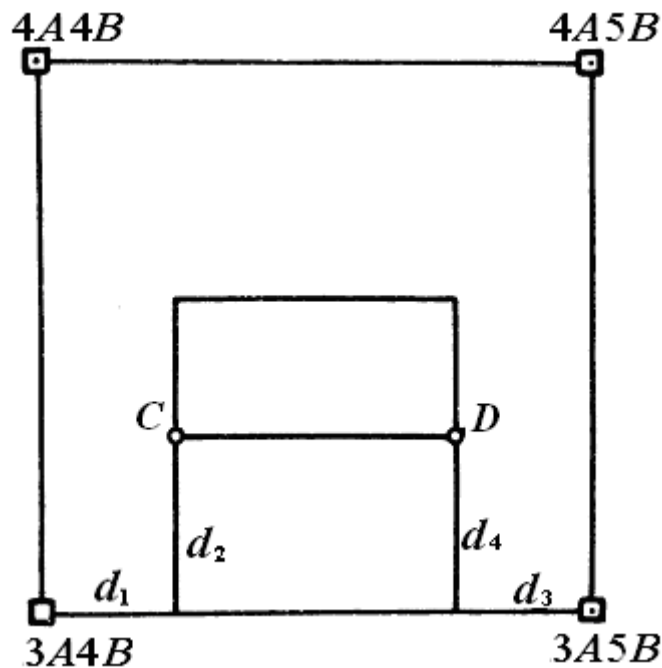


Рис. 5.1. Вынос точек способом перпендикуляров

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. 1.2).

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  $d_2$ ;  $m_{\beta}$  – 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.

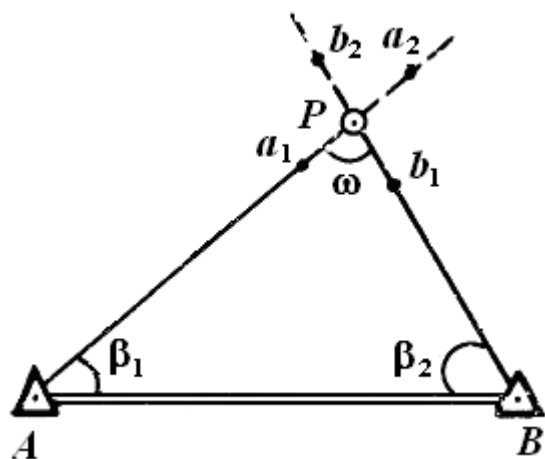


Рис. 5.2. Построение точки способом прямой угловой засечки

Пример выноса точки  $P$  в натуре способом прямой угловой засечки показан на рис. 5.2. От стороны разбивочной сети строительной площадки на пункте  $A$  откладывают угол  $\beta_1$  и направление визирной оси фиксируют на местности точками  $a_1$  и  $a_2$ . На пункте  $B$  откладывают от этой же стороны угол  $\beta_2$  и фиксируют направление точками  $b_1$  и  $b_2$ .

Между точками  $a_1$  и  $a_2$ ,  $b_1$  и  $b_2$  натягивают проволоки и в точке их пересечения находят положение выносимой точки  $P$ . Угол засечки  $\omega$  должен быть от  $30$  до  $150^\circ$ . Углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  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. 5.3) устанавливают теодолит, от стороны разбивочной сети строят угол  $\beta$  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.

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  $m_\beta$  и  $m_d$  – средние квадратические погрешности построения угла и расстояния соответственно.

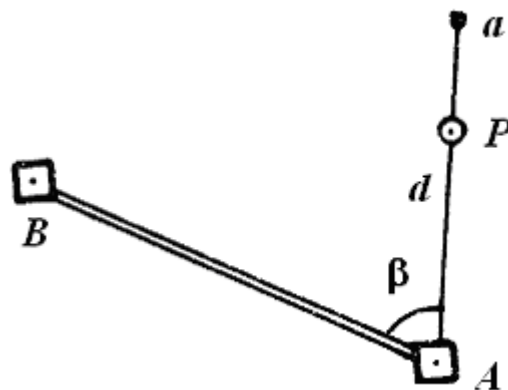


Рис. 5.3. Построение проектного направления способом углового хода

### 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. 5.4).

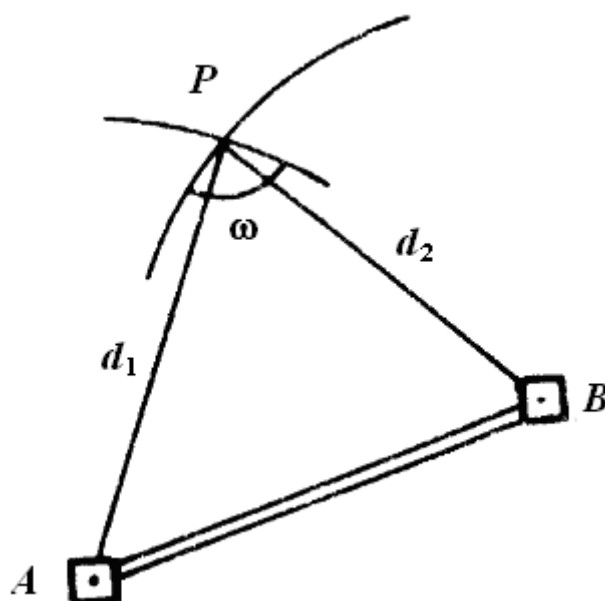


Рис. 5.4. Построение точки способом линейной засечки

Точность построения точки  $P$  способом линейной засечки может быть предвычислена по формуле

$$m = \operatorname{cosec} \omega \sqrt{m_{d_1}^2 + m_{d_2}^2}, \quad (5.1)$$

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

### 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  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  и  $\beta_4$  (рис. 5.5). 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.



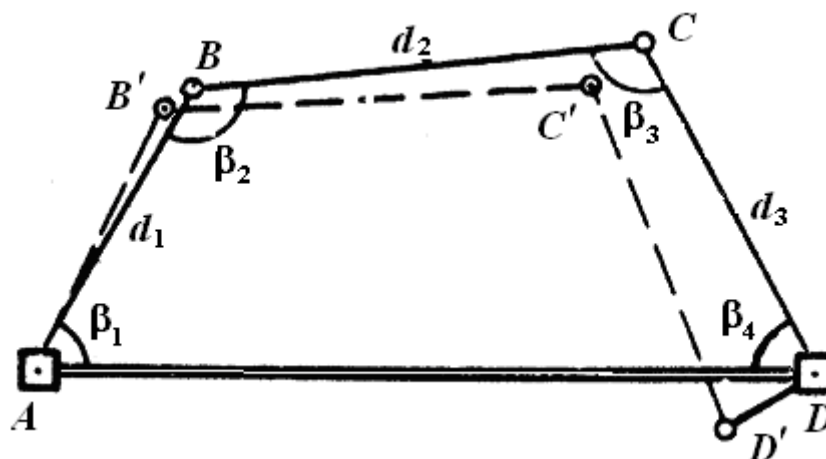


Рис. 5.5. Построение точек способом проектного полигона

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.

## 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. 6.1). 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.

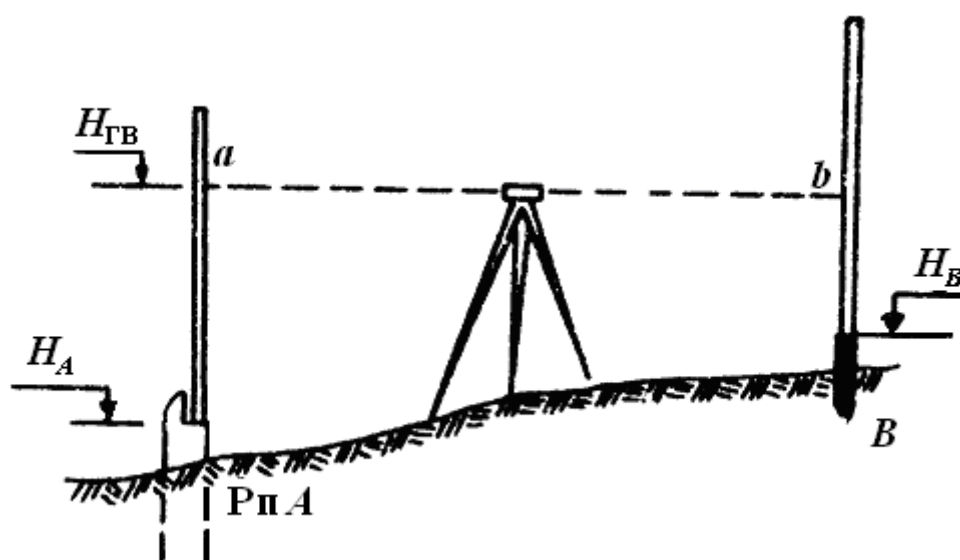


Рис. 6.1. Построение превышения методом геометрического нивелирования

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  $\Delta = h_{пр} - h_{ф}$ , 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 факторов. Экспериментальными исследованиями установлено, что погрешность измерения превышения составляет, мм:

$$m_h = 0,02 + 0,002s \text{ – для прецизионного нивелира типа Н-05;}$$

$$m_h = 0,1 + 0,01s \text{ – для точного нивелира типа Ni-B3;}$$

$$m_h = 0,8 + 0,02s \text{ – для точного нивелира типа Н-3.}$$

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;  $\alpha$  – 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).

При использовании метода 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. 6.2), 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

$$I = b + h.$$

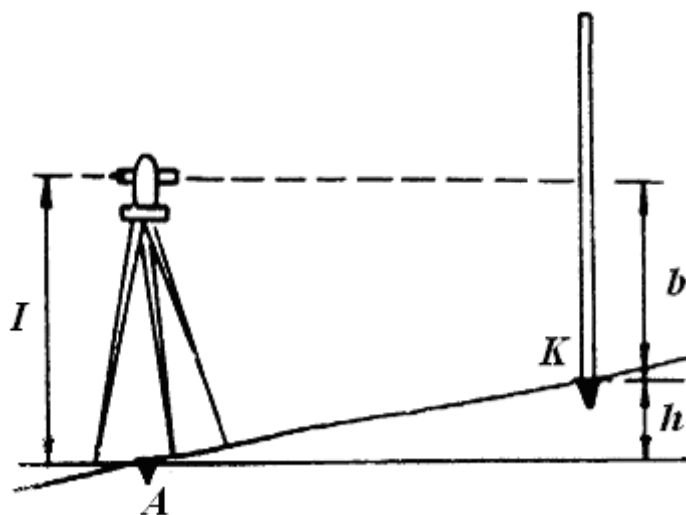


Рис. 6.2. Косвенный способ определения высоты теодолита

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  $\pm 25$  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. 6.3).

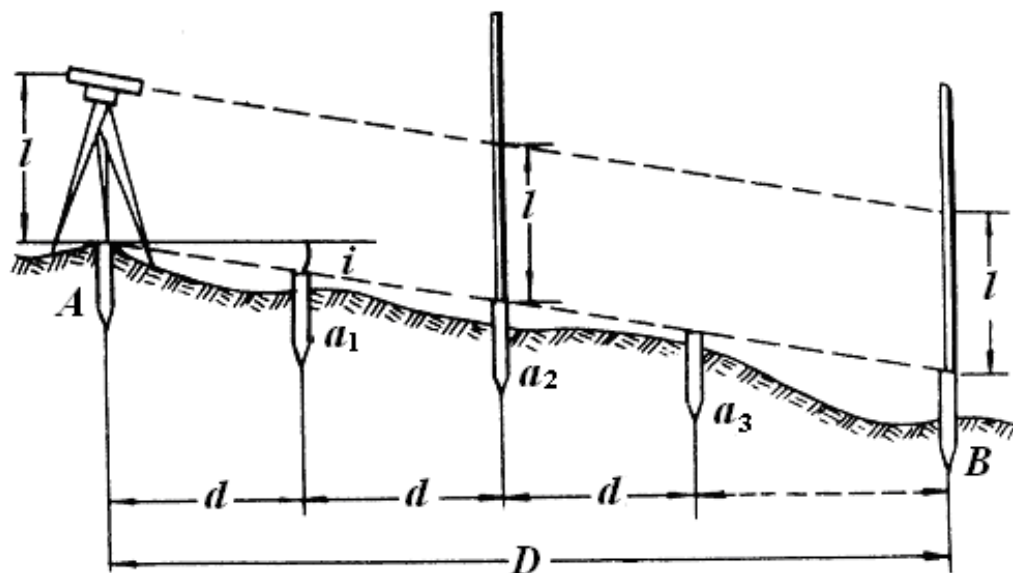


Рис. 6.3. Построение линии заданного уклона

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 расстоянии  $d$ . 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  $A$  (см. рис. 6.3) 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 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 0,5–0,9 мм – в первом способе, 0,3–0,5 мм – во втором.

