

Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Приоритетный национальный проект «Образование»
Национальный исследовательский университет

Е. Б. МИХАЛЕНКО Н. Д. БЕЛЯЕВ

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА

**ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

Учебное пособие

Санкт-Петербург
Издательство Политехнического университета
2013

УДК 528.48(075.8)
ББК 26я73
И 62

Михаленко Е. Б. **Контроль качества строительства. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации водохозяйственных и гидротехнических сооружений:** учеб. пособие / Е. Б. Михаленко, Н. Д. Беляев. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 143 с.

Изложены основные сведения о содержании, методике и технике геодезических работ, выполняемых при строительстве сооружений. Большое внимание уделено организации разбивочных работ, в частности, водохозяйственных и гидротехнических сооружений. Рассмотрены основные методы разбивочных работ, применяемые при строительстве, приведены примеры подготовки исходных данных для выноса объектов на местность. Рассмотрены вопросы организации исполнительных съемок и наблюдений за деформациями сооружений.

Предназначено для слушателей курсов профессиональной переподготовки по основной образовательной программе дополнительного профессионального образования «Управление качеством в строительстве».

Пособие может быть полезно для студентов высших учебных заведений, обучающихся по основной образовательной программе «Морские гидротехнические сооружения и сооружения водных путей» направления подготовки магистров «Строительство», и слушателей организаций дополнительного профессионального образования, совершенствующих свою подготовку в области строительства.

Работа выполнена в рамках реализации программы развития национального исследовательского университета «Модернизация и развитие политехнического университета как университета нового типа, интегрирующего мультидисциплинарные научные исследования и надотраслевые технологии мирового уровня с целью повышения конкурентоспособности национальной экономики».

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

ISBN

© Михаленко Е. Б., Беляев Н. Д., 2013
© Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Геодезические разбивочные работы	7
1.1. Строительная сетка	7
1.2. Содержание и основные этапы выполнения геодезических разбивочных работ	15
1.3. Подготовка данных для разбивочных работ	18
1.4. Расчет разбивочных элементов для перенесения проектной линии в натуру	21
1.4.1. Вычисление исходных данных	22
1.4.2. Составление разбивочного чертежа	23
1.5. Основные элементы плановых разбивочных работ	33
1.5.1. Построение линий заданной длины	34
1.5.2. Построение горизонтального угла проектной величины	35
1.6. Вынос в натуру планового положения точек сооружения	36
1.6.1. Способ прямоугольных координат	37
1.6.2. Способ прямой угловой засечки	38
1.6.3. Способ полярных координат	39
1.6.4. Способ линейной засечки	40
1.7. Основные элементы высотных разбивочных работ	41
1.7.1. Вынос точек с проектными отметками	41
1.7.2. Вынос на местность линий с проектными уклонами	44
1.7.3. Вынос в натуру плоскостей с заданными уклонами	47
1.8. Детальные разбивочные работы по выносу осей и отметок	48
1.8.1. Разбивка и закрепление осей сооружения на обноске	48
1.8.2. Разбивочные работы на исходном монтажном горизонте	49
1.8.3. Передача осей на монтажные горизонты	53
1.8.4. Передача отметок на монтажные горизонты	57
2. Состав и особенности конструкций морских и водотранспортных сооружений с точки зрения выполнения геодезических работ	58

3.	Геодезические работы при строительстве сооружений	67
3.1.	Оградительные сооружения портов	67
3.2.	Причальные сооружения	69
3.3.	Берегоукрепительные сооружения	74
3.4.	Судоподъемные сооружения и доки	75
3.5.	Дноуглубительные работы	79
3.6.	Сооружения континентального шельфа	87
4.	Геодезические исполнительные съемки	90
4.1.	Система исполнительных съемок в строительстве	90
4.2.	Типовые геодезические исполнительные схемы	91
5.	Геодезические наблюдения за деформациями сооружений в процессе их эксплуатации	100
5.1.	Общие принципы и методы проведения геодезических наблюдений	100
5.2.	Геодезические наблюдения за морскими сооружениями . . .	106
5.3.	Геодезические наблюдения за воднотранспортными сооружениями	113
5.4.	Наблюдения за креном сооружений	128
5.4.1.	Определение крена сооружений башенного типа . . .	131
5.4.2.	Решение некоторых инженерных задач, связанных с определением крена	133
6.	Оценка точности геодезических измерений	135
	Библиографический список	141

ВВЕДЕНИЕ

Знания современного инженера-строителя должны быть достаточно обширны и универсальны, что в первую очередь относится к инженерно-геодезической подготовке, поскольку инженерно-геодезические работы во многом определяют как стоимость и качество строительства, так и условия последующей эксплуатации объектов.

Инженерная геодезия является частью общей геодезической науки. Она призвана обеспечивать многообразие потребностей строительного производства, начиная с инженерно-строительных изысканий и включая контроль за состоянием уже построенных, находящихся в эксплуатации, зданий и сооружений.

Инженерная геодезия изучает методы геодезического обеспечения при разработке проектов, строительстве и эксплуатации разнообразных сооружений, а так же при изучении, освоении и охране природных ресурсов.

Несмотря на многообразие инженерных сооружений при их проектировании и возведении решаются следующие общие задачи: получение геодезических данных при разработке проектов строительства сооружений (инженерно-геодезические изыскания); определение на местности основных осей и границ сооружений в соответствии с проектом строительства (разбивочные работы); обеспечение в процессе строительства геометрической формы и размеров возведенного сооружения в соответствии с проектом, определение отклонений геометрической формы и размеров возведенного сооружения от проектных (исполнительные съемки); изучение деформаций сооружения или его частей под воздействием природных факторов и в результате деятельности человека.

Для решения каждой из указанных задач применительно к разным видам сооружений существуют свои методы и требования к точности их выполнения.

Данное пособие посвящено изучению геодезического обеспечения строительства и эксплуатации водохозяйственных и гидротехнических сооружений и раскрывает состав и особенности конструкций этих объектов с точки зрения выполнения геодезических работ.

При изложении материалов пособия учитывалось, что читатели уже обладают знаниями о наиболее распространенных видах конструкций гидротехнических сооружений, а также о геодезических приборах, методах работы с ними и об обработке результатов геодезических измерений.

Пособие направлено на углубленное изучение таких разделов дисциплины «Инженерная геодезия», как «разбивочные работы», «исполнительные съемки» и «геодезические наблюдения за деформациями сооружений», и ориентировано на их прикладное использование при строительстве и эксплуатации сооружений конкретного вида.

Пособие предназначено для слушателей, обучающихся по программе дополнительного профессионального образования «Управление качеством в строительстве».

1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ

1.1. 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 минимальными затратами. 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.

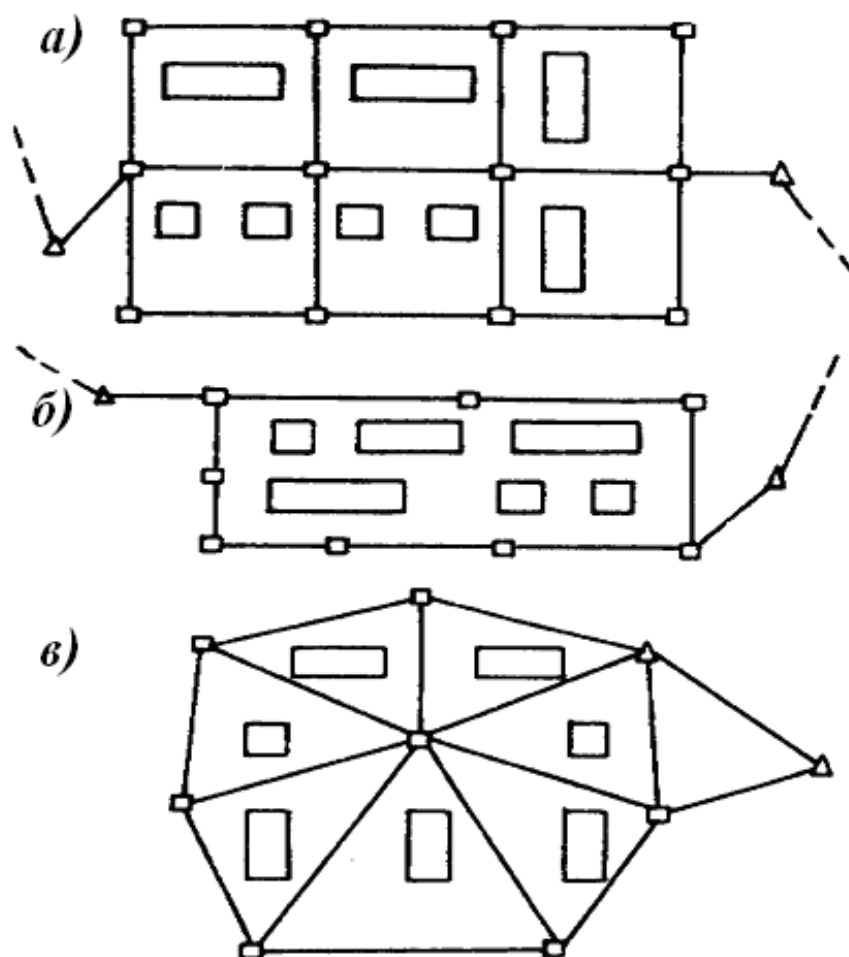


Рис. 1.1. Схема разбивочной сети строительной площадки

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.

Таблица 1.1

Требования к точности построения разбивочной сети

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

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).

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.

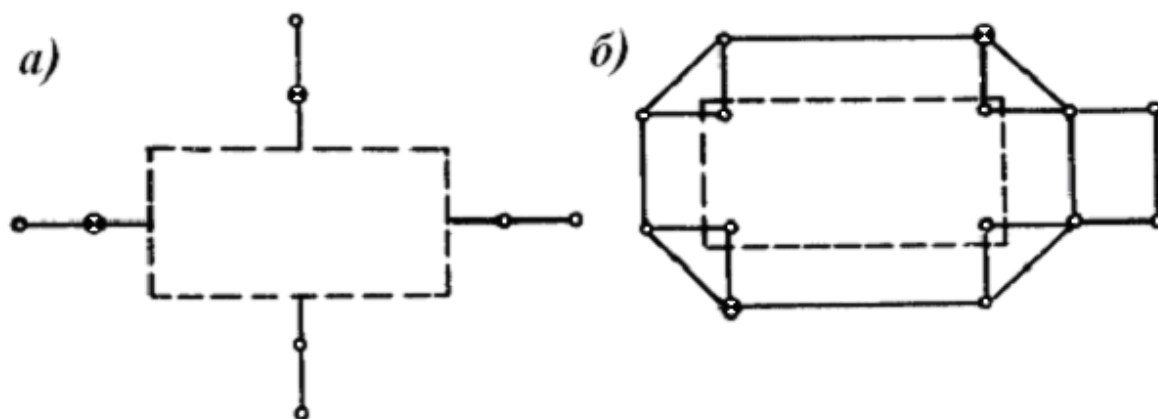


Рис. 1.2. Схема внешней разбивочной сети зданий:
 ○ — плановый пункт (осевой знак);
 ● — репер, совмещенный с плановым пунктом

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).

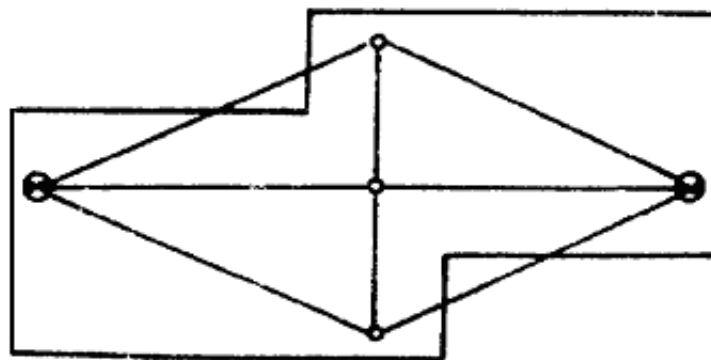


Рис. 1.3. Схема внутренней разбивочной сети здания

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.

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

Таблица 1.2

Точность построения внешней и внутренней разбивочных сетей

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 от 100 до 120 м или с пролетами от 30 до 36 м	5	$\frac{1}{15000}$	1
Здания свыше 15 этажей, сооружения высотой от 60 до 100 м с пролетами от 18 до 30 м	10	$\frac{1}{10000}$	2
Здания свыше 5 до 15 этажей, сооружения высотой от 15 до 60 м или с пролетами от 6 до 18 м	20	$\frac{1}{5000}$	2,5
Здания до 5 этажей, сооружения высотой до 15 м или с пролетами до 6 м	30	$\frac{1}{3000}$	3
Конструкции из дерева; инженерные сети, дороги, подъездные пути	30	$\frac{1}{2000}$	5
Земляные сооружения, в том числе с вертикальной планировкой	45	$\frac{1}{1000}$	10

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

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

Строительная сетка на местности создается в виде системы квадратов или прямоугольников, ориентированных параллельно осям

сооружений (рис. 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 сетки 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) записывают в виде $1A + 57,01; 3B + 45,96$.