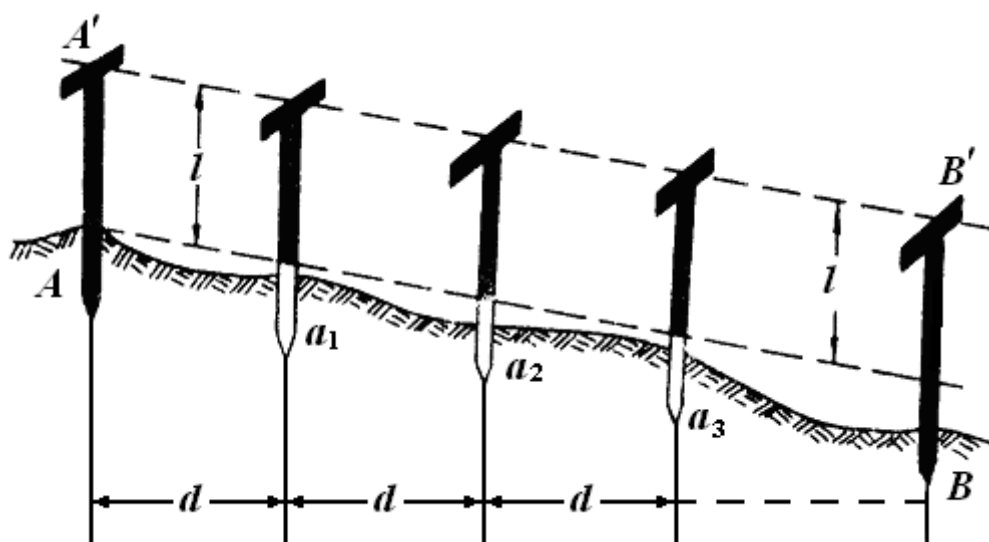


Рис. 6.4. Построение линии заданного уклона с помощью визирок

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. 6.4) 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  $a_1$ ,  $a_2$ , ... 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. 6.5) 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.

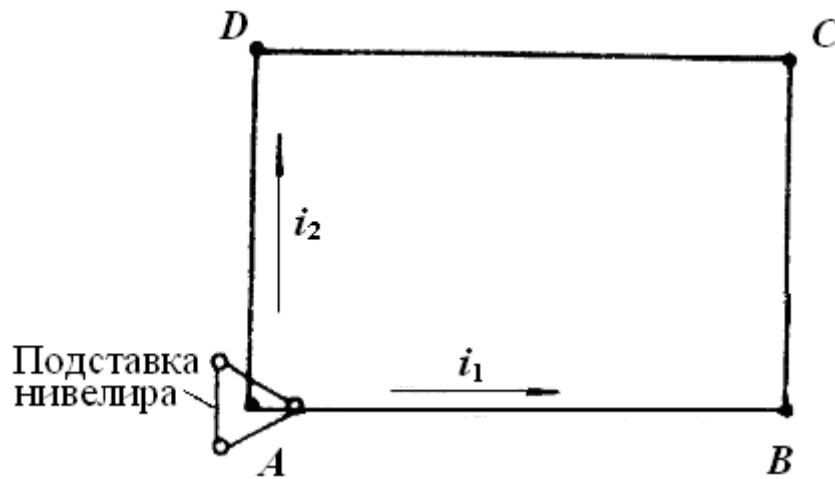


Рис. 6.5. Схема построения проектной плоскости

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  $C$ . Затем 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. Обноска бывает сплошной и прерывистой, а по используемому материалу – деревянной и металлической.

Деревянная обноска (рис. 7.1, а) состоит из двухметровых столбов, вкапываемых в грунт на глубину 1,0–1,2 м через каждые 2,5–3,0 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. Стороны обноски также должны быть параллельны осям сооружения.

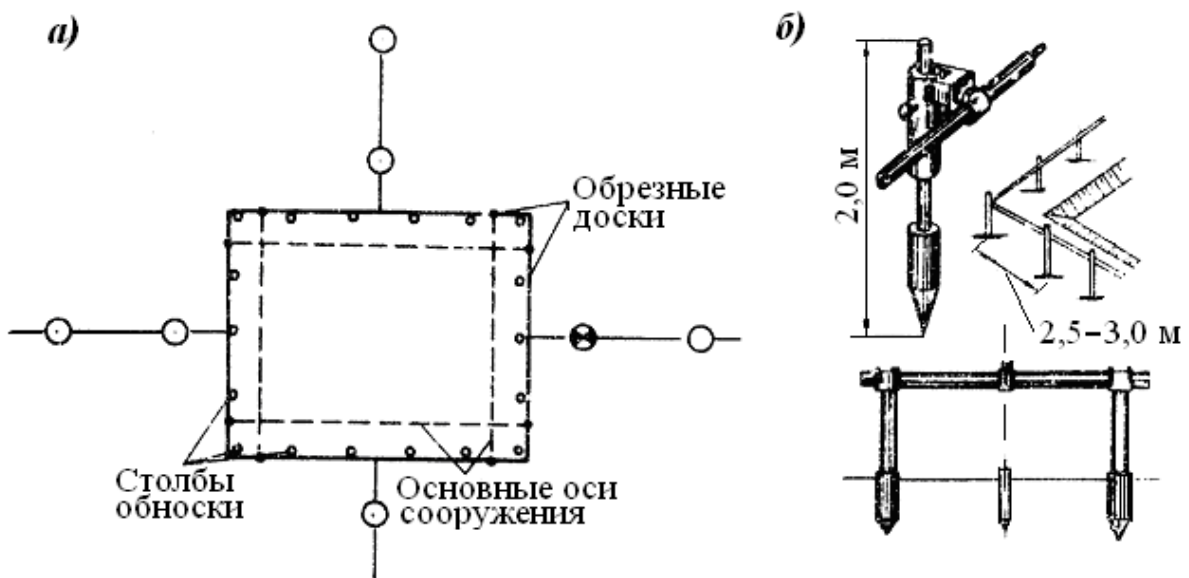


Рис. 7.1. Обноска



Инвентарные металлические обноски (рис. 7.1, 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. 1.2). 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. 7.2), в зданиях сложной конфигурации закрепляются главные оси (см. рис. 1.3). 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, 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 (см. рис. 7.2), 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. 7.3) и маркируют несмываемой краской.

Высотной разбивочной основой на исходном монтажном горизонте служат рабочие реперы, совмещаемые, как правило, с пунктами внутренней разбивочной сети. Количество реперов зависит от сложности сооружения, но их должно быть не менее двух. Отметки этих реперов определяют методом геометрического нивелирования от реперов внешней 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. 7.2) 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.

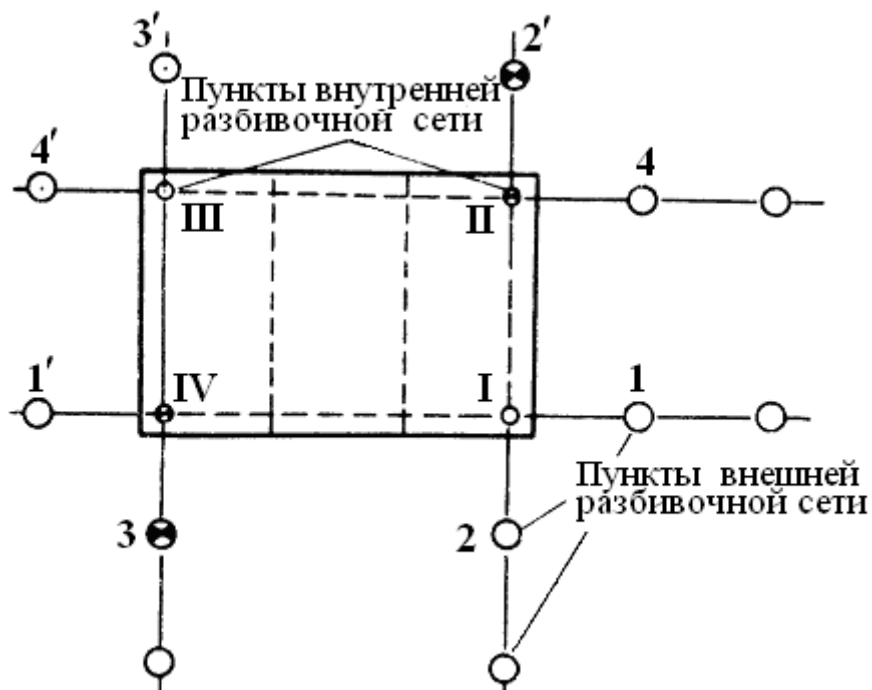


Рис. 7.2. Схема размещения внутренней и внешней разбивочных сетей

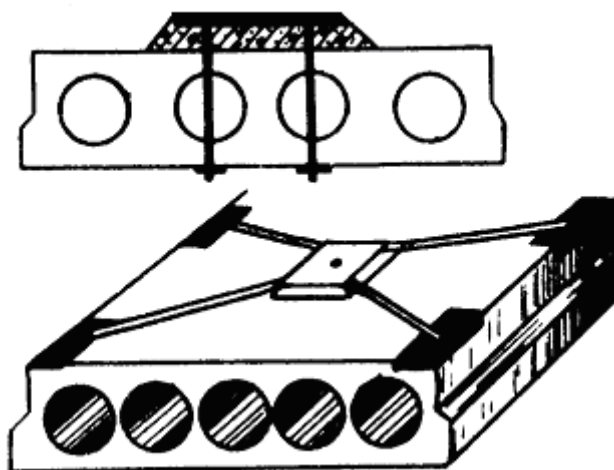


Рис. 7.3. Пункт внутренней разбивочной сети

От пунктов, закрепляющих главные оси сооружения, деталильные 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. 7.4), определяющих плановое положение отдельных конструктивных элементов.