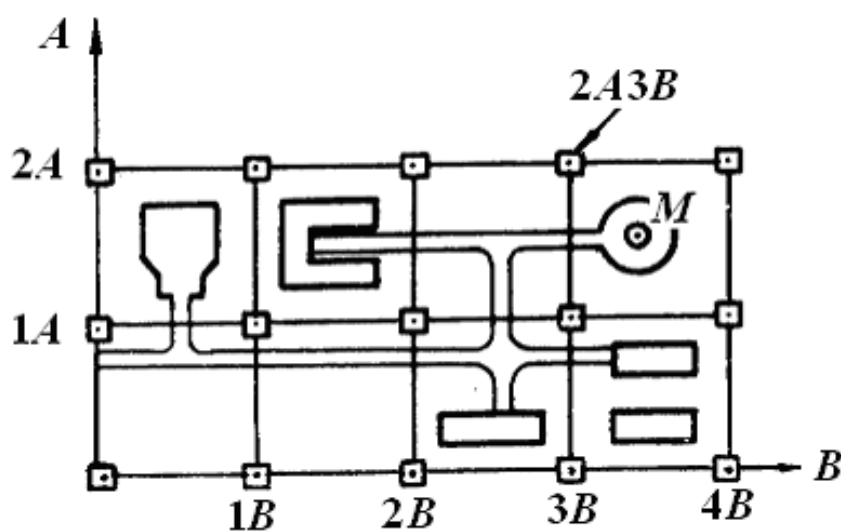


Рис. 1.4. Строительная сетка

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 который 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 перекальчивают 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

$$A = (x - x_0) \cos \theta + (y - y_0) \sin \theta; \quad (1.1)$$

$$B = -(x - x_0) \sin \theta + (y - y_0) \cos \theta; \quad (1.2)$$

$$x = x_0 + A \cos \theta - B \sin \theta; \quad (1.3)$$

$$y = y_0 + A \sin \theta + B \cos \theta, \quad (1.4)$$

где x_0, y_0 — плоские прямоугольные координаты Гаусса начала условной системы координат (снимают со стройгенплана графически); θ — дирекционный угол направления оси A в системе координат x, y (вычисляют по прямоугольным координатам двух пунктов строительной сетки).

Предварительную разбивку начинают с выноса в натуру трех точек оси (стороны) строительной сетки, например O, M и N (рис. 1.5). Необходимые разбивочные угловые и линейные размеры вычисляют по координатам ближайших геодезических пунктов и пунктов сетки. Три точки оси (см. рис. 1.5) вынесены методом прямой засечки по отложенным горизонтальным углам α_i и β_i . Створность

точек O , M и N проверяют теодолитом и при обнаружении нестворности их перемещают. Затем от точки O , принятой за начальную, путем линейных построений разбивают все другие точки стороны ON .

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

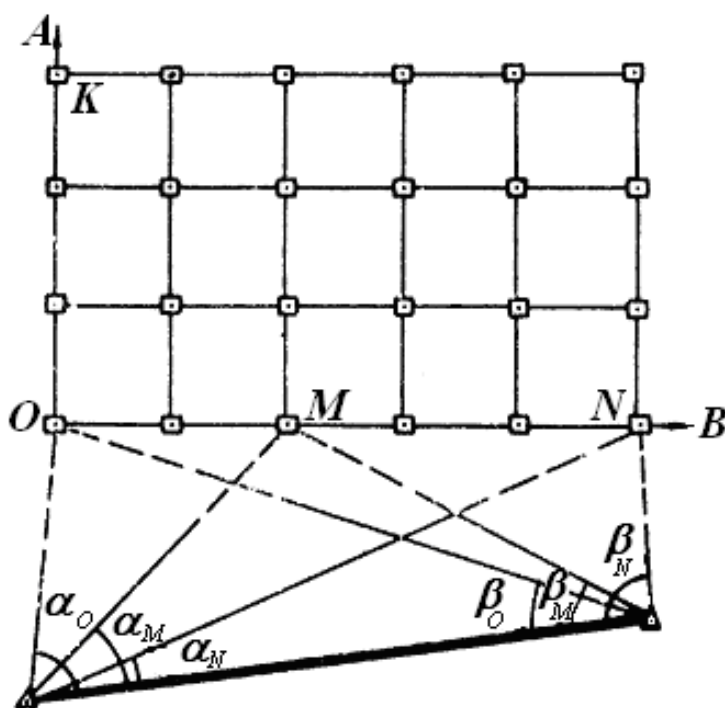


Рис. 1.5. Предварительная разбивка строительной сетки

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 20×20 см.

Действительные координаты предварительно разбитых пунктов строительной сетки определяют методом триангуляции,

трилатерации, 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 сетки получают в результате уравнивательных вычислений. Полученные координаты пунктов сравнивают с их проектными значениями, и если они не совпадают, то выполняют редуцирование центров пунктов сетки. На плите постоянного знака центр пункта перемещают по величинам разностей координат ΔA и ΔB в проектное положение и закрепляют путем кернения.

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

1.2. 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 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. 1.б.

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 строительно-монтажных работ. Установочными осями являются оси симметрии монтируемых конструктивных элементов и оборудования.

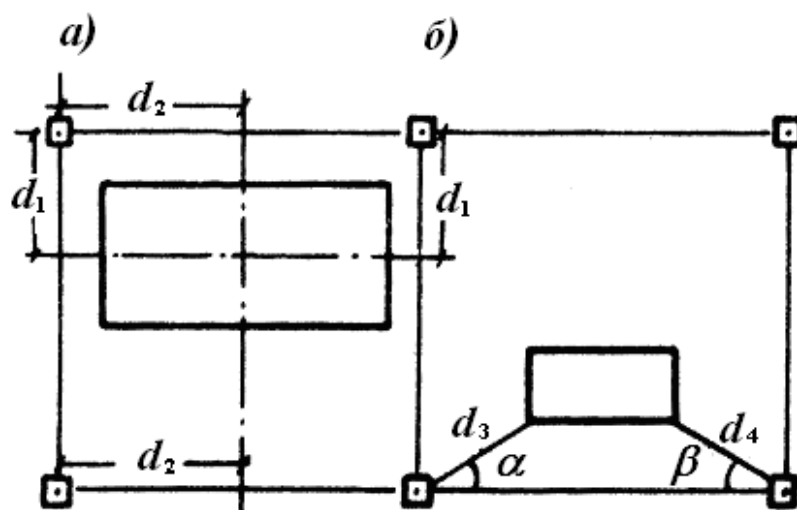


Рис. 1.6. Разбивка осей сооружения

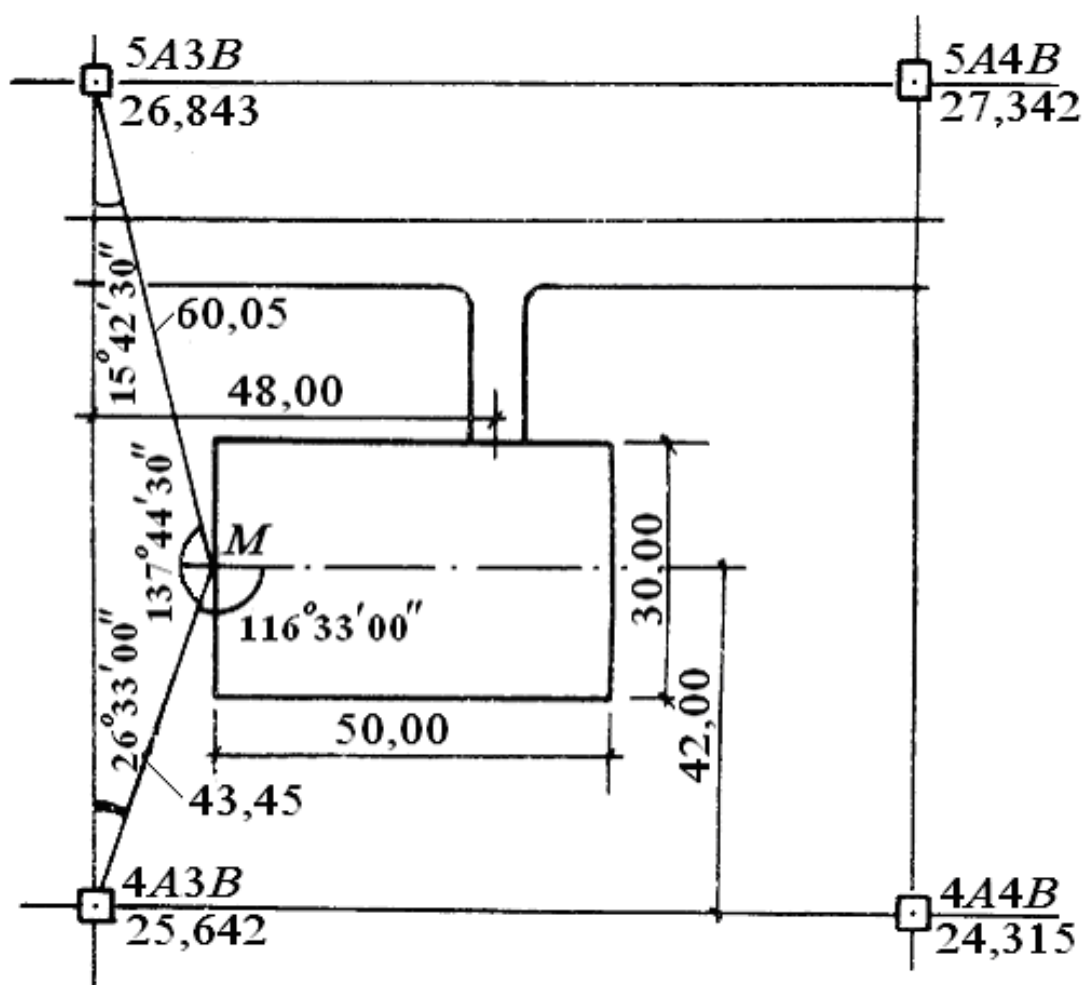


Рис. 1.7. Разбивочный чертеж

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 разбивочные размеры и составляют разбивочные чертежи — схемы выполнения разбивочных работ (рис. 1.7).

1.3. 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.

При графическом способе все сооружения размещают на генплане при помощи чертежных принадлежностей. В этом случае для получения разбивочных размеров координаты выносимых точек сооружений также снимают графически от пунктов строительной сетки на стройгенплане и по ним затем вычисляют углы и расстояния. Реже непосредственно измеряют длины линий с помощью циркуля-

измерителя и масштабной линейки, а углы — с помощью транспортира. Погрешность Δ перенесения проекта в натуру при графическом способе зависит от масштаба плана и точности измерений, обычно принимаемой 0,2 мм, т. е. $\Delta = 0,2M$ мм, где M — знаменатель численного масштаба плана.

Из-за 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.

При 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, поэтому 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. 1.7), координаты A_M , B_M которой заданы или сняты графически от ближайшего пункта $4A3B$, необходимо вычислить расстояние от этого пункта до точки M и значение горизонтального угла между линией строительной сетки и направлением на точку M . В рассматриваемом случае величина этого угла равна значению дирекционного угла направления на точку M . По формулам обратной геодезической задачи находим

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\Delta B}{\Delta A} = \frac{B_M - 300}{A_M - 400}; \quad (1.5)$$

$$d = \frac{\Delta A}{\cos\beta} = \frac{\Delta B}{\sin\beta} = \sqrt{\Delta A^2 + \Delta B^2}, \quad (1.6)$$

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 (β , d). Например, если заданы координаты x_1, y_1 угла первого сооружения и дирекционный угол α_{1-2} линии 1–2 застройки (рис. 1.8), для выноса сооружений способом проектного полигона вначале вычисляют координаты точки 2 по формулам прямой геодезической задачи:

$$x_2 = x_1 + d_{1-2} \cos \alpha_{1-2}, \quad (1.7)$$

$$y_2 = y_1 + d_{1-2} \sin \alpha_{1-2}, \quad (1.8)$$

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

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}, \quad d = \frac{\Delta x}{\cos \alpha} = \frac{\Delta y}{\sin \alpha} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}. \quad (1.9)$$

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

$$\beta_1 = \alpha_{AB} - \alpha_{A1}. \quad (1.10)$$

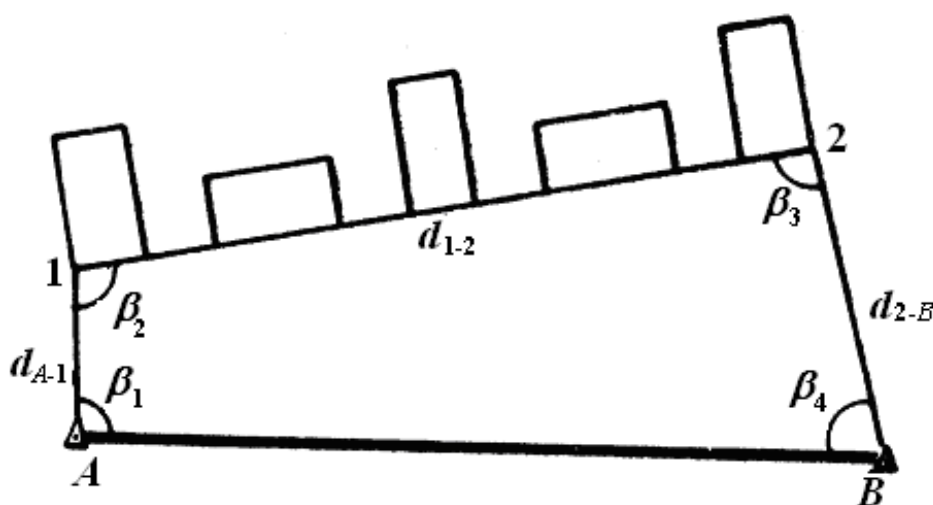


Рис. 1.8. Способ проектного полигона

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

$$h = H_{\text{пр}} - H_{\text{рп}}. \quad (1.11)$$

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).

1.4. РАСЧЕТ РАЗБИВОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ПЕРЕНЕСЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ЛИНИИ В НАТУРУ

По сути, разбивочные работы являются процессом, обратным топографической съемке. При топографической съемке характерные точки ситуации и рельефа переносятся с местности на план; в процессе разбивки, наоборот, запроектированное на топографическом плане сооружение должно быть перенесено на местность.

Разбивку, как очень ответственную работу в строительстве, выполняют в два этапа: сначала определяют положение главных осей, являющихся осями симметрии здания или сооружения, или основных осей, образующих контур здания или сооружения; затем от этих осей осуществляют детальную разбивку дополнительных и вспомогательных осей, конструктивных элементов и др.

Оси зданий и сооружений разбивают на местности от главной разбивочной основы, которой могут быть: существующие местные объекты, пункты плановой геодезической сети или пункты специальной сети (строительная сетка, линии регулирования застройки).

1.4.1. Вычисление исходных данных

Для перенесения точек A и B здания на местность способом полярных координат (рис. 1.9) необходимо найти углы β_1 и β_2 и расстояния d_1 и d_2 . Координаты точек A и B определяют графически, а координаты точки M и дирекционный угол стороны MN берут из ведомости вычисления координат теодолитного хода.