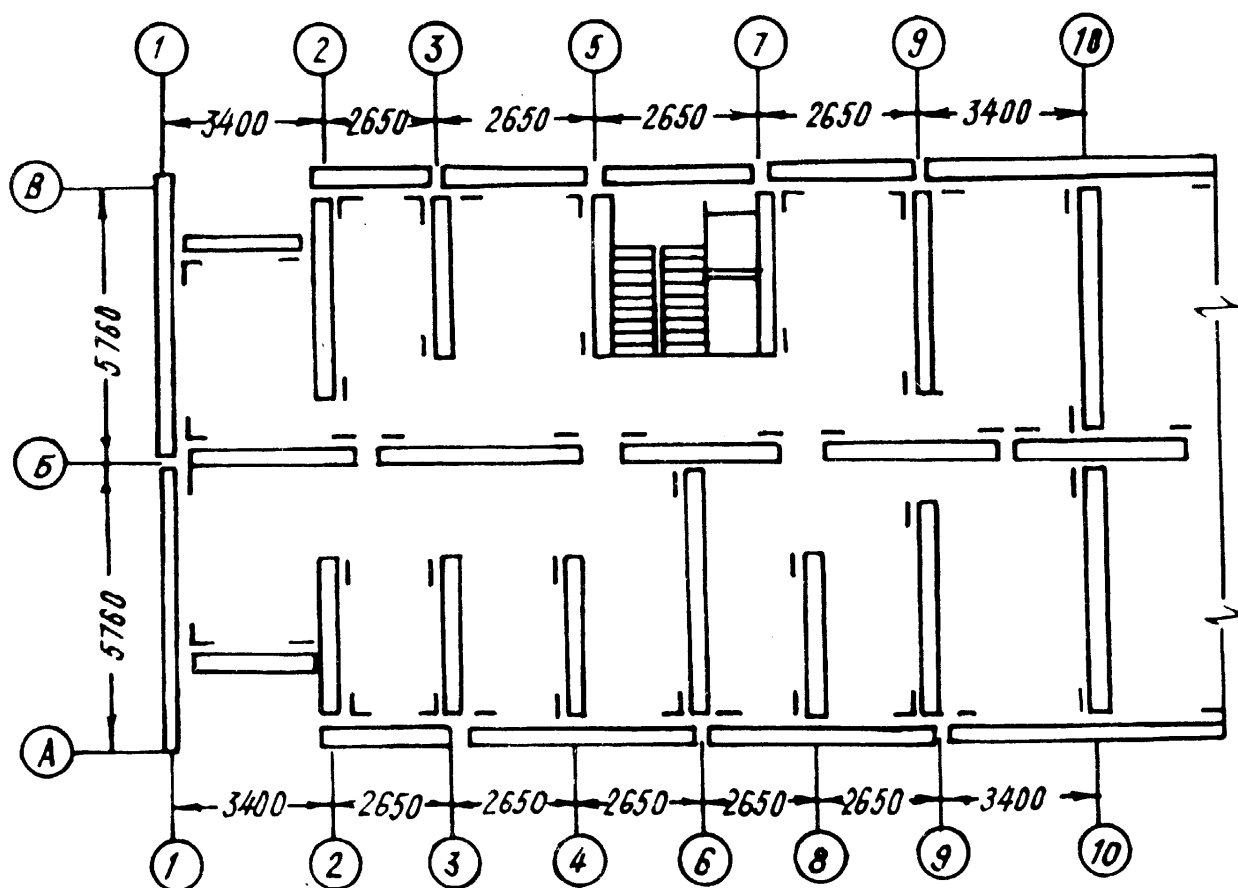


Рис. 7.4. Детальная разбивка осей на монтажном горизонте

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 0,5–1,0 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.

При 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. 7.5). 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. Переносят теодолит на другие пункты внешней разбивочной сети, последовательно выносят и закрепляют концы основных осей по всему периметру сооружения.

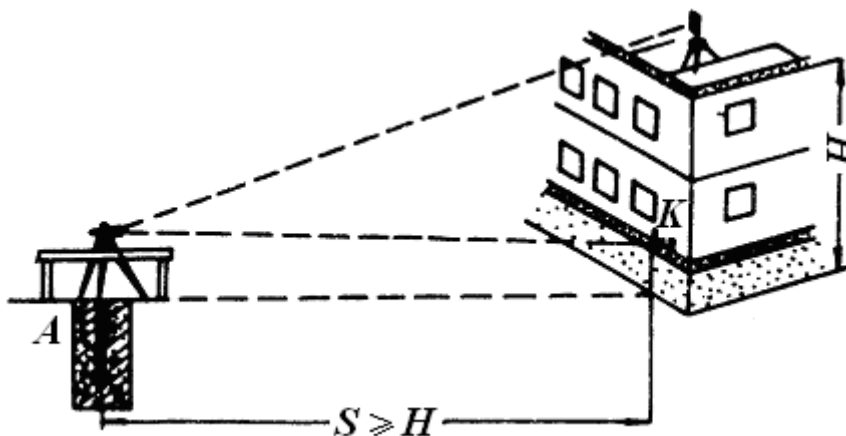


Рис. 7.5. Проецирование основной оси на монтажный горизонт створным способом

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. 7.6) состоит из корпуса со зрительной трубой и подставки с оптическим отвесом. В зрительной трубе (рис. 7.7) размещены обращенный кверху объектив 1, фокусирующая линза 2, компенсатор 7 с призмой 5, преломляющая призма 6, окуляр 4 с сеткой нитей 3.

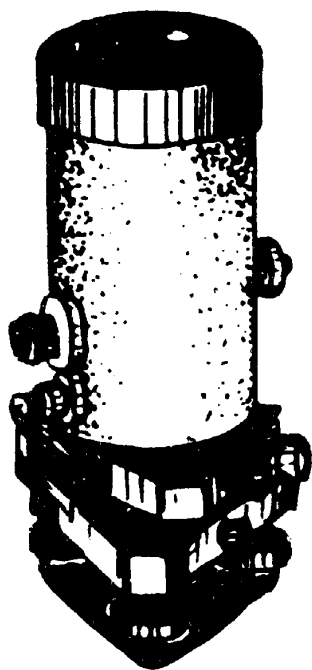


Рис. 7.6. Зенит-прибор PZL

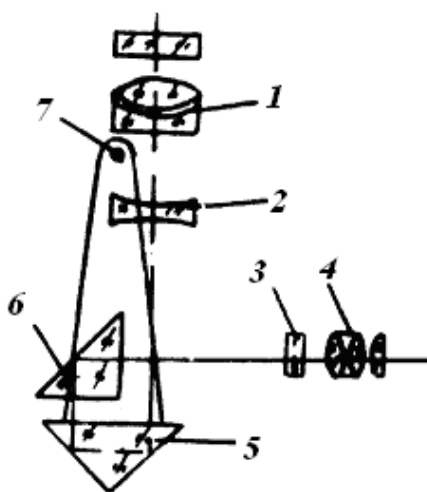


Рис. 7.7. Оптическая схема зенит-прибора PZL

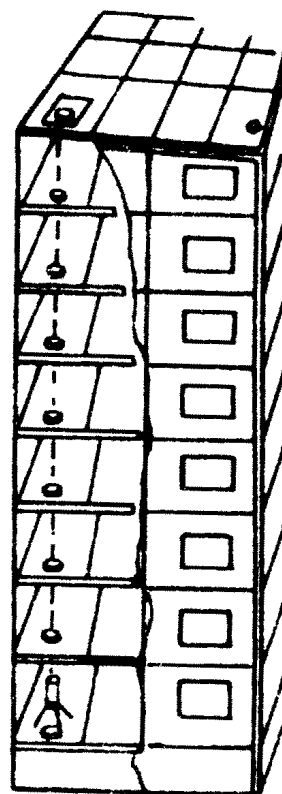


Рис. 7.8. Проецирование пункта внутренней разбивочной сети на монтажный горизонт

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. 7.8). На возводимом монтажном горизонте сооружения над проемом укрепляют в специальной раме координатную палетку из оргстекла (рис. 7.9).

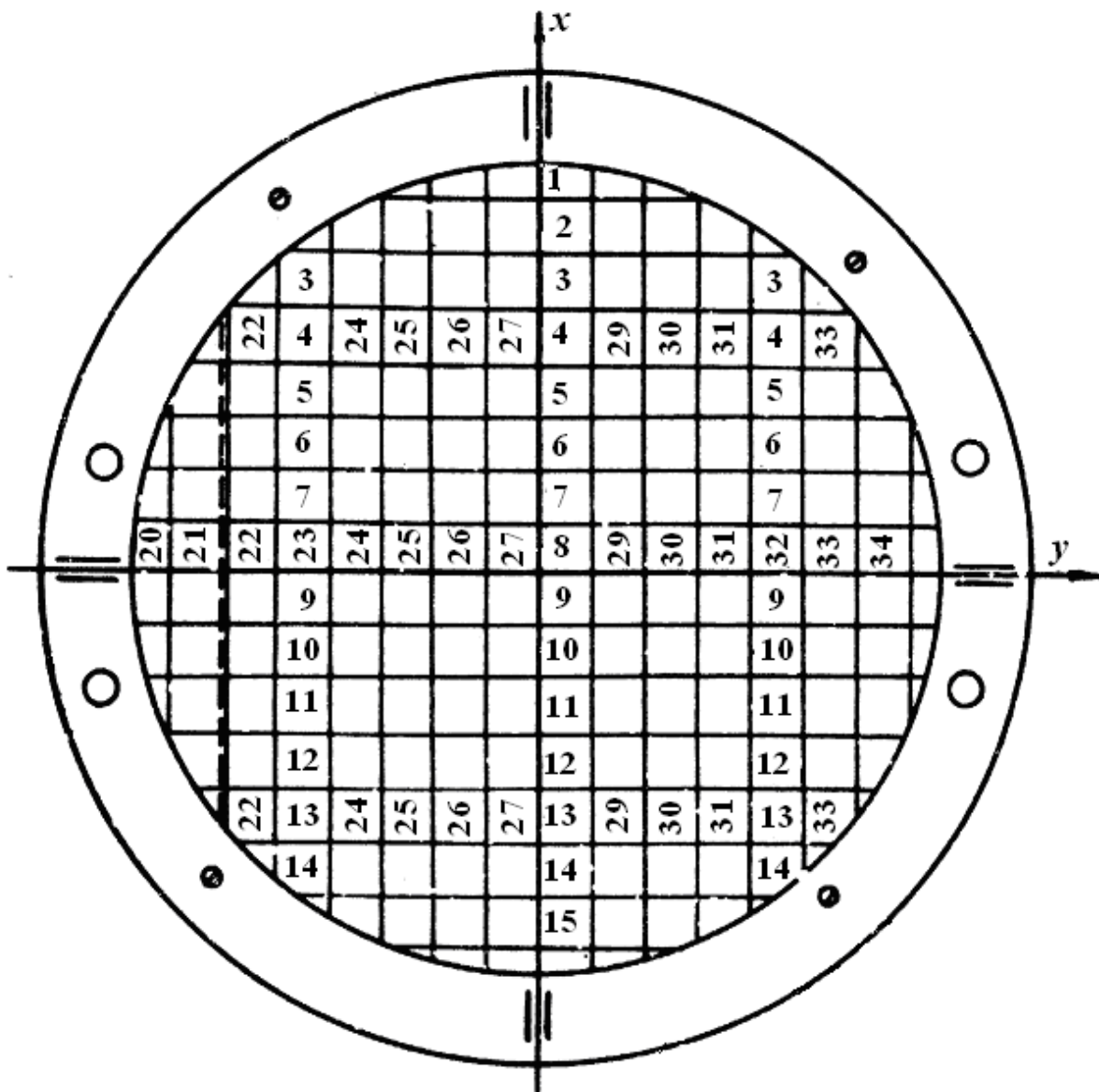


Рис. 7.9. Координатная палетка

Прибор разворачивают по азимуту, 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  $180^\circ$  и берут второй отсчет  $a_{180^\circ}$ . Принимая первое положение прибора за нулевое, устанавливают его в положения  $90^\circ$  и  $270^\circ$  и производят по другой шкале палетки отсчеты  $b_{90^\circ}$  и  $b_{270^\circ}$ .

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

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

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 имеет верхний и нижний каналы 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. На монтажном горизонте должно быть не менее двух рабочих реперов. Обычно в качестве рабочих реперов принимаются закладные детали в конструкциях данного этажа.