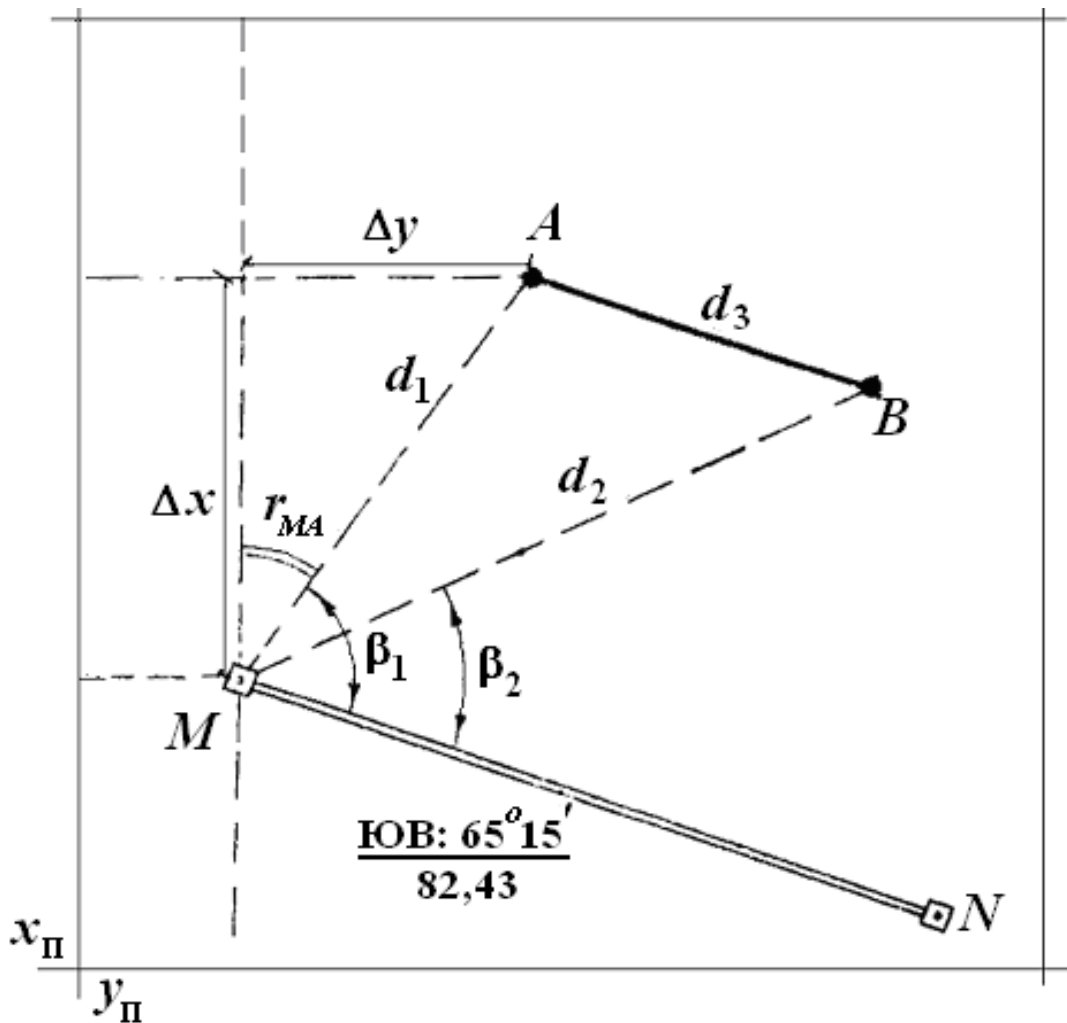


Рис. 1.9. Разбивочный чертеж по перенесению характерных точек здания на местность способом полярных координат

Нахождение расстояния и направления линии по координатам ее начала и конца в геодезии называют решением обратной геодезической задачи.

Вычисление β_1 и d_1 для перенесения точки A на местность способом полярных координат производят в определенной последовательности. Находят разности координат точек начала и конца линии MA :

$$\Delta x = x_A - x_M; \Delta y = y_A - y_M. \quad (1.12)$$

Вычисляют значение румба линии MA по формуле

$$\text{tgr}_{MA} = \frac{|y_A - y_M|}{|x_A - x_M|} = \frac{\Delta y}{\Delta x}. \quad (1.13)$$

Определяют по знакам приращений наименование румба и переходят от него к дирекционному углу линии MA .

Находят величину горизонтального угла

$$\beta_1 = \alpha_{MN} - \alpha_{MA}. \quad (1.14)$$

Вычисляют расстояние d_1 по формулам

$$d_1 = \frac{\Delta x}{\cos r_{MA}}; \quad (1.15)$$

$$d_1 = \frac{\Delta y}{\sin r_{MA}}. \quad (1.16)$$

Аналогичным образом можно найти связь точки B с точкой M основы.

1.4.2. Составление разбивочного чертежа

После вычисления исходных данных, определяющих положение здания или сооружения на местности, составляют чертеж в масштабе 1:500, 1:1000 или 1:2000. Основой этого чертежа является топографический план участка местности, где строится объект. На этом чертеже показывают пункты разбивочной основы, запроектированное здание или сооружение, значения длин линий и углов, необходимых для определения на местности точек, принадлежащих главным или основным осям.

Пример 1. Выполнить расчет разбивочных элементов для перенесения в натуру проектной точки A (см. рис. 1.9) при следующих исходных данных:

координаты точки M разбивочной основы: $x_M = 5031,25$ м;
 $y_M = 4814,37$ м;

координаты точки A : $x_A = 5072,50$ м; $y_A = 4843,70$ м;

дирекционный угол линии MN разбивочной основы $\alpha_{MN} = 114^\circ 45'$.

Вычисления производятся в следующей последовательности.

1. Находят разности координат точек начала и конца линии MA :

$$\Delta x = x_A - x_M = 5072,50 - 5031,25 = 41,25 \text{ м};$$

$$\Delta y = y_A - y_M = 4843,70 - 4814,37 = 29,33 \text{ м}.$$

2. Вычисляют величину румба линии MA :

$$\text{tgr}_{MA} = \frac{|\Delta y|}{|\Delta x|} = \frac{29,33}{41,25} = 0,71103.$$

Отсюда находят румб $r_{MA} = \text{СВ}: 35^\circ 25'$ и соответствующий ему дирекционный угол $\alpha_{MA} = 35^\circ 25'$.

3. Находят величину горизонтального угла:

$$\beta_1 = \alpha_{MN} - \alpha_{MA} = 114^\circ 45' - 35^\circ 25' = 79^\circ 20'.$$

4. Вычисляют расстояние d_1 по формулам (1.15) и (1.16):

$$d_1 = \frac{\Delta x}{\cos r_{MA}} = \frac{41,25}{\cos 35^\circ 25'} = \frac{41,25}{0,81496} = 50,62 \text{ м};$$

$$d_1 = \frac{\Delta y}{\sin r_{MA}} = \frac{29,33}{\sin 35^\circ 25'} = \frac{29,33}{0,57952} = 50,61 \text{ м},$$

откуда $d_1^{\text{ср}} = 50,62$ м.

Пример 2. Разбивку углов поворота трассы канала (Уг1, Уг2 и др.), место его примыкания к основному каналу, в точке ПК0, выполняют полярным способом от пунктов 1 и 2 планово-высотного обоснования топографической съемки (рис. 1.10).

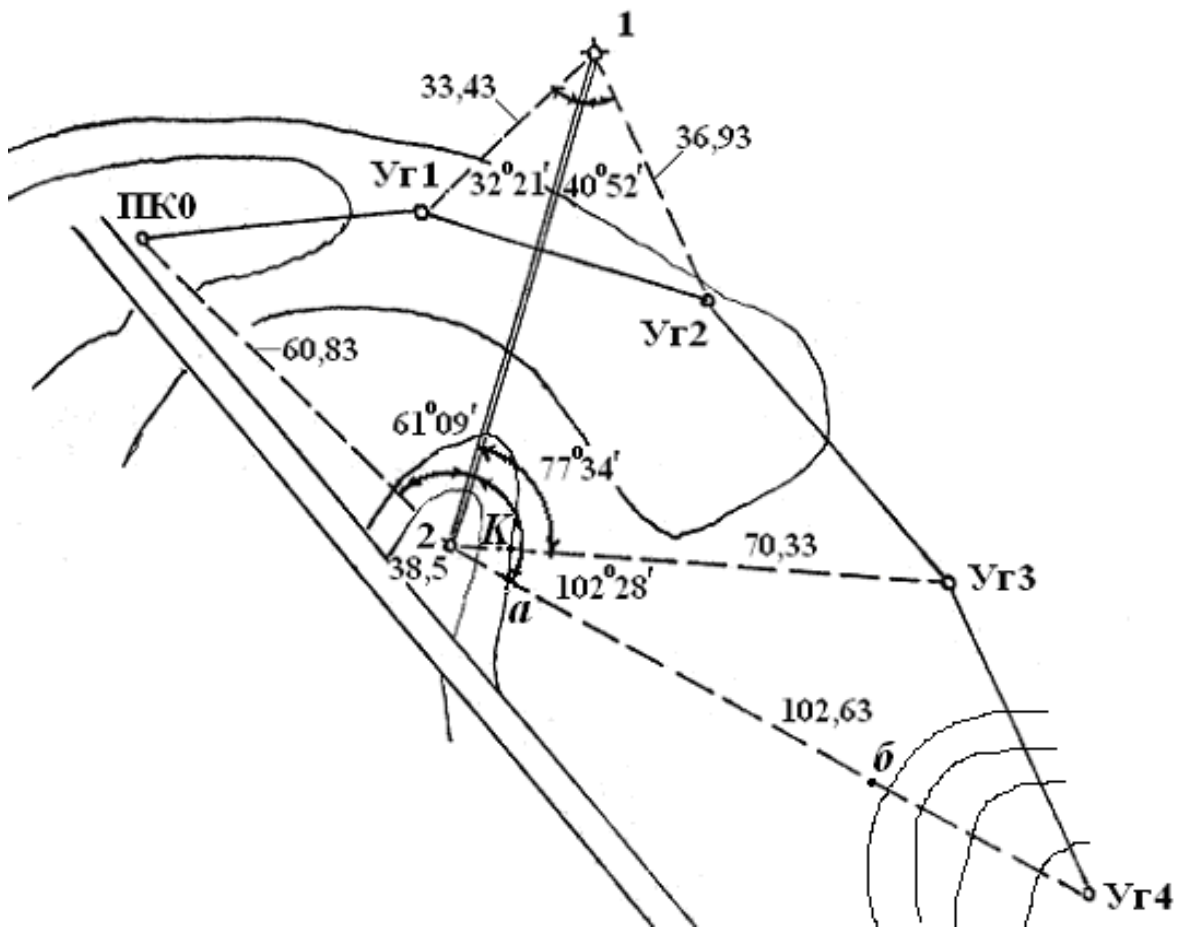


Рис. 1.10. Разбивочный чертеж по выносу на местность участка канала

Координаты точек плано-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. 1.3.

Результаты вычислений приведены в табл. 1.4, 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. 1.10) равен

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

Таблица 1.3

Результаты измерений координат вершин поворота канала

Точка	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

Знаки приращений координат определяют название румбов. 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, вычисляют из разности дирекционных углов этих линий. Если величина дирекционного угла для правой линии окажется меньше, чем для левой, то к ней добавляют 360° :

$$\beta = \alpha_{y_{2-1}} - \alpha_{y_{2-ПК0}}.$$

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

$$d_{2-ПК0} = \frac{y_{ПК0} - y_2}{\sin r_{2-ПК0}} = \frac{x_{ПК0} - x_2}{\cos r_{2-ПК0}}.$$

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

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

Таблица 1.4

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

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

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. 1.5.

Таблица 1.5

Пример вычисления длин линии

Наименование линии	d , м	Δh , м	Δd , 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	48,80

Пример 3. Чтобы подготовить разбивочные данные для перенесения точек главной оси сооружения в натуру, следует применить смешанный способ при условии, что координаты точки A задаются, а координаты точки B берут графически с плана (рис. 1.11).

Задание выполняется в следующем порядке.

1. Вычертить сетку координат — два квадрата 10×10 см (см. рис. 1.11).

2. Заготовить таблицу (табл. 1.6) и выписать из табл. 1.7 исходные данные для своего варианта (координаты соответствующих точек).

3. Произвести оцифровку сетки координат применительно к $M 1:2000$ исходя из данных координат точки 1 (см. рис. 1.11, юго-западный угол координатной сетки).

4. Нанести по координатам точки разбивочного обоснования (см. рис. 1.11, точки 20, 21, 4, 5) и точку A .

5. Провести произвольно линию AB длиной $d_{AB} = 352$ м так, чтобы точка B располагалась в пределах квадрата координатной сетки.

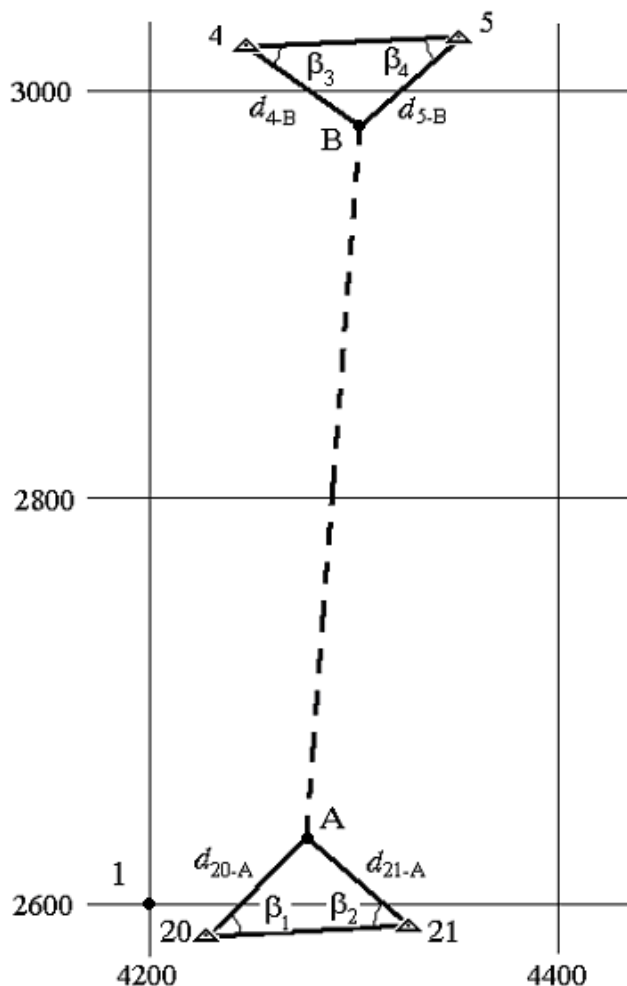


Рис. 1.11. Разбивочный чертеж по вынесению оси плотины на местность

6. Графически определить координаты точки B , занести их в табл. 1.6.

7. Произвести расчет разбивочных элементов ($\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, d_{20-A}, d_{21-A}, d_{4-B}, d_{5-B}$). Вычисление угла β_4 привести в пояснительной записке, сопроводив расчет схемами (рис. 1.12, 1.13), все остальные расчеты представить в табличной форме (табл. 1.8).

Таблица 1.6

Исходные данные

Координата	Точка 1	Точка 20	Точка 21	Точка 4	Точка 5	Точка A	Точка B
x	2600,00	<u>2590,40</u>	2594,40	3016,60	3012,10	<u>2630,40</u>	
y	4200,00	<u>4257,50</u>	4358,30	4256,10	4367,80	<u>4308,80</u>	

Таблица 1.7

Варианты исходных данных

Номер точки	Координаты точки	Номер варианта												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	x	2600,00	2400,00	2200,00	2000,00	1800,00	1600,00	1400,00	1200,00	1000,00	800,00	600,00	400,00	200,00
	y	4200,00	4000,00	3800,00	3600,00	3400,00	3200,00	3000,00	2800,00	2600,00	2400,00	2200,00	2000,00	1800,00
20	x	2590,40	2390,40	2190,40	1990,40	1790,40	1590,40	1390,40	1190,40	990,40	790,40	590,40	390,40	190,40
	y	4257,50	4057,50	3857,50	3567,50	3457,50	3257,50	3057,50	2857,50	2657,50	2457,50	2257,50	2057,50	1857,50
21	x	2594,40	2394,40	2194,40	1994,40	1794,40	1594,40	1394,40	1194,40	994,40	794,40	594,40	394,40	194,40
	y	4358,30	4158,30	3958,30	3758,30	3558,30	3358,30	3158,30	2958,30	2758,30	2558,30	2358,30	2158,30	1958,30
4	x	3016,60	2816,60	2616,60	2416,60	2216,60	2016,60	1816,60	1616,60	1416,60	1216,60	1016,60	816,60	616,60
	y	4256,10	4056,10	3856,10	3656,10	3456,10	3256,10	3056,10	2856,10	2656,10	2456,10	2256,10	2056,10	1856,10
5	x	3012,10	2812,10	2612,10	2412,10	2212,10	2012,10	1812,10	1612,10	1412,10	1212,10	1012,10	812,10	612,10
	y	4367,80	4167,80	3967,80	3767,80	3567,80	3367,80	3167,80	2967,80	2767,80	2567,80	2367,80	2167,80	1967,80
A	x	2630,40	2430,40	2230,40	2030,40	1830,40	1630,40	1430,40	1230,40	1030,40	830,40	630,40	430,40	230,40
	y	4308,80	4108,80	3908,80	3708,80	3508,80	3308,80	3108,80	2908,80	2708,80	2508,80	2308,80	2108,80	1908,80

Таблица 1.8

Расчет разбивочных элементов

Номер точки	$y_i, \text{ м}$	$\Delta y = y_k - y_H, \text{ м}$	$x_i, \text{ м}$	$\Delta x = x_k - x_H, \text{ м}$	tgr_i	r_i	$d_i, \text{ м}$	β_i
20	4257,50	$\Delta y_{20-21} = y_{21} - y_{20} =$ $=4358,30 - 4257,50 =$ $=+100,80$	2590,40	$\Delta x_{20-21} = x_{21} - x_{20} =$ $=2594,40 - 2590,40 =$ $=+4,00$	$\text{tgr}_{20-21} =$ $=100,80/4,00 =$ $=25,200$	$r_{20-21} = \text{CB} :$ $87^\circ 43' 39''$	$d_{20-21} =$ $=100,88$	$\beta_1 =$ $=35^\circ 40' 16''$
21	4358,30		2594,40					
20	4257,50	$\Delta y_{20-A} = +51,30$	2590,40	$\Delta x_{20-A} = +40,00$	1,283	$r_{20-A} = \text{CB} :$ $52^\circ 03' 23''$	65,05	
A	4308,80		2630,40					
21	4358,30	$\Delta y_{21-A} = -49,50$	2594,40	$\Delta x_{21-A} = +36,00$	1,375	$r_{21-A} = \text{C3} :$ $53^\circ 58' 23''$	49,52	$\beta_2 =$ $=38^\circ 17' 58''$
A	4308,80		2590,40					
4	4256,10	$\Delta y_{4-5} = +111,70$	3016,60	$\Delta x_{4-5} = -4,50$	24,822		111,79	$\beta_3 = \dots$
5	4367,80		3012,10					
4	4256,10	$\Delta y_{4-B} = \dots$	3016,60	$\Delta x_{4-B} = \dots$				
B					
5	4367,80	$\Delta y_{5-B} = \dots$	3012,10	$\Delta x_{5-B} = \dots$				$\beta_4 = \dots$
B					

Подготовка геодезических данных для перенесения в натуру линии AB сводится к вычислению углов $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ и проложений линий $d_{20-A}, d_{21-A}, d_{4-B}, d_{5-B}$. Определение указанных разбивочных элементов производится решением обратных геодезических задач.

Пусть, например, известны координаты точек A и 20 (см. табл. 1.6 и рис. 1.12).

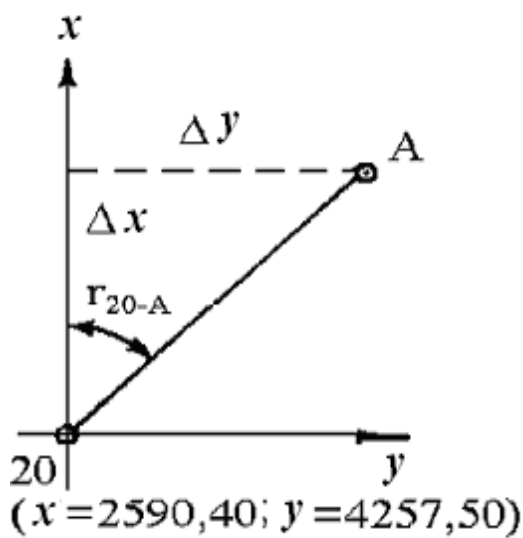


Рис. 1.12. Схема вычисления румба

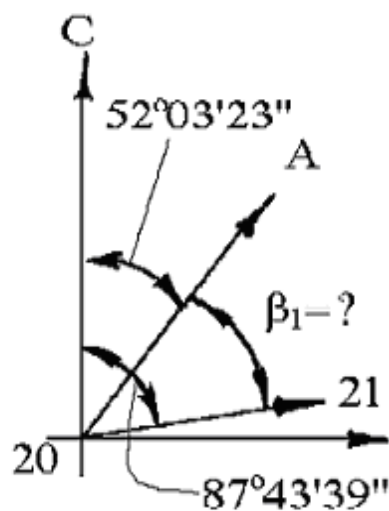


Рис. 1.13. Схема вычисления горизонтального угла

Тогда тангенс румба линии $20-A$

$$\operatorname{tgr}_{20-A} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_K - y_H}{x_K - x_H},$$

где y_K, x_K – координаты конечной точки линии (в данном случае координаты точки A); y_H, x_H – координаты начальной точки линии (точки 20).

Подставляя исходные данные, получают

$$\operatorname{tgr}_{20-A} = \frac{y_K - y_H}{x_K - x_H} = \frac{y_A - y_{20}}{x_A - x_{20}} = \frac{4308,80 - 4257,50}{2630,40 - 2590,40} = \frac{+51,30}{+40,00} = 1,2825.$$

По знакам приращений координат Δx и Δy («плюс» в числителе и знаменателе) определяют наименование румба линии $20 - A$: северо-

восток. По таблицам находят значение румба $52^{\circ}03'23''$, следовательно, $r_{20-A} = \text{СВ } 52^{\circ}03'23''$.

Для определения угла β_1 необходимо знать также румб линии 20 – 21. Пусть в результате аналогичных вычислений получен $r_{20-21} = \text{СВ: } 87^{\circ}43'39''$, тогда $\beta_1 = 87^{\circ}43'39'' - 52^{\circ}03'23'' = 35^{\circ}40'16''$ (см. рис. 1.13).

Горизонтальное проложение линии 20 – А вычисляют по формулам

$$d = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}; \quad d = \frac{\Delta x}{\cos r}; \quad d = \frac{\Delta y}{\sin r}.$$

В данном случае $d_{20-A} = \sqrt{(40,00)^2 + (51,30)^2} = 65,05 \text{ м.}$

$$\text{Проверка: } d_{20-A} = \frac{\Delta x}{\cos r} = \frac{40,00}{\cos 52^{\circ}03'23''} = \frac{40,00}{0,6149} = 65,05 \text{ м.}$$

Результаты вычислений представляются в табличном виде (см. табл. 1.8).

Контролем угловых вычислений является равенство 180° суммы внутренних углов треугольников 20 – А – 21 и 4 – В – 5 (см. рис. 1.11), причем значения углов могут быть определены по значениям румбов соответствующих сторон. Так, например, для первого треугольника внутренний угол

$$A = r_{20-A} + r_{21-A} = 52^{\circ}03'23'' + 53^{\circ}58'23'' = 106^{\circ}01'46''.$$

Тогда сумма внутренних углов треугольника

$$\beta_1 + A + \beta_2 = 35^{\circ}40'16'' + 106^{\circ}01'46'' + 38^{\circ}17'58'' = 180^{\circ}00'00''.$$

1.5. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПЛАНОВЫХ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

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

1.5.1. Построение линий заданной длины

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

Приближенное значение длины линии s откладывают мерной лентой или рулеткой, конец линии фиксируют (точка B' на рис. 1.14).

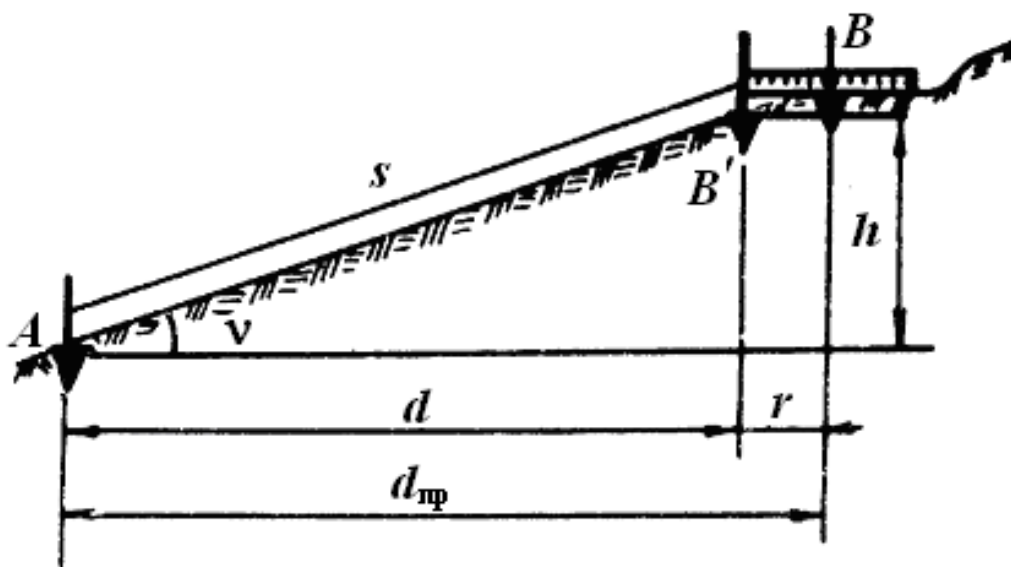


Рис. 1.14. Схема построения линии заданной длины

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

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

$$d = s \cos \nu, \text{ или } d = s - \frac{h^2}{2s}. \quad (1.17)$$

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

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

$$r = d_{\text{пр}} - d \quad (1.18)$$

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

1.5.2. 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. 1.15), наводят зрительную трубу на визирную марку, расположенную над точкой (пунктом) A , и снимают отсчет N_A по горизонтальному кругу, затем вычисляют отсчет N_B , соответствующий проектному углу β :

$$N_B = N_A \pm \beta \quad (1.19)$$

(знак «минус» 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 β в пределах точности теодолита.

Для построения угла с повышенной точностью используют способ приближений. Вначале в точке O (рис. 1.16) строят угол AOB' описанным выше способом, затем измеряют его с заданной точностью (необходимое количество приемов). Далее вычисляют разность между измеренным углом β_1 и его проектным значением β

$$\Delta\beta = \beta - \beta_1 \quad (1.20)$$

и находят отрезок

$$BB' = s \frac{\Delta\beta''}{\rho''}, \quad (1.21)$$

где $\Delta\beta''$, ρ'' — угол и радиан, выраженные в угловых секундах.