Передачу отметок на вышележащие этажи производят с помощью двух нивелиров, реек и подвешенной стальной рулетки. Рейки устанавливают на реперы, расположенные на исходном и данном монтажных горизонтах (рис. 7.10). 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  $H_{\text{рп2}}$  вычисляют по формуле

$$H_{\text{рп2}} = H_{\text{рп1}} + a_1 + (b_1 - a_2) - b_2.$$

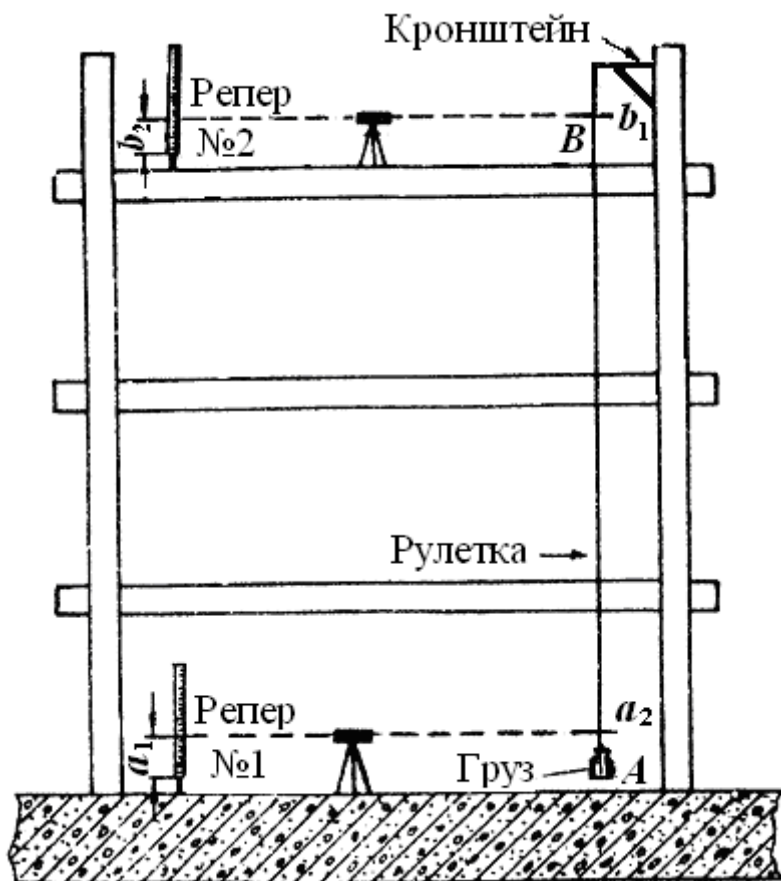


Рис. 7.10. Передача отметок на монтажный горизонт

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 относятся 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. 8.1) 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

$$l_1 = l_2 = \frac{B}{2} + mh,$$

$$l_1 = l_2 = \frac{B}{2} + b_k + mh,$$

где  $B$  – ширина насыпи;  $b_k$  – ширина кювета по верху.

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

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

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

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

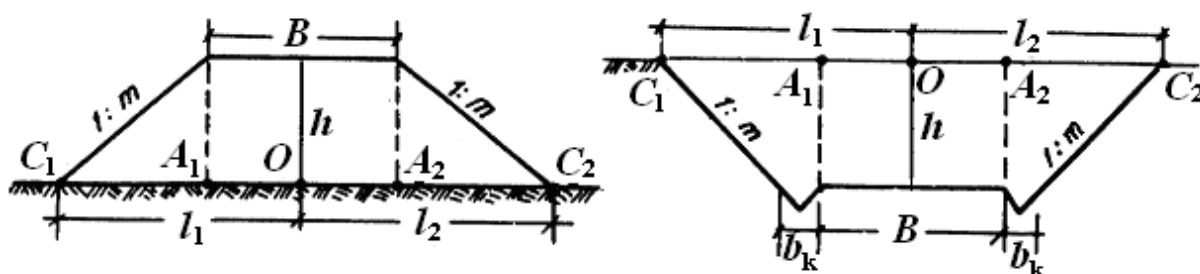


Рис. 8.1. Элементы разбивки земляного полотна

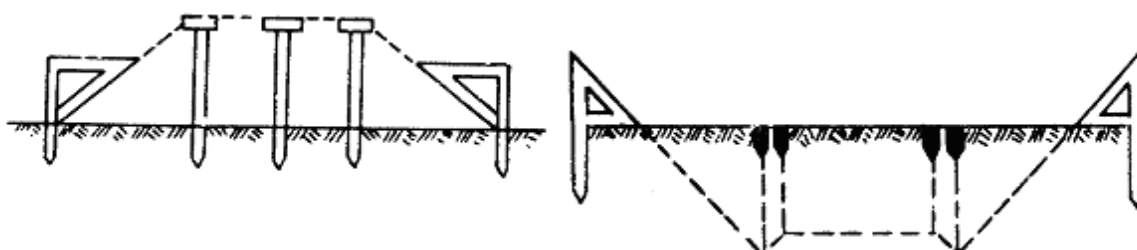


Рис. 8.2. Закрепление земляного полотна визирками и откосниками

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. 8.2). По мере возведения земляного полотна визирки и откосники перемещают по откосу.

### 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. 8.3), 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.

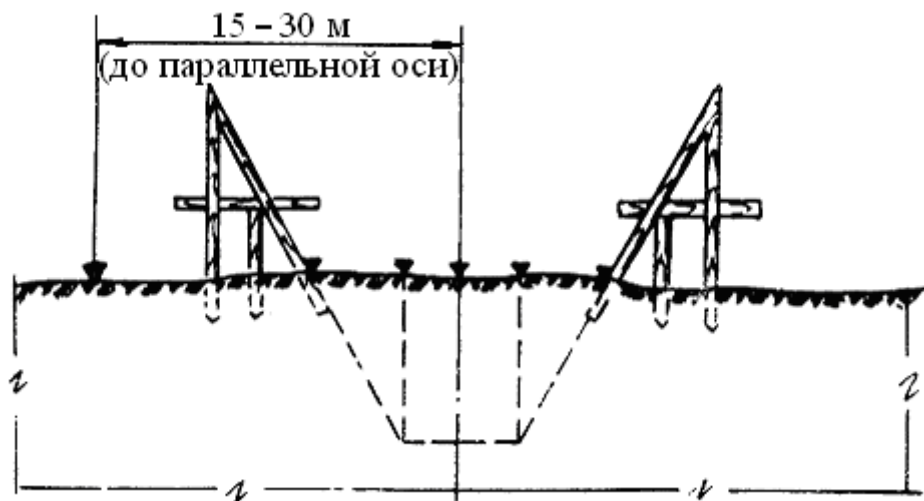


Рис. 8.3. Закрепление пикетажа инженерных сетей

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 (расчистка траншеи, укладка фундамента, труб и т. п.). Продольную ось, низ и верх откосов выносят на лекала от параллельной оси и закрепляют на обноске гвоздями (рис. 8.4).

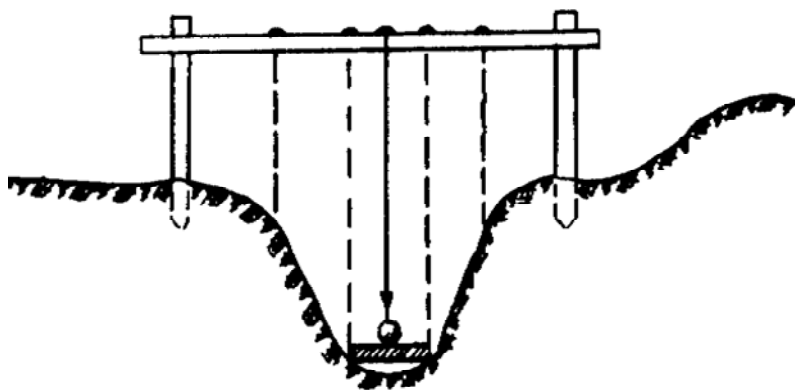


Рис. 8.4. Закрепление траншей лекалами

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

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. 8.5). 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  $90^\circ$ .

Когда установка теодолита над центром невозможна (рис. 8.6), выносят вначале по известным координатам концы осей вертикальной выработки и закрепляют их. Перпендикулярность вынесенных осей контролируют по измеренным углам  $\gamma$  и  $\delta$ , сумма которых в пределах  $1'$  должна быть также равна  $90^\circ$ .

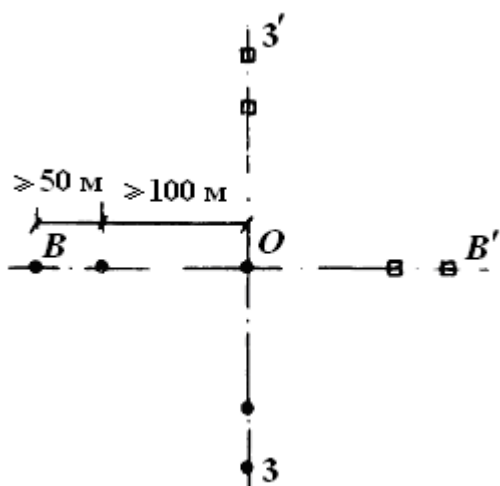


Рис. 8.5. Закрепление осей подземных выработок

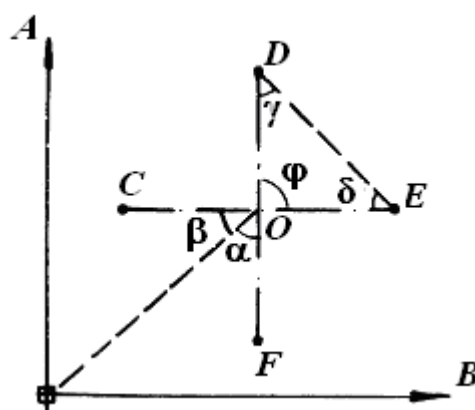


Рис. 8.6. Вынос центра осей подземных выработок

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

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 друг от друга. Теодолит устанавливают в точке  $P$  (рис. 8.7) 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  $\delta$ :

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

Далее находят дирекционный угол направления  $AB$  створа отвесов:

$$\alpha_{AB} = \alpha_{PC} + \beta - \delta, \quad (8.1)$$

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  $\gamma$  к нулю. На практике стремятся устанавливать теодолит так, чтобы угол  $\gamma$  не превышал  $1^\circ$ . При этом условии возможно применение более простой расчетной формулы

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

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

$$m_{\alpha_{AB}} = \sqrt{m_{\alpha_{PC}}^2 + \left(\frac{S_B}{b}\right)^2 m_{N_B}^2 + \left(\frac{S_A}{b}\right)^2 m_{N_A}^2 + m_{N_C}^2}, \quad (8.2)$$

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.

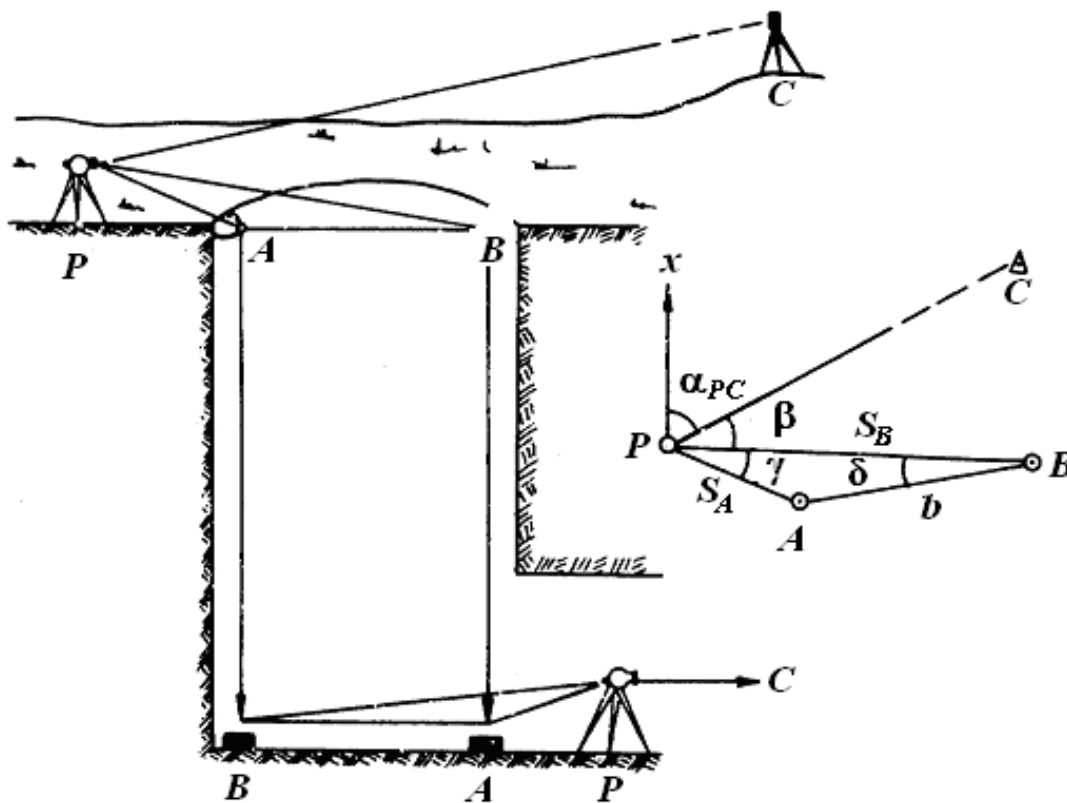


Рис. 8.7. Схема передачи ориентирования по вертикальным выработкам способом соединительного треугольника

Из формулы (8.2) 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 (8.1) определяют направление PC подземной выработки по значениям  $\alpha_{AB}$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ .