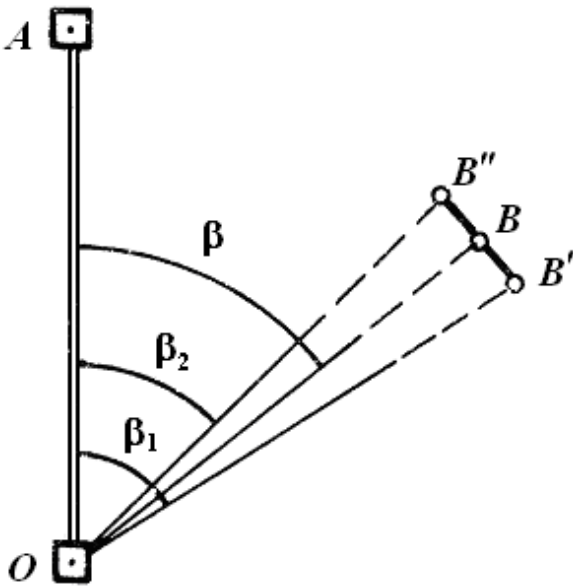


Рис. 1.15. Построение угла с точностью прибора

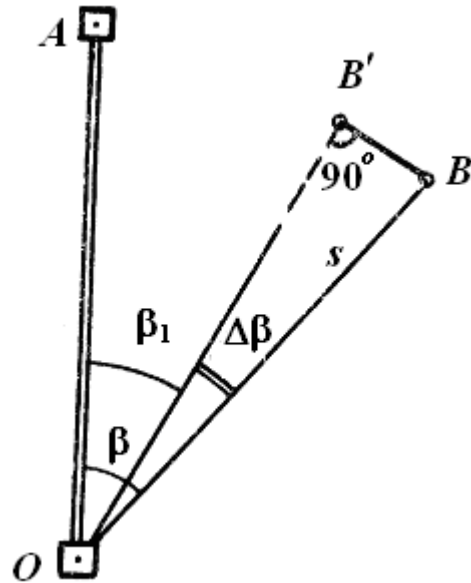


Рис. 1.16. Построение угла с повышенной точностью

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' .

1.6. 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.

1.6.1. 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. 1.20). Координаты точек C и D в системе строительной сетки соответственно

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

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

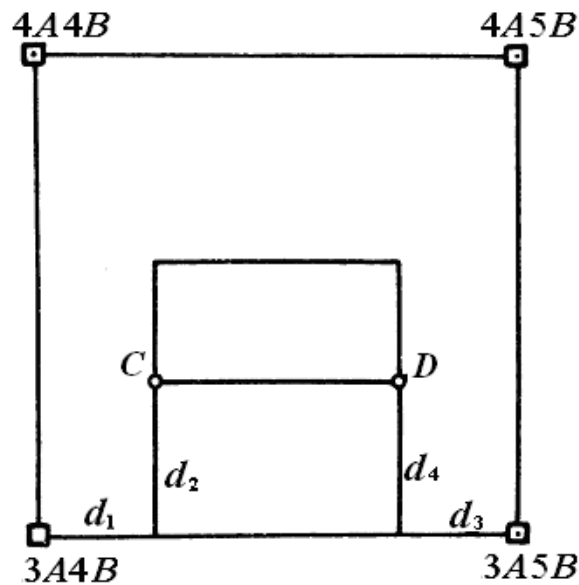


Рис. 1.20. Вынос точек способом перпендикуляров

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

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

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

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

$$m = \sqrt{m_{d_1}^2 + m_{d_2}^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho''}\right)^2 d_2^2}, \quad (1.25)$$

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

1.6.2. Способ прямой угловой засечки

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

Пример выноса точки P в натуру способом прямой угловой засечки показан на рис. 1.21. От стороны разбивочной сети строительной площадки на пункте A откладывают угол β_1 и направление визирной оси фиксируют на местности точками a_1 и a_2 . На пункте B откладывают от этой же стороны угол β_2 и фиксируют направление точками b_1 и b_2 .

Между точками a_1 и a_2 , b_1 и b_2 натягивают проволоки и в точке их пересечения находят положение выносимой точки P . Угол засечки ω должен быть от 30 до 150° . Углы β_1 и β_2 вычисляют с использованием формул обратной геодезической задачи:

$$\beta_1 = \alpha_{AB} - \alpha_{AP}; \quad \beta_2 = \alpha_{BP} - \alpha_{BA}; \quad (1.26)$$

$$\operatorname{tg}\alpha_{AB} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}; \operatorname{tg}\alpha_{AP} = \frac{y_P - y_A}{x_P - x_A}; \operatorname{tg}\alpha_{BP} = \frac{y_P - y_B}{x_P - x_B}. \quad (1.27)$$

1.6.3. 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. 1.22) устанавливают теодолит, от стороны разбивочной сети строят угол β и фиксируют направление на местности точкой a . Затем в полученном направлении откладывают расстояние d и закрепляют положение разбиваемой точки P . Значения горизонтального угла и расстояния находят из решения обратной геодезической задачи.

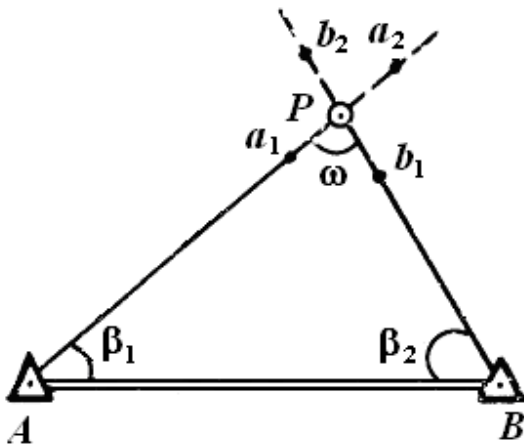


Рис. 1.21. Построение точки способом прямой угловой засечки

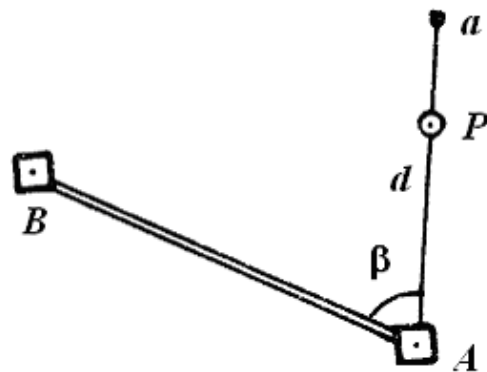


Рис. 1.22. Построение проектного направления способом полярных координат

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

$$m = \sqrt{\left(\frac{m_{\beta}''}{\rho''}\right)^2 d^2 + m_d^2}, \quad (1.28)$$

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

1.6.4. 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. 1.23).

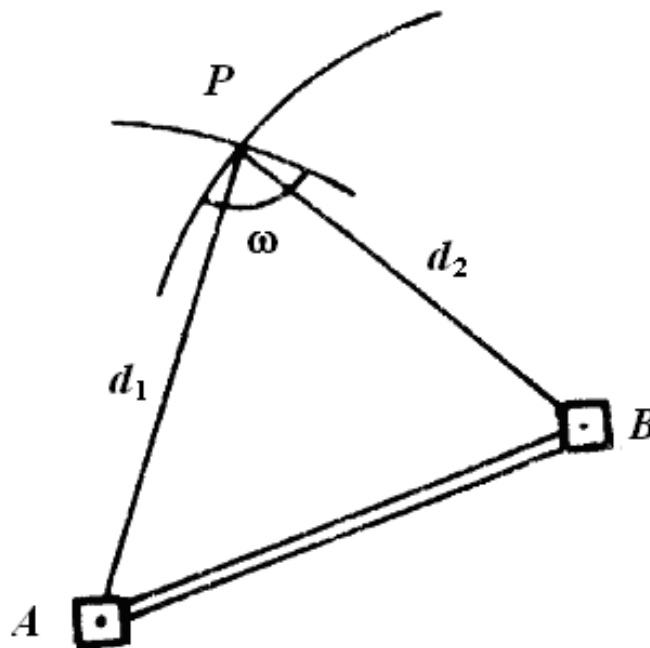


Рис. 1.23. Построение точки способом линейной засечки

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

$$m = \operatorname{cosec} \omega \sqrt{m_{d_1}^2 + m_{d_2}^2}, \quad (1.29)$$

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

1.7. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВЫСОТНЫХ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

1.7.1. 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. 1.25). 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 (визирования) $H_{ГВ} = H_A + a$. 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.

При монтаже конструктивных элементов и установке оборудования применяют способ редуцирования. В этом случае нивелированием из середины находят фактическое превышение точки B над репером $h_{\phi} = a - b$ 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.

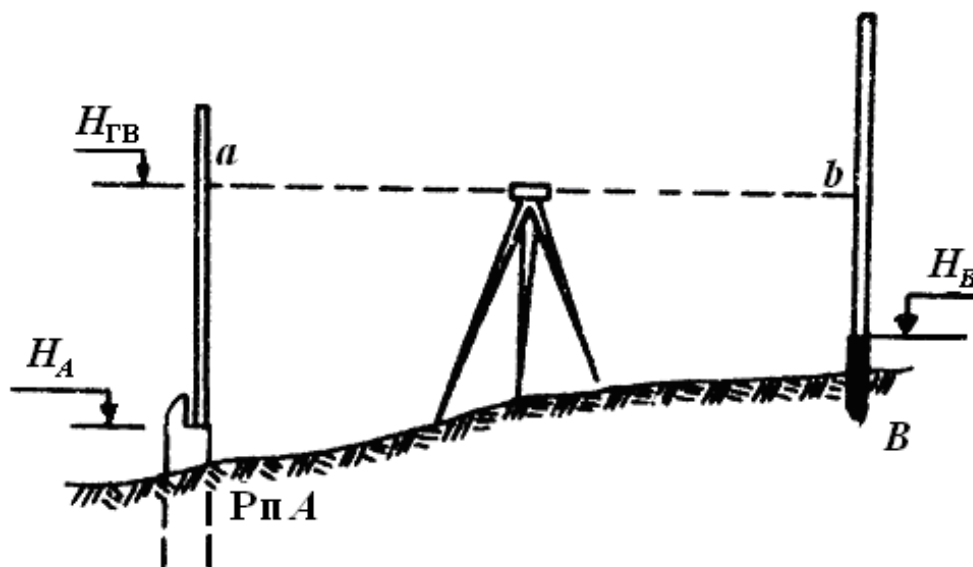


Рис. 1.25. Построение превышения методом геометрического нивелирования

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 подставляют в метрах. Оптимальная длина визирного луча составляет 25 м.

Точность способа выведения зависит от способа фиксации высоты разбиваемой точки: при забивании колышка до проектного уровня погрешность фиксации 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:

$$h = s \sin \alpha + I - v + f = d \operatorname{tg} \alpha + I - v + f, \quad (1.30)$$

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

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

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.

При косвенном способе на расстоянии 2 – 3 м от пункта A разбивочной сети (рис. 1.26), 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 M_0) и делают отсчет b по рейке, установленной на точке K . Тогда высоту I теодолита можно получить из выражения

$$I = b + h. \quad (1.31)$$

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

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

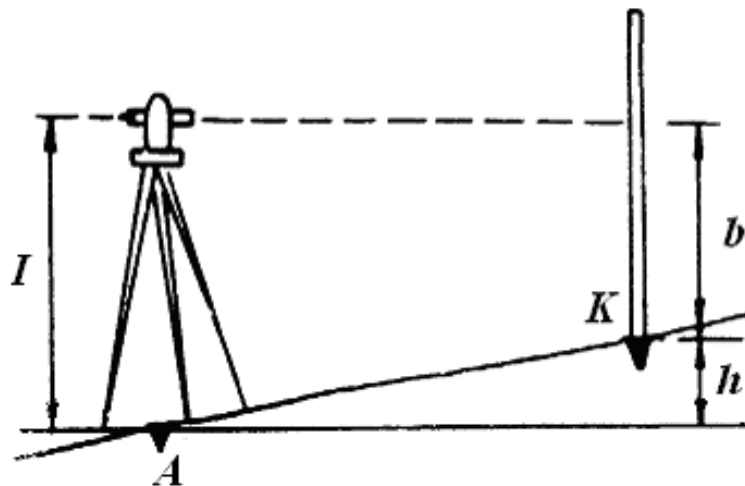


Рис. 1.26. Косвенный способ определения высоты теодолита

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.

1.7.2. 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. 1.27).

Отметку точки B вычисляют по формуле

$$H_B = H_A + iD. \quad (1.32)$$

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.

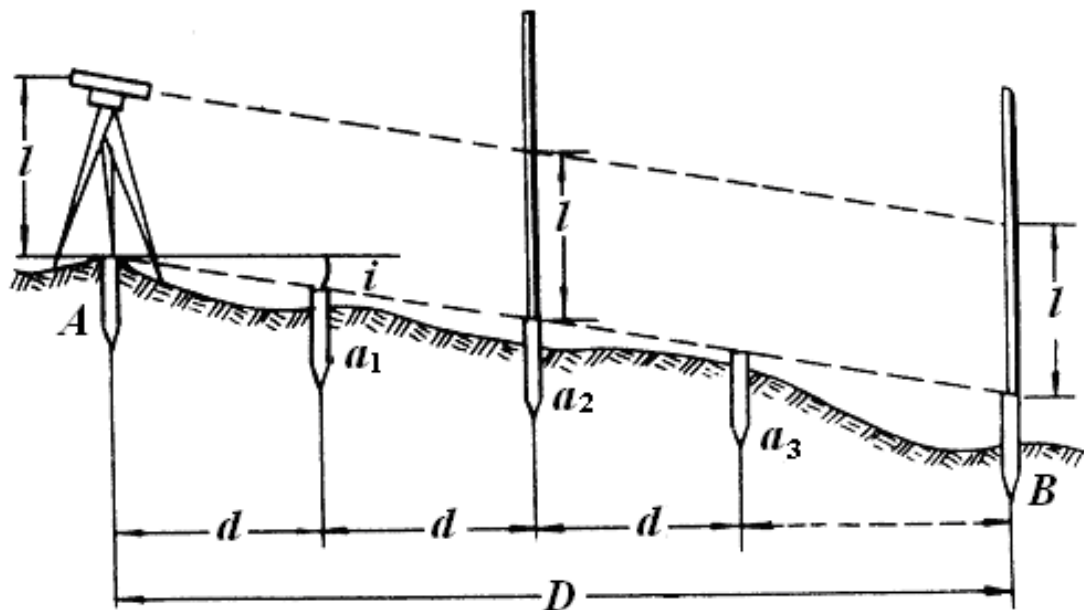


Рис. 1.27. Построение линии заданного уклона

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. 1.27) 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.

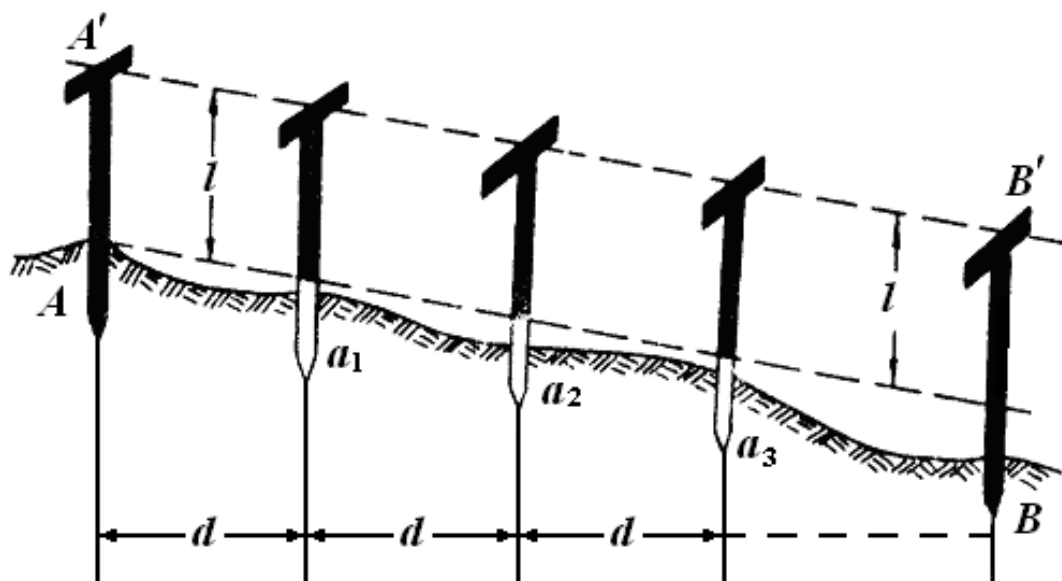


Рис. 1.28. Построение линии заданного уклона с помощью визирок

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.

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. 1.28) с помощью нивелира так, чтобы уклон линии $A'B'$ был равен значению проектного уклона. Производитель работ визирует глазом через верхние срезы поперечных планок постоянных визирок. Подвижную визирку устанавливают последовательно в точках a_1, a_2, \dots и забивают колья до тех пор, пока верхний срез поперечной планки подвижной визирки не совпадет с визирным лучом $A'B'$.

1.7.3. Вынос в натуру плоскостей с заданными уклонами

Для построения плоскости $ABCD$ (рис. 1.29) 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.

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. Затем, наводят нивелир на пункт B и, действуя третьим подъемным винтом, добиваются отсчета по рейке, равного высоте нивелира.

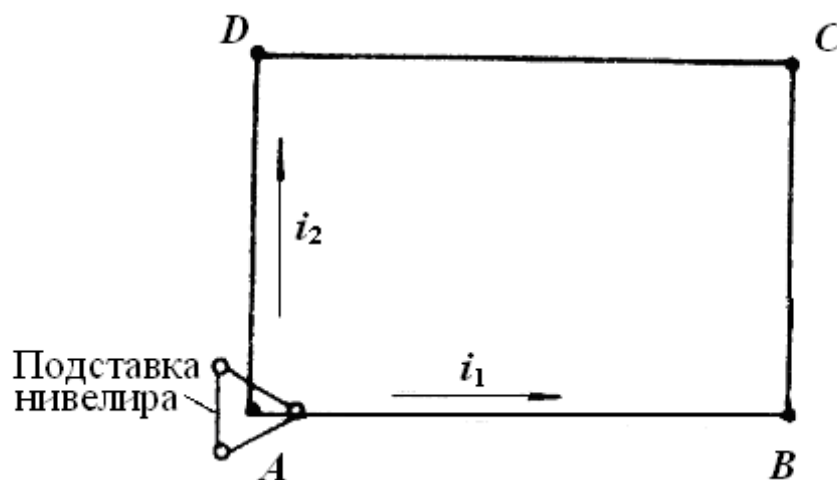


Рис. 1.29. Схема построения проектной плоскости

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.

1.8. ДЕТАЛЬНЫЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ ПО ВЫНОСУ ОСЕЙ И ОТМЕТОК

1.8.1. 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 этого обычно используют обноску.

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

Деревянная обноски (рис. 1.30, *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.

Инвентарные металлические обноски (рис. 1.30, *б*) состоят из двухметровых стоек и металлических труб, которые рассчитаны на многократное использование. Устанавливается металлическая обноски аналогично деревянной.

На обноски 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.

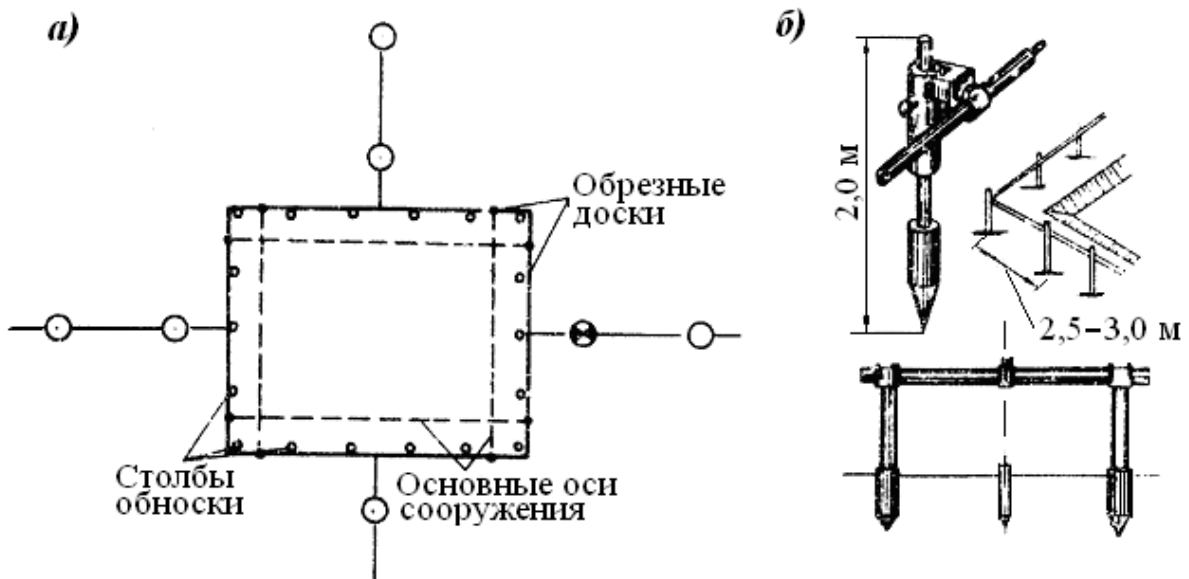


Рис. 1.30. Обноска

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.

1.8.2. 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. 1.31), 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.

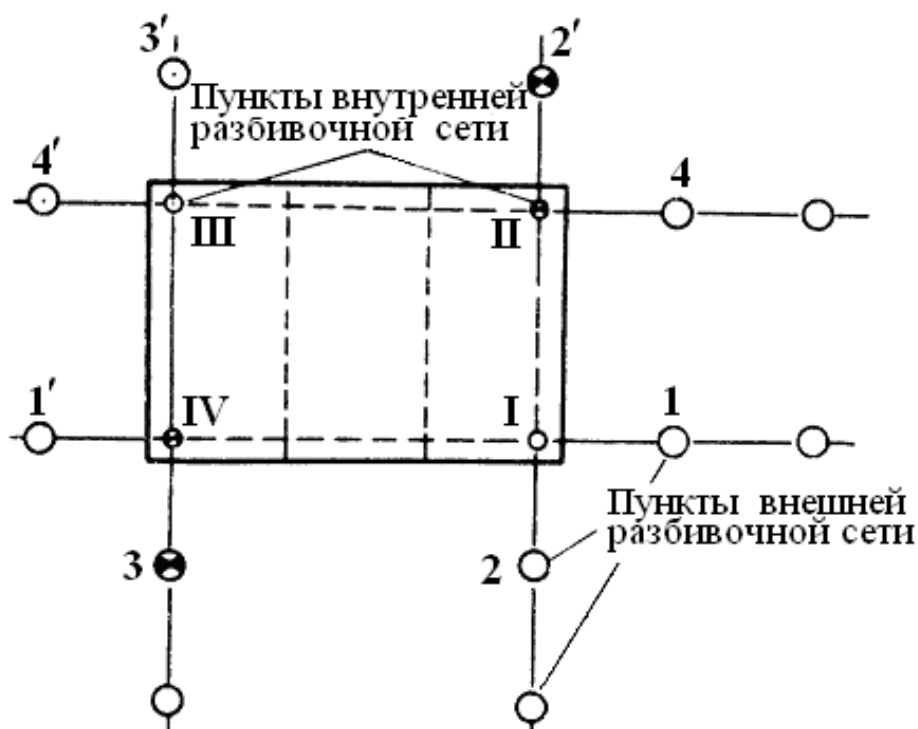


Рис. 1.31. Схема размещения внутренней и внешней разбивочных сетей

Местоположение пунктов внутренней разбивочной сети определяют с пунктов внешней разбивочной сети сооружения.

Например, чтобы вынести пункты, расположенные в точках пересечения основных осей (см. рис. 1.31), 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'. На пересечении направлений 1 – 1' и 2 – 2' находят положение 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. 1.32) и маркируют несмываемой краской.

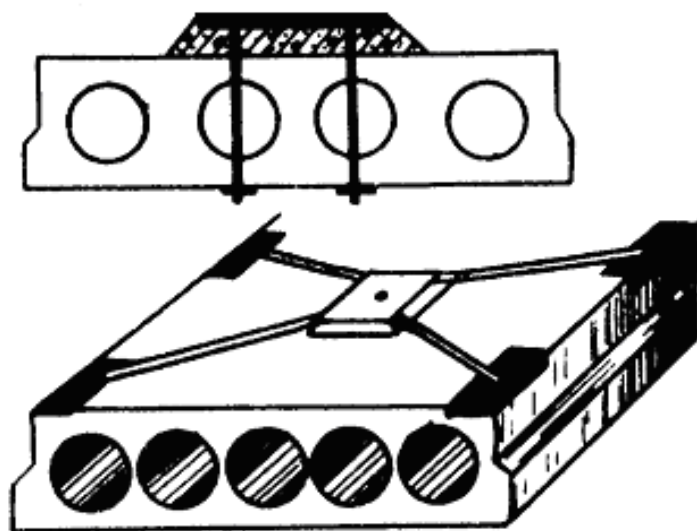


Рис. 1.32. Пункт внутренней разбивочной сети

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. 1.31) 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.

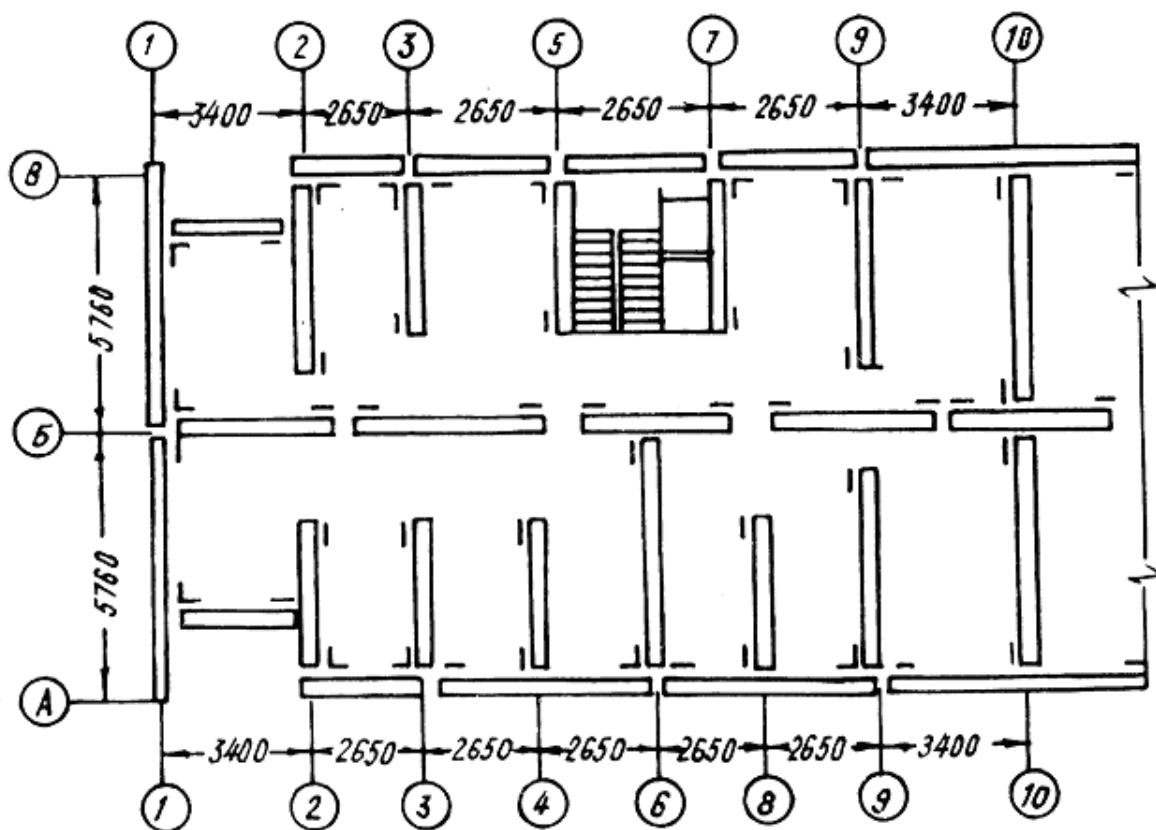


Рис. 1.33. Детальная разбивка осей на монтажном горизонте

От пунктов, закрепляющих главные оси сооружения, детальные разбивочные работы производят обычно способом перпендикуляров. Теодолит устанавливают в точке пересечения главных осей

(центральный пункт) и наводят трубу на пункт, расположенный в конце продольной главной оси. По визирной линии откладывают рулеткой расстояние до поперечной оси и фиксируют его. Переносят теодолит на вынесенную точку и строят прямой угол. Полученную ось закрепляют откраской или керном на закладных деталях.