## 9. ПРИМЕР ПОДГОТОВКИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫНОСА НА МЕСТНОСТЬ УЧАСТКА КАНАЛА

Разбивку углов поворота трассы канала (Уг1, Уг2 и др.), место его примыкания к основному каналу, в точке ПК0, выполняют полярным способом от точек 1 и 2 планово-высотного обоснования топографической съемки (рис. 9.1).

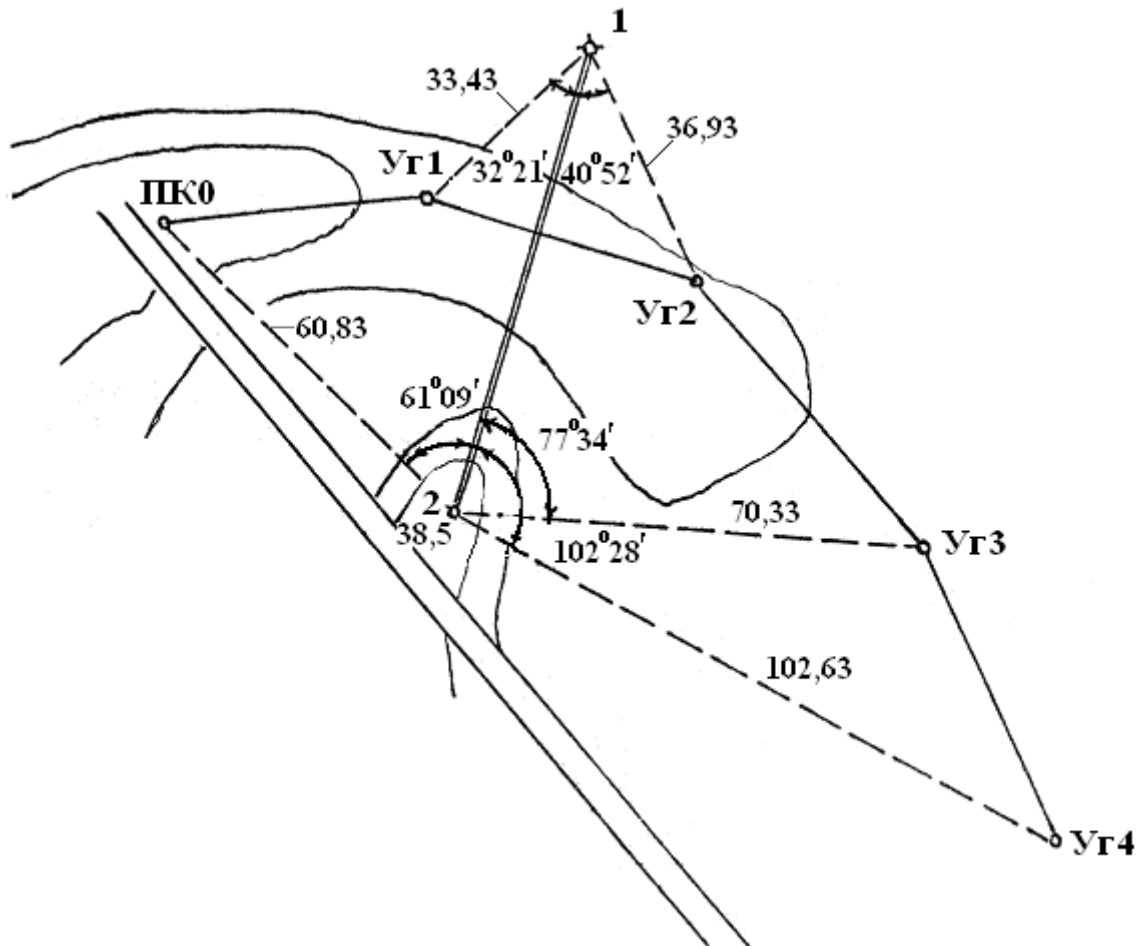


Рис. 9.1. Схема передачи ориентирования по вертикальным выработкам способом соединительного треугольника

Координаты точек планово-высотного обоснования вычислены при выполнении тахеометрической съемки, от них и производится разбивка отдельных участков канала. Для выполнения необходимых расчетов графическим путем от координатной сетки измеряют координаты вершин поворота канала. Результаты приведены в табл. 9.1.



Таблица 9.1

Точки	Координаты	
	x	y
Пункт 1	500,00	500,00
Пункт 2	432,52	477,23
ПК0	477,00	435,60
УГ1	478,80	474,20
УГ2	465,90	514,20
УГ3	425,40	547,10
УГ4	380,30	565,20

Результаты вычислений приведены в табл. 9.2, где в графах 2–7 представлены координаты точек и приращения координат. В графах 8–10 записаны результаты вычислений тангенсов румбов и румбы направлений, образованных точками планового обоснования, которые закреплены на местности, и углами поворота трассы. Например, тангенс направления линии пункт 2 – ПК0 (см. рис. 9.1) равен

$$\operatorname{tgr}_{2-\text{ПК}0} = \frac{y_{\text{ПК}0} - y_2}{x_{\text{ПК}0} - x_2}.$$

Название румбов определяет знаки приращений координат. По величине и названию румба определяют соответствующий дирекционный угол линии. Горизонтальный угол, который необходимо отложить на местности теодолитом от линии 2–1 по направлению 2–ПК0, вычисляем из разности дирекционных углов этих линий. Если величина дирекционного угла для правой линии окажется меньше, чем для левой, то к ней добавляют 360°:

$$\beta = \alpha_{y_{2-1}} - \alpha_{y_{2-\text{ПК}0}}.$$

Вычисление длин линий от точек планового обоснования до углов поворота производим по формуле

$$d_{2-\text{ПК}0} = \frac{y_{\text{ПК}0} - y_2}{\sin r_{2-\text{ПК}0}} = \frac{x_{\text{ПК}0} - x_2}{\cos r_{2-\text{ПК}0}}.$$

Приближенным контролем является сравнение полученных измерений в результате вычислений углов и линий с измеренными значениями на плане.

Таблица 9.2

## ВЕДОМОСТЬ

вычисления длин линий и углов при подготовке данных по выносу осей сооружений в натуру

Номера точек	Координаты		Приращения координат			tg r	Румб r		Дирекционный угол $\alpha_y$	Горизонтальный угол $\beta$	$\frac{\cos r}{\sin r}$	$\frac{d_1, \text{ м}}{d_2, \text{ м}}$	$d_{\text{ср}}, \text{ м}$	
	x	y	±	x	±		y	Название						Величина
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Пункт 2 ПК0	432,52 477,0	477,23 435,6	+	44,48	-	41,33	0,9292	СЗ	42°54'	317°06'	61°09'	$\frac{0,7325}{0,6807}$	$\frac{60,72}{60,72}$	60,72
Пункт 1 УГ1	500,00 478,8	500,00 474,2	-	21,20	-	25,80	1,2170	ЮЗ	50°36'	230°36'	32°21'	$\frac{0,6347}{0,7727}$	$\frac{33,38}{33,40}$	33,39
Пункт 1 УГ2	500,00 465,9	500,00 514,2	-	34,10	+	14,20	0,4164	ЮВ	22°37'	157°23'	40°52'	$\frac{0,9231}{0,3846}$	$\frac{36,94}{36,86}$	36,91
Пункт 2 УГ3	432,52 425,4	477,23 547,1	-	7,12	+	69,87	9,8132	ЮВ	84°11'	95°49'	77°34'	$\frac{0,1014}{0,9948}$	$\frac{70,21}{70,21}$	70,21
Пункт 2 УГ4	432,52 380,3	477,23 565,2	-	52,22	+	87,90	1,6832	ЮВ	59°17'	102°28'	102°28'	$\frac{0,5108}{0,8531}$	$\frac{102,24}{102,24}$	102,24

Примечание. Дирекционный угол линии пункт 2 – пункт 1 равен 18°15'

При вычислении получены лишь горизонтальные проложения линий. В натуре откладывают линии с учетом угла наклона. Для этого определяют поправку  $\Delta d$  за наклон линии, которая равна  $\Delta d = \Delta h^2 / 2d$ , где  $\Delta h$  – превышение, определяемое разностью отметок концов линии. Тогда откладываемое на местности расстояние  $D = d + \Delta d$ .

Если вдоль линии имеются участки с переменными уклонами, например, линия пункт 2–Уг4, то поправки вводятся отдельно для каждого участка. При уклонах менее 0,02–0,03 ввиду малости поправки не вводят. Пример вычисления приведен в табл. 9.3.

Таблица 9.3

Наименование линии	$d$ , м	$\Delta h$ , м	$\Delta d$ , м	$D$ , м
Пункт 2 – ПК0	60,72	3,50	0,11	60,83
Пункт 2 – точка $K$	10,00	1,50	0,12	10,12
Точка $K$ – Уг3	60,21	0,00	0,00	60,21
Общая длина линии пункт 2 – Уг3				70,33
Пункт 1 – Уг1	33,39	1,50	0,04	33,43
Пункт 1 – Уг2	36,91	1,10	0,02	36,93
Пункт 2 – точка $a$	10,00	1,50	0,11	10,11
Точка $a$ – точка $b$	57,24	0,00	0,00	57,24
Точка $b$ – Уг4	35,00	4,40	0,28	35,28
Общая длина линии пункт 2 – Уг4				102,63
Уг3 – Уг4	48,60	4,35	0,20	48,8

## 10. ПРИМЕР ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ

Одна из основных частей генерального плана – проект вертикальной планировки застраиваемой территории. Ее целью является преобразование естественных форм рельефа и создание условий для эксплуатации возводимых зданий и сооружений.

Естественный рельеф при строительстве обычно преобразуется путем выполнения земляных работ по специальному проекту вертикальной планировки.

Проектный рельеф может быть задан в виде профилей, проектными горизонталями в сочетании с проектными отметками либо только проектными отметками. Метод профилей трудоемок и поэтому применяется редко. При выполнении данной расчетно-графической работы применяется метод отметок. Строительная площадка должна представлять собой горизонтальную поверхность.

Проектирование горизонтальной площадки обычно производится с соблюдением условия нулевого баланса земляных работ. Под этим условием понимается сведение земляных работ к минимуму и обеспечение равенства объемов выемки и подсыпки.

Основой для проектирования вертикальной планировки служат топографические планы масштабов 1:500–1:5000, составленные по результатам нивелирования стройплощадки по квадратам. Планируемую территорию разбивают на квадраты со сторонами 10, 20, 40 или 50 м в зависимости от сложности рельефа. Фактические высоты вершин квадратов определяют по горизонталям или при помощи геометрического нивелирования. Предполагается, что каждая квадратная призма ограничена вертикальными плоскостями, проходящими через стороны квадратов, плоским основанием и наклонной верхней плоскостью. Высоту призмы принимают равной среднему арифметическому отметок угловых точек поверхности. Объем одной призмы

$$V = \frac{S_{\text{п}}}{4} (H_{b_1} + H_{b_2} + H_{a_1} + H_{a_2}), \quad (10.1)$$

где  $S_{\text{п}}$  – площадь основания призмы;  $H_{b_1}, H_{b_2}$  и  $H_{a_1}, H_{a_2}$  – отметки угловых точек.

Среднюю отметку всего участка с известными отметками углов сетки вычисляют на основании следующих соображений. Отметки углов  $a_1, a_2, a_3, \dots$  квадратов, лежащих внутри наружного контура, при вычислениях повторяются четыре раза, и их сумма равна  $4\sum H_{a_i}$  (рис. 10.1). Далее суммируют отметки  $H_{b_i}$  вершин квадратов, расположенных по контуру участка, за исключением отметок  $H_{c_i}$  – вершин углов участка, и полученную сумму  $\sum H_{b_i}$  удваивают, так как эти отметки входят в два

смежных квадрата. Наконец, суммируют отметки  $H_{c_i}$  угловых точек участка.

Средняя отметка  $H_0$  участка вычисляется по формуле

$$H_0 = \frac{4\sum H_{a_i} + 2\sum H_{b_i} + \sum H_{c_i}}{4n}. \quad (10.2)$$

Если участок включает в себя произвольное, в том числе и нечетное, число квадратов (рис. 10.2), а рельеф участка должен быть спланирован горизонтальной площадкой при условии нулевого баланса земляных работ, проектная отметка такой площадки вычисляется по формуле

$$H_{\text{пр}} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n}, \quad (10.3)$$

где  $n$  – общее число квадратов;  $\sum H_1$  – сумма черных отметок вершин, входящих только в один квадрат;  $\sum H_2, \sum H_3, \sum H_4$  – соответственно суммы отметок вершин, общих для двух, трех и четырех квадратов.

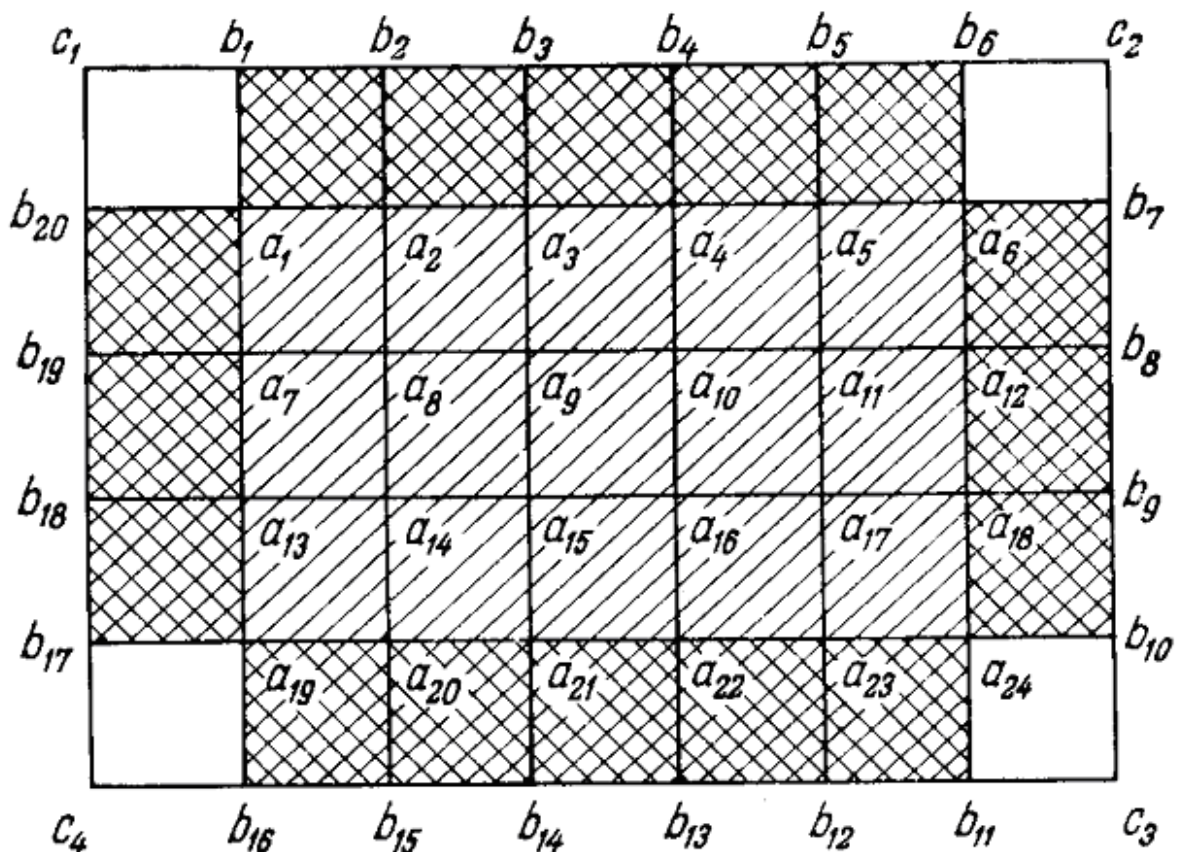


Рис. 10.1. К вычислению проектной отметки с нулевым балансом при четном числе квадратов

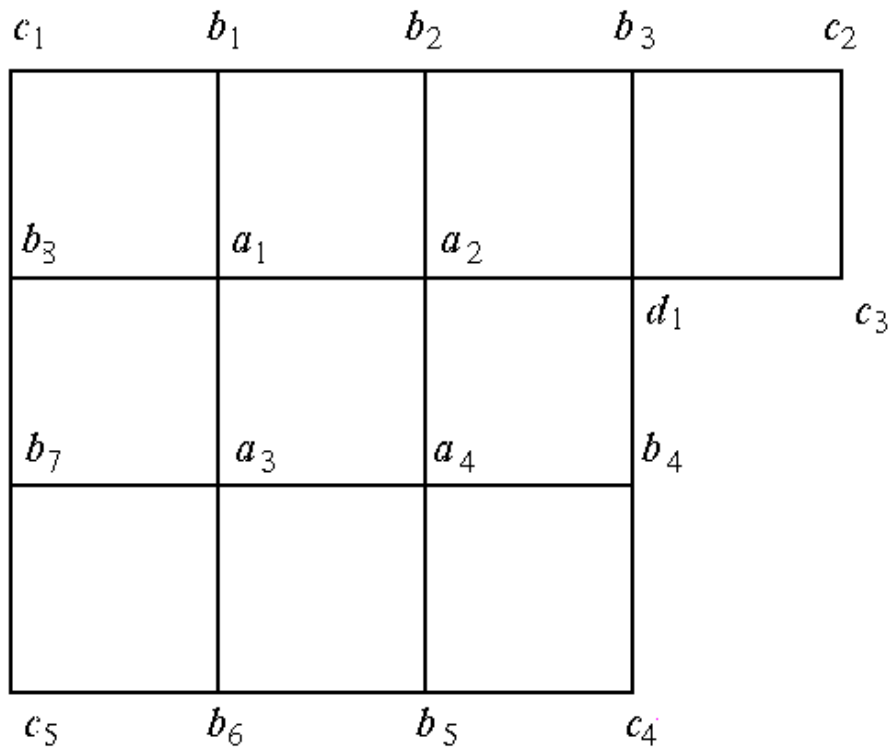


Рис. 10.2. К вычислению проектной отметки с нулевым балансом при нечетном числе квадратов

При горизонтальной площадке  $H_{\text{пр}}$  является постоянной величиной для всего участка. Рабочие отметки всех вершин квадратов получаются как разности проектной отметки  $H_{\text{пр}}$  и черных отметок вершин квадратов:

$$h_p = H_{\text{пр}} - H_i^{\text{черн}}, \quad (10.4)$$

при этом  $h_p$  со знаком «плюс» будет определять подсыпку, «минус» – выемку.

Объем земляных работ вычисляется по рабочим отметкам  $h_1, h_2, h_3, h_4$  вершин каждого квадрата. Если все четыре отметки имеют один и тот же знак, объем земляных работ в пределах данного квадрата вычисляют по формуле

$$V = a^2(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)/4, \quad (10.5)$$

где  $a$  – сторона квадрата.

Если в квадрате рабочие отметки имеют разные знаки, то в этом квадрате проходит линия нулевых работ – линия с рабочей отметкой, равной

нулю. Линии нулевых работ являются границей между участками подсыпки и выемки грунта, т.е. определяют объемы земляных работ в пределах каждого квадрата. Для построения линии нулевых работ на сторонах квадратов находят положение точек нулевых работ по формулам (рис. 10.3)

$$l_1 = a \frac{|h_{p1}|}{|h_{p1}| + |h_{p2}|}; \quad l_2 = a \frac{|h_{p2}|}{|h_{p1}| + |h_{p2}|}, \quad (10.6)$$

где  $l_1$  и  $l_2$  – расстояния от вершин квадрата до точки нулевых работ;  $a$  – сторона квадрата;  $h_{p1}$  и  $h_{p2}$  – рабочие отметки на концах стороны квадрата. Очевидно, что  $l_1 + l_2 = a$ .

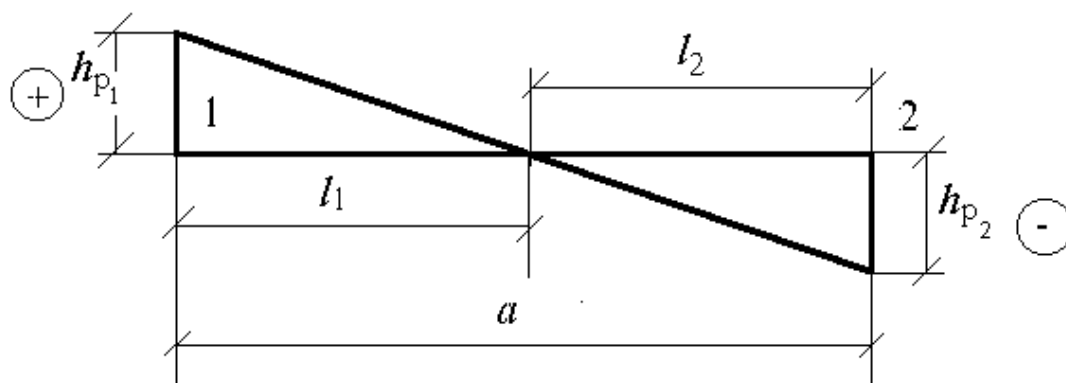


Рис. 10.3. К определению положения точек нулевых работ

Найдя точки нулевых работ на разных сторонах квадрата и соединив их отрезками прямых пунктирных линий, получают линию нулевых работ (границу выемки и подсыпки). Объем земляных работ определяют отдельно для выемки и подсыпки.

В различных условиях пользуются различными методами: при относительно спокойном рельефе – методом квадратов; при более пересеченной местности – методом треугольных призм; при сильно пересеченной местности – методом поперечников. Подсчет объемов земляных работ методом квадратов производится для каждого квадрата или его части как объем призмы

$$V = h_{p(ср)} S, \quad (10.7)$$

где  $h_{p(ср)}$  – среднее значение рабочих отметок;  $S$  – площадь квадрата (части).

Объем грунта в полном квадрате находят по формуле

$$V = \frac{\sum h_p}{4} S_k, \quad (10.8)$$

где  $\sum h_p$  – сумма рабочих отметок для углов квадрата;  $S_k$  – площадь квадрата.

При подсчете объемов земляных работ по неполным квадратам (квадратам, через которые проходит линия нулевых работ) их разбивают на треугольники и нумеруют каждую фигуру.

Находят площадь каждого треугольника  $S_T$  и вычисляют объем грунта в пределах треугольных призм по формуле

$$V = \frac{\sum h_p}{3} S_T. \quad (10.9)$$

Вычисляют суммарные объемы выемки и подсыпки и проверяют баланс земляных работ по формуле

$$\Delta V = \frac{|V_B| - |V_{\Pi}|}{|V_B| + |V_{\Pi}|} 100\%. \quad (10.10)$$

Эта величина не должна превышать 3 %.