При крупнопанельном строительстве монтажные оси закрепляют откраской в виде рисок (рис. 1.33), определяющих плановое положение отдельных конструктивных элементов.

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

1.8.3. 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. 1.34). 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. Переноса теодолит на другие пункты внешней разбивочной сети, последовательно выносят и закрепляют концы основных осей по всему периметру сооружения.

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.

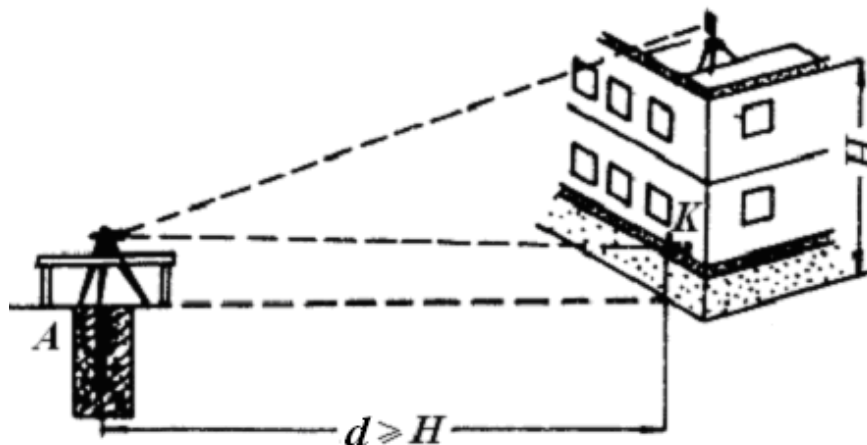


Рис. 1.34. Проецирование основной оси на монтажный горизонт створным способом

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. 1.35) состоит из корпуса со зрительной трубой и подставки с оптическим отвесом. В зрительной трубе (рис. 1.36) размещены обращенный кверху объектив 1, фокусирующая линза 2, компенсатор 7 с призмой 5, преломляющая призма 6, окуляр 4 с сеткой нитей 3.

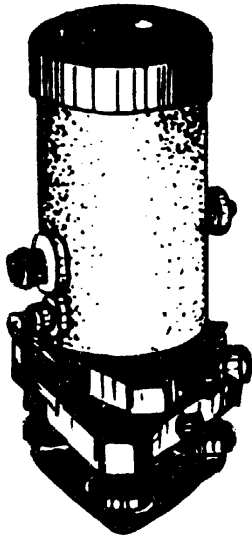


Рис. 1.35. Зенит-прибор PZL

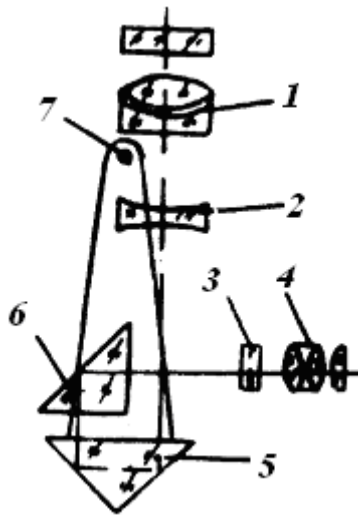


Рис. 1.36. Оптическая схема зенит-прибора PZL

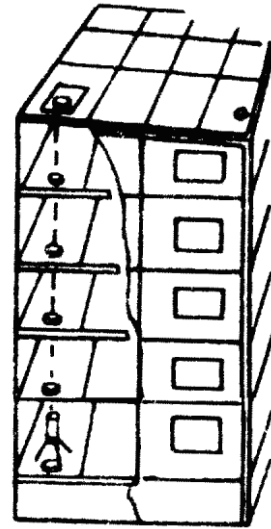


Рис. 1.37. Проецирование пункта внутренней разбивочной сети на монтажный горизонт

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. 1.37). На возводимом монтажном горизонте сооружения над проемом укрепляют в специальной раме координатную палетку из оргстекла (рис. 1.38).

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° и берут второй отсчет a_{180° . Принимая первое положение прибора за нулевое, устанавливают его в положения 90° и 270° и производят по другой шкале палетки отсчеты b_{90° и b_{270° .

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

$$a_1 = \frac{1}{2}(a_0 + a_{180^\circ}), \quad b = \frac{1}{2}(b_{90^\circ} + b_{270^\circ}). \quad (1.33)$$

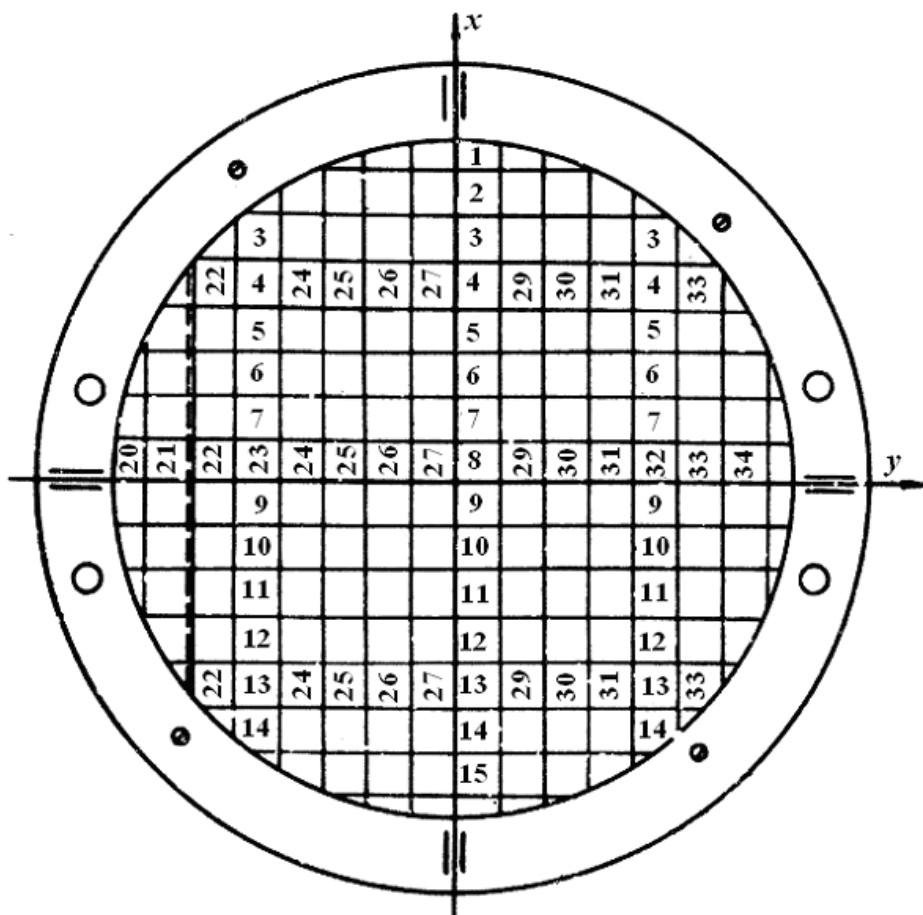


Рис. 1.38. Координатная палетка

Для вычисления точности вертикального проецирования прибором PZL рекомендуется пользоваться экспериментально полученным уравнением погрешности, мм:

$$m_p = 0,27 + 0,0141H, \quad (1.34)$$

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.

1.8.4. 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 принимают 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. 1.39).

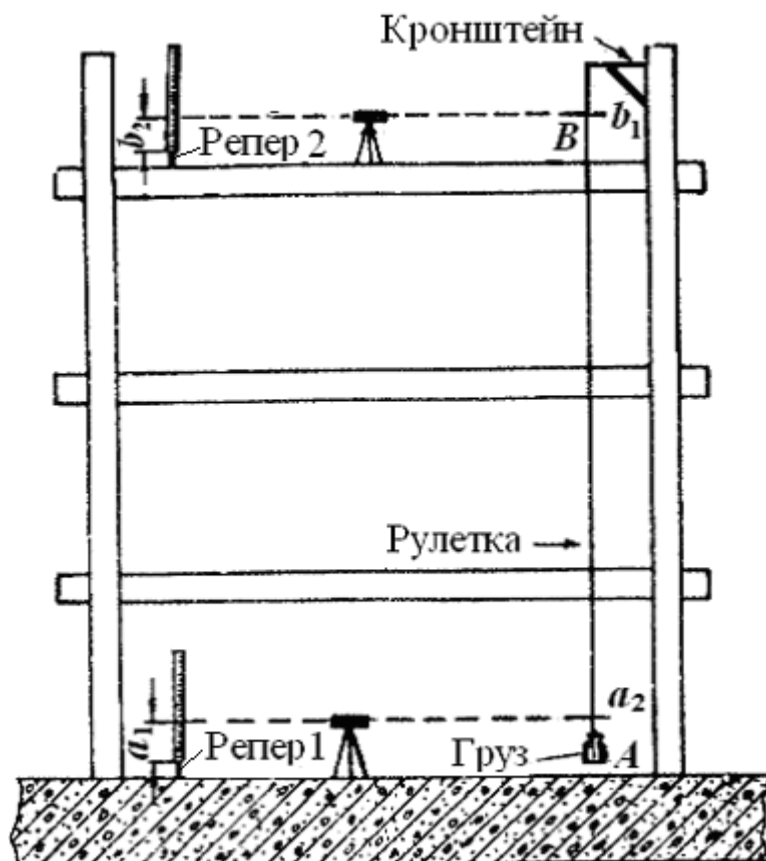


Рис. 1.39. Передача отметок на монтажный горизонт

Отсчеты по рулетке берут 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 $H_{P\Pi2}$ вычисляют по формуле

$$H_{P\Pi2} = H_{P\Pi1} + a_1 + (b_1 - a_2) - b_2.$$

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

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

2. СОСТАВ И ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ МОРСКИХ И ВОДНОТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ

К наиболее распространенным морским гидротехническим сооружениям относятся морские порты и сооружения, возводимые на континентальном шельфе.

Акватория порта состоит из рейдов (внешних и внутренних), гаваней и бассейнов. Рейды представляют собой участки акватории, предназначенные для маневрирования и отстоя судов на якорях в ожидании мест у причалов, для перегрузочных и других операций на плаву. Внешние рейды располагаются на акваториях, не защищенных оградительными сооружениями, а внутренние — под прикрытием последних. Гаванями называют участки акваторий, созданные в береговом массиве. Бассейны — это участки акватории, расположенные между пирсами.

Оградительные сооружения порта предназначены для защиты акватории от волнения, заиления наносами и от ледовых воздействий. К оградительным сооружениям относятся молы и волноломы. Мол

корневой частью сопрягается с берегом, волнолом располагается в удалении от берега и не сопрягается с ним.

Знаки навигационной обстановки обеспечивают безопасность плавания судов в районе порта и составляют систему плавучих и береговых сигналов. К ним относятся маяки, створные знаки, буи, вежи, сигнальные огни.

Для перегрузочных операций с особенно крупными судами, которые не могут быть приняты в порту, возводятся рейдовые причалы, связанные с берегом трубопроводами или конвейерами на эстакадах.

Причальный фронт порта состоит из вдольбереговых причалов, пирсов, причалов-гаваней и ковшей, молвов-причалов и предназначается для швартовки судов и перегрузочных, пассажирских и других операций. Чаще всего причальные сооружения возводят в виде глухих набережных (стен), а также сквозных конструкций.

Берегозащитные сооружения предназначены для защиты берега и находящихся на нем объектов от разрушительного действия волн, течений и льда. Такие сооружения могут возводиться в виде подпорных волноотбойных стен, наброски из камней или бетонных блоков, бун и подводных вдольбереговых волноломов.

Судоподъемные сооружения служат для подъема судов из воды с целью их осмотра и ремонта. К этому классу сооружений относятся плавучие и сухие доки, продольные и поперечные стапели, слипы, эллинги и склизы, наклонные или вертикальные судоподъемники. Сухой док, в частности, представляет собой сооружение в виде расположенной на берегу осушаемой кафедры, изолируемой от акватории специальным затвором. Стапели, эллинги и слипы — сооружения, обеспечивающие перемещение судов по наклонным судовозным путям на судовозных тележках или салазках, а также на горизонтальные стапельные места.

Континентальным шельфом обычно называют прибрежную зону морей и океанов глубиной до 250 – 300 м. Характерным для

шельфовой зоны является незначительный уклон дна. Для разведки, строительства и эксплуатации оборудования и сооружений, обеспечивающих добычу нефти и газа на шельфе необходимо возводить сложные гидротехнические сооружения. Это могут быть стационарные и передвижные сооружения различного типа и назначения. Для хранения и доставки сырья на берег могут возводиться хранилища, эстакады и трубопроводы.

К воднотранспортным сооружениям на внутренних водных путях относятся сооружения для выправления русл рек, знаки судоходной обстановки, а также судопропускные и причальные сооружения. В качестве судоподъемных сооружений используются шлюзы и судоподъемники.

Задачами геодезического обеспечения строительства морских и речных воднотранспортных сооружений являются: вынос в натуру их основных осей, точное размещение в плане и по высоте как всего комплекса сооружений, так и его отдельных элементов, производство детальных разбивок, обеспечивающих соблюдение заданных проектом размеров сооружений, осуществление геодезического контроля за работами в процессе строительства. Для объектов, возводимых в сложных геологических и гидрогеологических условиях, предусматриваются также периодические наблюдения за их горизонтальным сдвигом и осадкой и за состоянием прилегающих участков береговой зоны и акватории.