При необходимости решение корректируется, т.е. уточняется проектная отметка горизонтальной плоскости.

**Пример 1.** Разработать проект вертикальной планировки площадки при следующих исходных условиях (рис. 10.4):

отметки участка получены при нивелировании по квадратам;

проектируется горизонтальная площадка с приблизительным обеспечением баланса земляных работ (рис. 10.5);

проектирование заканчивается составлением картограммы земляных масс.

Размеры квадратов принимаются  $20 \times 20$  м (при масштабе плана 1:1000).

Последовательность выполнения работы следующая

1. На листе чертежной бумаги формата А4 ( $20 \times 30$  см) изобразить штамп и дважды вычертить сетку квадратов (см. рис. 10.4 и 10.5).

2. В вершинах квадратов (см. рис. 10.4) выписать отметки по своему варианту. Например, в вершине А1 это 148,23, в вершине А2 – 147,64, А3 – 147,23 и т.д.



$$H_{\text{пр}} = 147,68 \text{ м}$$

<i>Г</i>	+0,55	+0,10	+0,85	+1,56	+1,03	+0,47
	147,13	147,58	146,83	146,12	146,65	147,21
<i>В</i>	-0,10	-1,05	-0,39	+0,04	-0,27	-0,48
	147,78	148,73	148,07	147,64	147,95	148,16
<i>Б</i>	-0,15	+0,20	+0,60	+0,18	-0,14	-0,46
	147,83	147,48	147,08	147,50	147,62	148,14
<i>А</i>	-0,55	+0,04	+0,45	-0,03	-0,64	-1,45
	148,23	147,64	147,23	147,71	148,32	149,13
	1	2	3	4	5	6

Рис. 10.4. План площади

<i>Г</i>	+0,55	+0,10	+0,85	+1,56	+1,03	+0,47
<i>В</i>	-0,10	-1,05	-0,39	+0,04	-0,27	-0,48
<i>Б</i>	-0,15	+0,20	+0,60	+0,18	-0,14	-0,46
<i>А</i>	-0,55	+0,04	+0,45	-0,03	-0,64	-1,45
	18,6		18,8			
	1	2	3	4	5	6

16,9

29,6, 36,7, 171,4, 192,7, 97,7, 62,4, 88,9, 7,5, 3,3, 27,2, 18,4, 99,3, 88,9, 9,3, 18,2, 17,4, 26,0, 135,0, 1,3, 30,6, 55,2, 8,3, 8,6, 7,7, 129,0, 99,5, 5,6, 8,7, 49,0, 57,4, 269,0, 0,04, 0,45, 0,03, 0,64, 1,45

Σ

Подсыпка	38,6	196,3	323,4	206,8	97,7	862,8
Выемка	210,7	177,8	16,8	86,7	431,2	923,2

Рис. 10.5. Картограмма земляных работ (к примеру 1)

3. Определить проектную отметку горизонтальной площадки с приблизительным балансом земляных работ по формуле (10.3). У данной сетки квадратов нет отметок вершин, относящихся сразу к трем квадратам, поэтому

$$3\sum H_3 = 0$$

и проектная отметка вычисляется по формуле

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

4. Записать полученную проектную отметку в верхнем левом углу (см. рис. 10.4), найти рабочие отметки  $h_p = H_{\text{пр}} - H_i^{\text{черн}}$  и зафиксировать их в вершинах квадратов. Так, в вершине  $A1$  это  $-0,55$ , в вершине  $A2$   $+0,04$ , в  $A3$   $+0,45$  и т.д.

5. Для разработки картограммы земляных работ (см. рис. 10.5) переписать значения рабочих отметок на данный рисунок, обозначить контуры подсыпок и выемок линиями нулевых работ. Линию нулевых работ определяют точки нулевых работ на тех сторонах квадратов, вершины которых имеют отметки с противоположными знаками (линии  $B1-G1$ ,  $B2-G2$  и т.д.). Положение точки нулевых работ на стороне квадрата определится величиной  $l_1$  или  $l_2$ , вычисляемой по (10.6).

Линии нулевых работ обозначают прямолинейными отрезками, значения  $l$  выписывают на стороне квадрата (см. рис. 10.5, на стороне  $B1-G1$   $l = 16,9$  м; на стороне  $B2-G2$   $l = 18,4$  м и т.д.)

6. Вычислить отдельно для выемок и подсыпок в каждом квадрате объемы земляных работ (см. рис. 10.5) по формуле

$$V = h_p^{\text{cp}} S,$$

где  $h_p^{\text{cp}}$  – среднее значение рабочих отметок (у неполных квадратов две рабочие отметки равны нулю);  $S$  – площадь квадрата или его части, которую можно найти, зная длины сторон этих фигур.

7. Вычисленные на картограмме объемы насыпей и выемок сложить по вертикали и найти их суммарные значения для всего участка (см. рис. 10.5). Проверить баланс земляных работ по формуле (10.10).

**Пример 2.** Разработать проект вертикальной планировки площадки при нечетном числе квадратов (рис. 10.6).

Состав задания и последовательность его выполнения аналогичны примеру 1.

Вершина  $B4$  с отметкой  $H_1 = 150,25$  относится только к одному квадрату, вершина  $B3$  с отметкой  $H_2 = 150,53$  – к двум квадратам,  $B3$  с отметкой  $H_3 = 150,70$  – к трем,  $B2$  – к четырем квадратам.

Проектная отметка такой площадки вычисляется по формуле (10.3). Суммы отметок вершин, входящие в числитель этой формулы, следующие:

$$\sum H_1 = 151,75 + 150,60 + 150,25 + 150,20 + 150,45 = 753,25 \text{ м};$$

$$2\sum H_2 = 2(151,05 + 150,53 + 151,12 + 150,30) = 1206,00 \text{ м};$$

$$3\sum H_3 = 3 \cdot 150,70 = 452,10 \text{ м};$$

$$4\sum H_4 = 4 \cdot 151,02 = 604,08 \text{ м}.$$

Подставляя эти значения в формулу (10.3), получаем проектную отметку площадки

$$H_{\text{пр}} = \frac{753,25 + 1206,00 + 452,10 + 604,08}{4 \cdot 5} = 150,77 \text{ м}.$$

Для упрощения вычислений удобно выделить наименьшую из четырех отметок вершин квадратов с округлением до дециметра и производить арифметические действия с остающимися дополнениями до соответствующей черной отметки. В данном случае  $H_{\text{min}} = 150,20$  (A3), и тогда

$$H_{\text{пр}} = 150,20 + \frac{(1,55 + 0,40 + 0,05 + 0,00 + 0,25) + 2(0,25 + 0,33 + 0,10 + 0,92)}{4 \cdot 5} + \frac{3 \cdot 0,50 + 4 \cdot 0,82}{4 \cdot 5} = 150,77 \text{ м}.$$

Далее находят рабочие отметки каждой вершины по формуле (10.4) и выписывают их на плане площадки и картограмме земляных работ (рис. 10.7, см. также рис. 10.6). Так, для вершины  $A1$  рабочая отметка равна  $+0,32$ , для  $B1$  она отрицательна и равна  $-0,35$  и т.д.

	1	2	3	4
	-0,98	-0,28	+0,24	+0,17
<i>B</i>	151,75	151,05	150,53	150,60
	-0,35	-0,25	+0,07	+0,52
<i>B</i>	151,12	151,02	150,70	150,25
	+0,32	+0,47	+0,57	
<i>A</i>	150,45	150,30	150,20	

Рис. 10.6. План площадки при нечетном числе квадратов

	1	2	3	4
	-0,98	-0,28	+0,24	+0,17
<i>B</i>	-186,0	-0,35	+100,0	+100,0
	-0,35	-0,25	+0,07	+0,52
<i>B</i>	-27	-5	+91,0	
	+44,0	+91,0		
<i>A</i>	+0,32	+0,47	+0,57	

Σ

Подсыпка	44	101	100	245
Выемка	213	40	-	253

$$\Delta V = \frac{253 - 245}{253 + 245} \cdot 100\% = 1,6\%,$$

$$\Delta V < 3\%.$$

Рис. 10.7. Картограмма земляных работ (к примеру 2)

После вычисления рабочих отметок выделяют контуры подсыпок и выемок построением линий нулевых работ, линию нулевых работ определяют точки нулевых работ на тех сторонах квадратов, вершины которых имеют рабочие отметки с противоположными знаками (линия  $B2-B3$ ;  $A1-B1$  и т.д.). Положение точек нулевых работ находят по формуле (10.6). Так, например, по линии  $A2-B2$  при  $a = 20$  м и рабочих отметках  $+0,47$  м и  $-0,25$  м (рис. 10.8)

$$H_{\text{пр}} = 150,77 \text{ м}; l_1 = 20 \frac{0,47}{0,47 + 0,25} = 13,0 \text{ м}.$$

Определив местоположение точек нулевых работ, прямолинейными отрезками пунктирной линии обозначают на картограмме линию нулевых работ (см. рис. 10.8).

Объемы земляных работ подсчитываются с использованием формул (10.7)–(10.9) отдельно для выемки и подсыпки.

Так, для полного квадрата  $B1 - B1 - B2 - B2$  (см. рис. 10.8) по формуле (10.8) получим

$$V = \frac{\sum h_p}{4} S_k = \frac{0,98 + 0,28 + 0,25 + 0,35}{4} \cdot 20 \cdot 20 = 186 \text{ м}^3.$$

Для переходного квадрата  $B1 - B2 - A2 - A1$  объем выемки (см. рис. 10.7, 10.8)

$$V_v = \frac{0,35 + 0,25 + 0,00 + 0,00}{4} \frac{7 + 11}{2} 20 = 27 \text{ м}^3.$$

Объем подсыпки

$$V_{\text{п}} = \frac{0,32 + 0,47 + 0,00 + 0,00}{4} \frac{9 + 13}{2} 20 = 43,5 \text{ м}^3.$$

Полученные объемы земляных работ выписываются на картограмму земляных работ (см. рис. 10.7) в центральной части соответствующих участков (полных квадратов или их частей). Под картограммой приводятся частные значения объемов подсыпки и выемки, сложенных по вертикали. Вычисляют отдельно суммарные значения объемов подсыпок и выемок по всему участку; по формуле (10.10) проверяют баланс земляных работ.

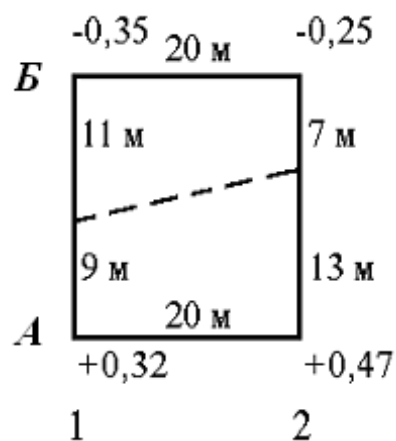


Рис. 10.8. К определению положения точек и линии нулевых работ

**Пример 3.** Разработать проект вертикальной планировки площадки при нечетном числе квадратов (рис. 10.9).

Состав задания и последовательность его выполнения аналогичны примеру 1. Отличие от примера 2 заключается в том, что неполные квадраты разбиваются на треугольники, что облегчает подсчет объемов земляных работ. Вершины  $B_1, B_4, B_4, A_3, A_1$  относятся только к одному квадрату, вершины  $B_2, B_3, A_2, B_1$  – общие для двух смежных квадратов,  $B_3$  – общая для трех квадратов,  $B_2$  – для четырех, тогда

$$\sum H_1 = 120,80 + 117,80 + 117,80 + 118,60 + 120,45 = 595,45 \text{ м};$$

$$2\sum H_2 = 2(119,75 + 118,70 + 119,50 + 121,00) = 957,90 \text{ м};$$

$$3\sum H_3 = 3 \cdot 119,00 = 357,00 \text{ м};$$

$$4\sum H_4 = 4 \cdot 120,05 = 480,20 \text{ м}.$$

По формуле проектной высоты горизонтальной площадки получим

$$H_{\text{пр}} = \frac{595,45 + 957,90 + 357,00 + 480,20}{4 \cdot 5} = 119,53 \text{ м}.$$

По формуле (10.4) найдем рабочие отметки каждой вершины (см. рис. 10.9). Таким образом получим рабочую отметку вершины  $A_1$ , равную  $119,53 - 120,45 = -0,92$ . Аналогично получают рабочие отметки для всех остальных вершин.

По формулам (10.6) находят положение точек нулевых работ. Например, для стороны квадрата  $B_2 - B_3$  при  $a = 20$  м

$$l_1 = 20 \frac{0,22}{0,22 + 0,83} = 4,2 \text{ м}; \quad l_2 = 20 \frac{0,83}{0,22 + 0,83} = 15,8 \text{ м}.$$

Проверкой является равенство суммы  $l_1$  и  $l_2$  расстоянию  $a$ :  $15,8 + 4,2 = 20,0$  м.

Откладывая на чертеже от вершины  $B_2$  расстояние, равное 4,2 м, или от  $B_3$  расстояние, равное 15,8 м (рис. 10.10), получают точку нулевых работ. Аналогично находят точки нулевых работ на остальных сторонах квадратов. Соединяя их штрихпунктирной ломаной линией, получают границу выемки и подсыпки. Объемы грунта в полных квадратах находят по формуле (10.8). Например, для квадрата 1 ( $B_1, B_2, B_2, B_1$ )

$$V = \frac{(-1,27) + (-0,22) + (-0,52) + (-1,47)}{4} \cdot 400 = -348,0 \text{ м}^3 \text{ (выемка)}.$$

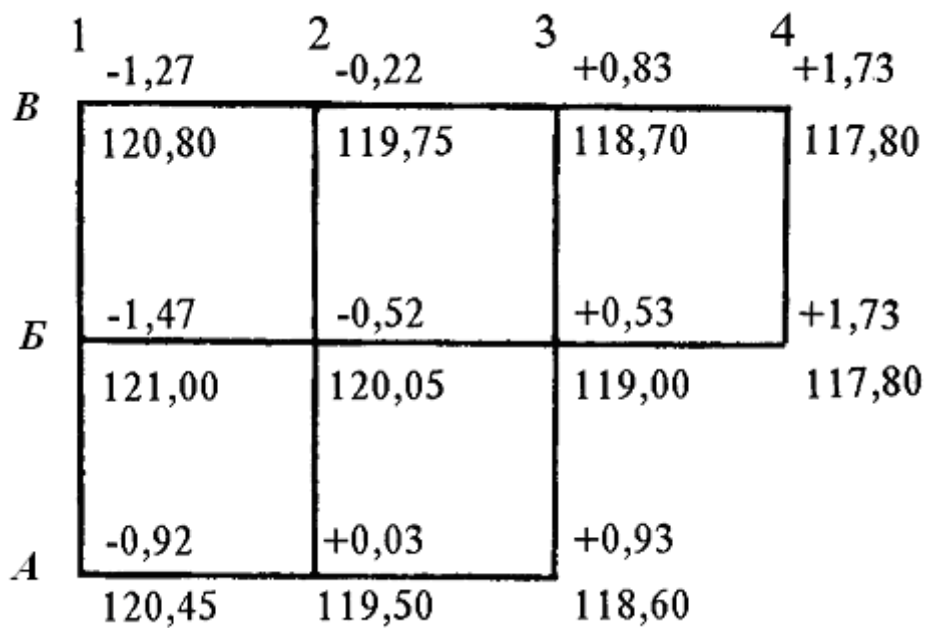


Рис. 10.9. План площадки при нечетном числе квадратов

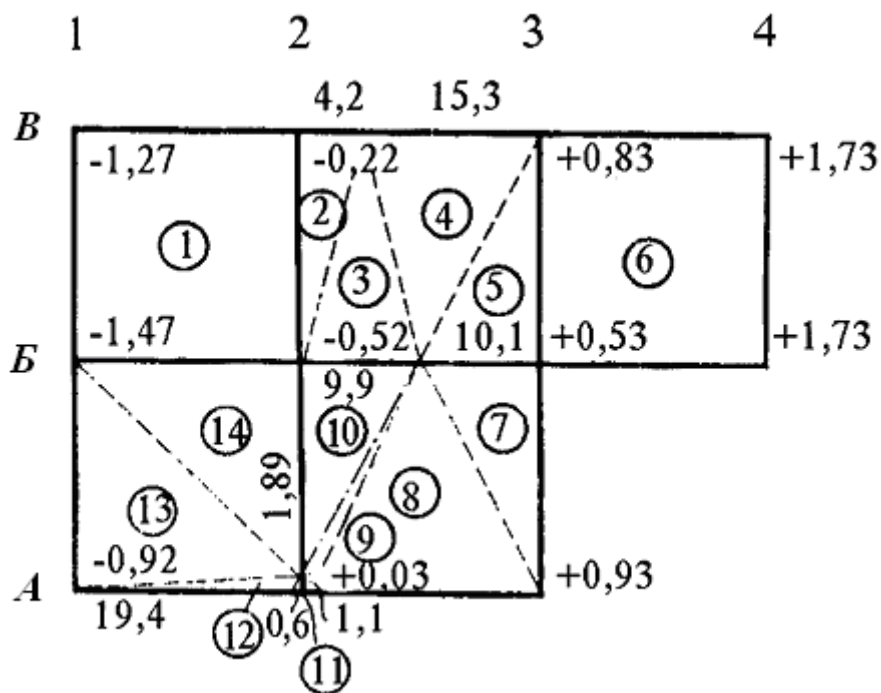


Рис. 10.10. Картограмма земляных работ (к примеру 3)

При подсчете объемов земляных работ по неполным квадратам их разбивают на треугольники (см. рис. 10.10) и нумеруют каждую фигуру.

Находят площадь каждого треугольника и вычисляют объем грунта в пределах треугольных призм по формуле (10.9). Например, для фигуры 2 можно записать

$$S_T = 4,2 \cdot 20 / 2 = 42 \text{ м}^2 ;$$

$$V = \frac{(-0,22) + 0 + 0}{3} 42 = -2,9 \text{ м}^3 \text{ (выемка)}.$$

Все вычисления ведутся в ведомости (табл. 10.1), где окончательно получают объем выемки  $V_B$  и подсыпки  $V_{II}$ :

$$\Delta V = \frac{671,6 - 683,2}{671,6 + 683,2} 100 \% = 0,8 \% ,$$

$$\Delta V < 3 \% .$$

Таблица 10.1

Номер фигуры	Площадь, м <sup>2</sup>	$h_{cp}$	Объем, м <sup>3</sup>	
			Выемка (-)	Подсыпка (+)
1	400,0	-0,87	348,0	
2	42,0	-0,07	2,9	
3	99,0	-0,17	16,8	
4	158,0	+0,28		44,2
5	101,0	+0,45		45,4
6	400,0	+1,20		480,0
7	101,0	+0,49		49,5
8	200,0	+0,32		64,0
9	5,4	+0,01		0,1
10	93,6	-0,17	15,9	
11	0,3	+0,01		0,0
12	10,7	-0,31	3,3	
13	200,0	-0,80	160,0	
14	189,0	-0,66	124,7	
	$\Sigma = 2000,0$		$V_B = 671,6$	$V_{II} = 683,2$



В табл. 10.2 приведен вариант исходных данных для выполнения расчетно-графического задания по вертикальной планировке.

Таблица 10.2

Точка	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
<i>Г</i>	147,13	147,58	146,83	146,12	146,65	147,21
<i>В</i>	147,78	148,73	148,07	147,64	147,95	148,16
<i>Б</i>	147,83	147,48	147,08	147,50	147,62	148,14
<i>А</i>	148,23	147,64	147,23	147,71	148,32	149,13

### ***Практическая часть***

1. Применительно к М 1:1000 принять участок с размерами 5 × 3 квадрата с длиной сторон 20 м.
2. Преобразовать исходные черные отметки в соответствии со своим номером в подгруппе, увеличивая каждую отметку на число метров, равное своему номеру.
3. Спланировать горизонтальную площадку исходя из баланса земляных работ.
4. Построить картограмму земляных работ, вычислить объемы земляных масс и проверить их баланс.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Инженерная геодезия: Учеб. для вузов / Е.Б. Ключин, М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман; Под ред. Д.Ш. Михелева. 4-е изд., испр. М.: Изд. центр «Академия», 2004. 480 с.
2. **Федотов Г.А.** Инженерная геодезия: Учеб. М.: Высш. шк., 2002.
3. **Батраков Ю.Г.** Геодезия. М.: Недра, 1990.
4. Инженерная геодезия в строительстве. М.: Высш. шк., 1984.
5. Инженерно-геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации военных объектов / А.Н. Матвеев, Н.А. Козлов, В.В. Диденко, В.И. Стародубцев / ВИККА им. А.Ф. Можайского. СПб., 1997.
6. Топографические съемки и разбивочные работы: Метод. указания по учебной геодезической практике / Сост. С.В. Гладышев, В.С. Ермаков / ЛПИ. Л., 1989.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>1. Строительная сетка</b> .....	3
<b>2. Содержание и основные этапы выполнения геодезических разбивочных работ</b> .....	10
<b>3. Подготовка данных для разбивочных работ</b> .....	13
<b>4. Основные элементы плановых разбивочных работ</b> .....	16
4.1. Построение линий заданной длины .....	16
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
<b>5. Вынос в натуру планового положения точек сооружения</b> .....	20
5.1. Способ прямоугольных координат .....	21
5.2. Способ прямой угловой засечки .....	22
5.3. Способ полярных координат .....	23
5.4. Способ линейной засечки .....	23
5.5. Способ проектного полигона .....	24
<b>6. Основные элементы высотных разбивочных работ</b> .....	25
6.1. Вынос точек с проектными отметками .....	25
6.2. Вынос на местность линий с проектными уклонами .....	28
6.3. Вынос в натуру плоскостей с заданными уклонами .....	31
<b>7. Детальные разбивочные работы по выносу осей и отметок</b> .....	32
7.1. Разбивка и закрепление осей сооружения на обноске .....	32
7.2. Разбивочные работы на исходном монтажном горизонте .....	33
7.3. Передача осей на монтажные горизонты .....	37
7.4. Передача отметок на монтажные горизонты .....	40
<b>8. Особенности разбивочных работ при строительстве линейных и шахтных сооружений</b> .....	42
8.1. Разбивочные работы при строительстве линейных сооружений .	42
8.1.1. Разбивка и закрепление земляного полотна транспортных путей .....	42
8.1.2. Разбивка и закрепление инженерных сетей .....	43
8.2. Разбивочные работы при шахтном строительстве .....	45
<b>9. Пример подготовки исходных данных для выноса на местность участка канала</b> .....	48
<b>10. Пример вертикальной планировки для проектирования горизонтальной строительной площадки</b> .....	51
<b>Библиографический список</b> .....	65

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

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ**  
**Геодезические разбивочные работы**  
Учебное пособие

Редактор *О.К. Чеботарева*  
Технический редактор *А.И. Колодяжная*  
Оригинал-макет подготовлен авторами

Директор Издательства Политехнического университета *А.В. Иванов*  
Свод. темплан 2007 г.  
Лицензия ЛР № 020593 от 07.08.97  
Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции ОК 005–93, т. 2;  
95 3005 – учебная литература

---

Подписано в печать	Формат 60×84/16.		
Усл. печ. л.	Уч.-изд. л.	Тираж 100.	Заказ

---

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет.  
Издательство Политехнического университета,  
член Издательско-полиграфической  
ассоциации университетов России.  
Адрес университета и издательства: 195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.