Несмотря на такой, казалось бы, традиционный характер перечисленных геодезических работ, они значительно отличаются от соответствующих видов работ на сооружениях, возводимых вдали от воды. Их специфика обусловлена, прежде всего, особенностями технологии строительства. В большинстве случаев эти сооружения возводятся на акватории подводным или пионерным способами, без применения перемычек или водоотлива. Их строительство осложнено рядом факторов: большие глубины, воздействие морских волн, химической и биологической агрессии морской среды, воздействие

течений, плохая видимость при работе под водой. В результате значительно осложняется и производство геодезических измерений: разбивочные работы приходится выполнять в условиях обширного водного пространства, закрепляя точки плавучими знаками (буями), с дальнейшим переносом их на дно акватории.

Основным видом геодезических работ при строительстве являются разбивочные работы.

Геодезические разбивочные работы производятся с целью:

- переноса с чертежей в натуру (на местность) точного положения и размеров сооружений;
- контроля за правильностью возведения сооружения;
- наблюдения за осадками и смещениями сооружения в процессе строительства и эксплуатации;
- привязки вновь возводимых сооружений к существующим.

Разбивочные работы делятся:

- на плановую разбивку, связанную с переносом в натуру плановых размеров сооружений с определением их положения;
- на высотную, для определения положения отдельных конструктивных элементов по высоте и всего сооружения в целом относительно абсолютного либо условного уровня.

До начала строительных работ проектная организация должна составить:

- генеральный разбивочный план строительства в единой координатной системе с нанесенными пунктами государственной и рабочей планово-высотной опорной сети, основными пунктами для разбивок, осевыми линиями всех сооружений со схемами и исходными числовыми данными для переноса в натуру с условными координатами отдельных точек, условными координатами концов и направления базисных линий, величинами и направлениями углов засечек, расстояниями до проектных точек, схемами примыканий к существующим сооружениям, отметками или превышениями;

- пояснительную записку к генеральному разбивочному плану, содержащую: исходные данные и обоснования, описание метода и

точности линейных и угловых измерений, оценку точности опорной сети, методику производства разбивочных работ, требования к точности разбивок, схему расположения и детальное описание знаков геодезической основы, каталоги условных координат и высот точек геодезической основы. Указанные документы, а также базисные, осевые и створные линии, исходные реперы и марки, закрепленные должным образом на территории либо акватории строительства, заказчик передает подрядчику.

Детальную разбивку элементов сооружения выполняет инженерно-технический персонал строительства по рабочим чертежам от основных и базисных линий.

Для наблюдения за колебаниями уровня (горизонта) воды на акватории устанавливают мареограф для непрерывной регистрации изменения уровня воды или водомерную рейку, по которой несколько раз в день (обычно в 7; 13 и 21 ч) делают отсчеты уровня. После привязки мареографа или водомерной рейки к отсчетному нулю регистрируемые уровни будут соответствовать фактическим отметкам уровней относительного нулевого.

Водомерные посты (рис. 2.1), оборудованные мареографом или водомерной рейкой, должны размещаться в непосредственной близости от строительства объекта в защищенных от повреждений и удобных для наблюдений местах.

Основные и вспомогательные разбивочные линии для некоторых сооружений показаны на рис. 2.2.

Основные разбивочные линии на местности закрепляются: на территории — бетонными тумбами со штырями и столбами (рис. 2.3), а на акватории — сваями, массивами, буями и бакенами, инструментально связанными с неподвижными знаками на берегу.

Для выполнения разбивки основных и вспомогательных осей (линий) на территории (или акватории) используют способ засечек или полярный способ.

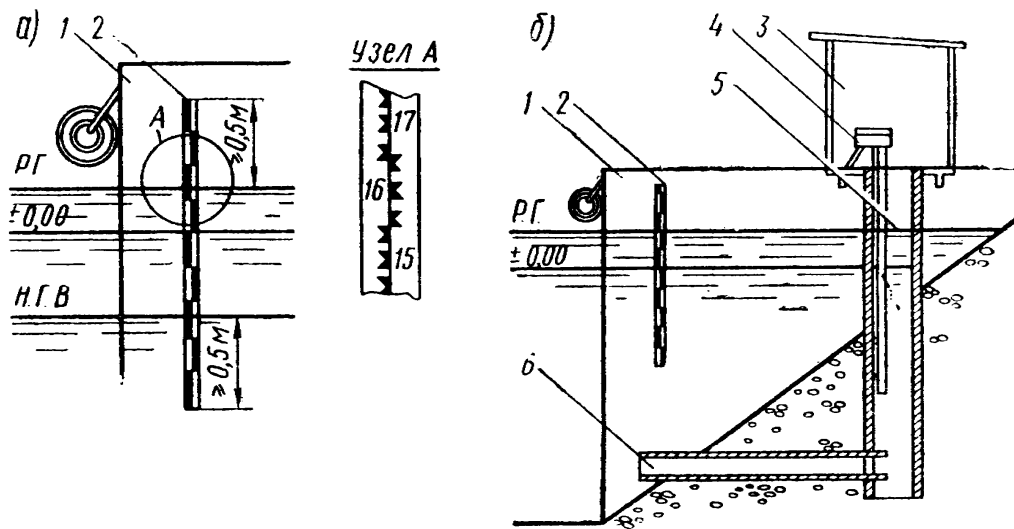


Рис. 2.1. Водомерные посты:

а — схема установки водомерной рейки на торце причала; *б* — схема мареографной установки; 1 — торцевая часть причала; 2 — водомерная рейка; 3 — будка; 4 — мареограф; 5 — колодец; 6 — подводная труба

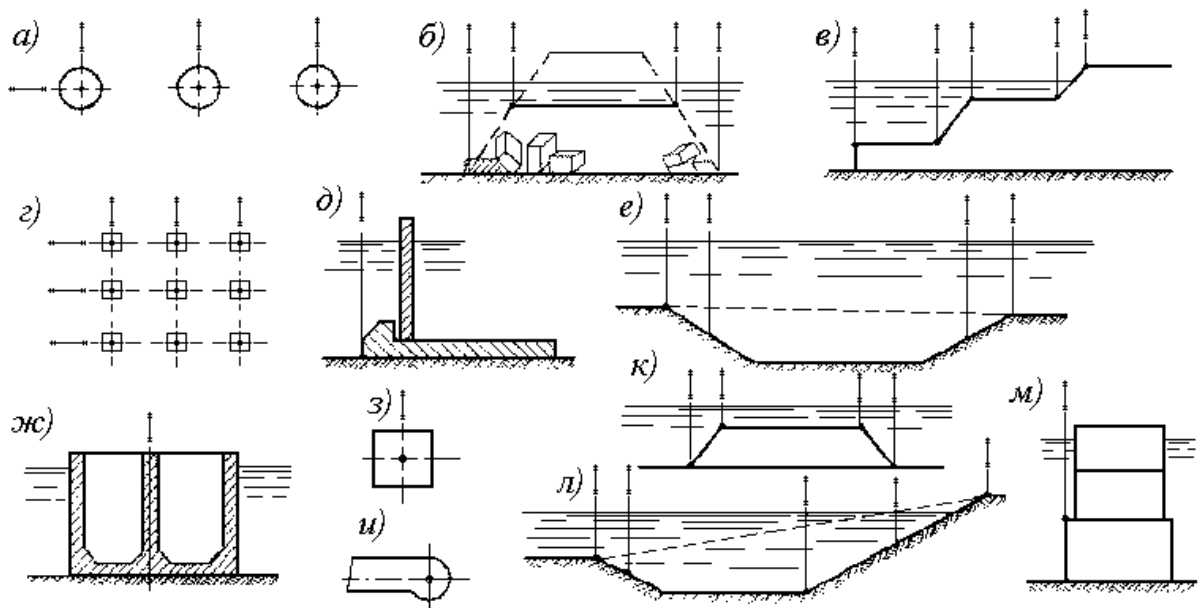


Рис. 2.2. Основные и вспомогательные разбивочные линии:

а — оси отдельно стоящих свай-оболочек; *б* — линии габаритов наброски из массивов; *в* — линии ступенчатого берегоукрепления; *г* — оси свайных рядов; *д* — боевая линия уголковой стенки; *е* — створные линии при разработке котлована; *ж* — осевая линия массива-гиганта; *з* и *и* — оси головы оградительного сооружения; *к* — основные габаритные линии при отсыпке каменной постели; *л* — габаритные линии при устройстве котлована под причальные сооружения; *м* — боевая линия при массивовой кладке

Способ угловых засечек заключается в том, что одновременно двумя теодолитами, расположенными по концам закрепленной базисной линии, обозначенной на рис. 2.4, *а* буквами *А* и *Б*, откладываются углы $\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2$. На пересечении визирных осей теодолитов фиксируются искомые точки *В* и *Д*. Для контроля разбивки и облегчения работы служат вспомогательные точки *Г* и *Е*.

Полярный способ разбивки заключается в том, что от закрепленной базисной линии *АБ* (рис. 2.4, *б*) из точки *А* откладывается угол α и по заданному направлению с помощью мерной ленты отмеряют расстояние L_1 для нахождения точки *В*. Точка *Д* находится аналогичным способом после того, как из точки *Б* откладывается угол β и отмеряется L_2 .

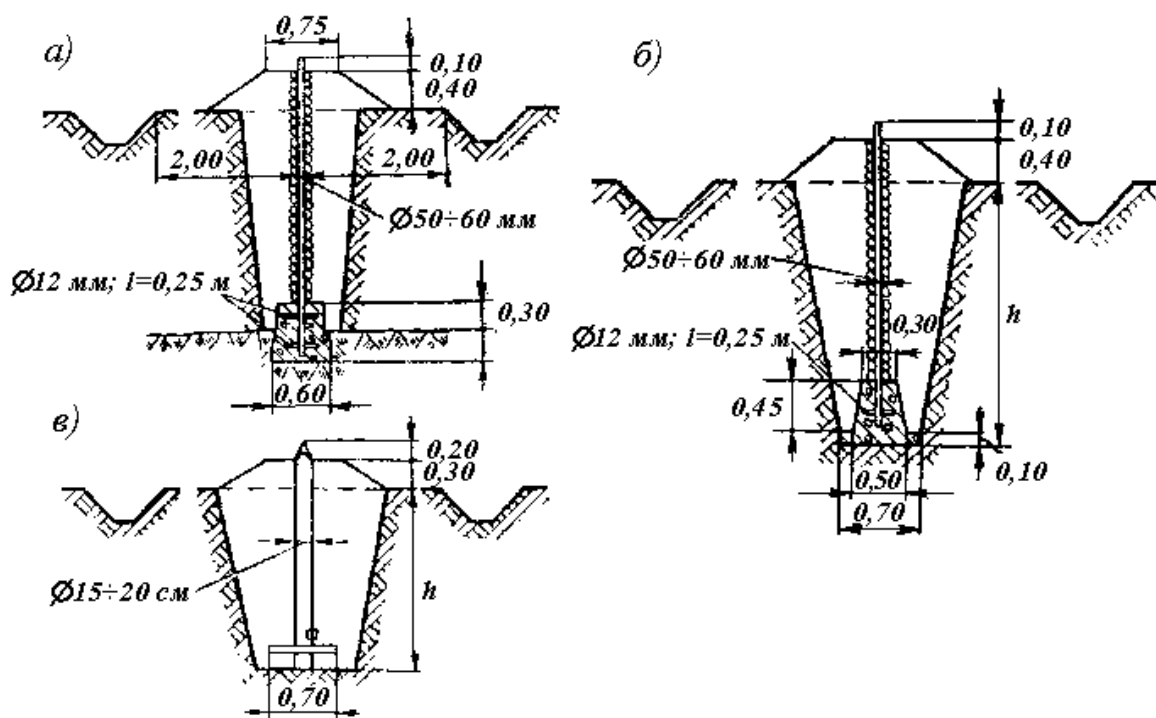


Рис. 2.3. Закрепление основных разбивочных линий:
а — постоянный репер на скальном основании; *б* — постоянный репер в мягком грунте; *в* — временный деревянный репер

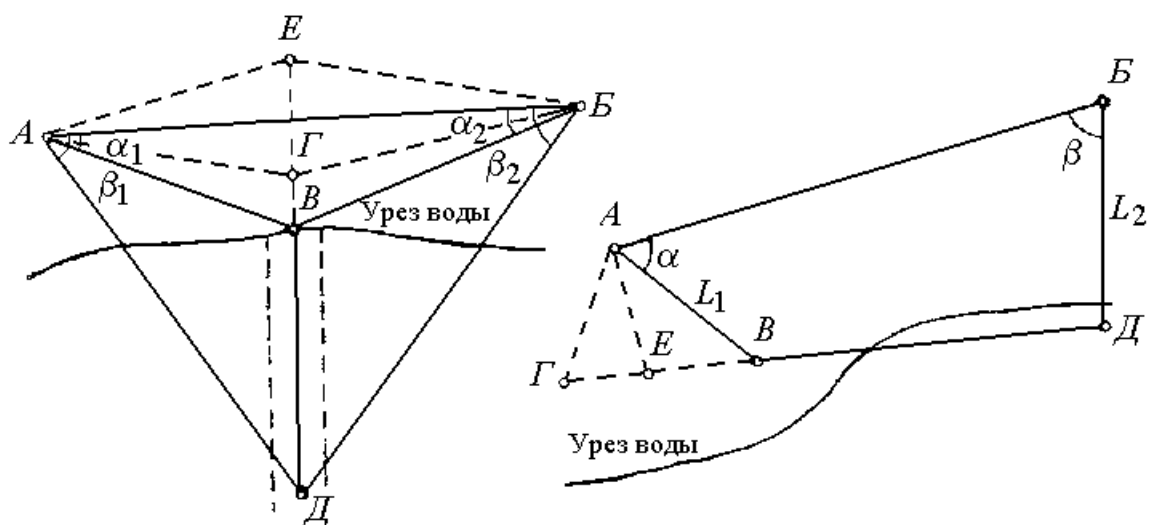


Рис. 2.4. Разбивка основных и вспомогательных осей:
a — способ засечки; *б* — полярный способ

Перенесение в натуру проектных и вспомогательных отметок выполняется непосредственным (простым) нивелированием по рейкам, установленным на рабочем высотном репере и сооружении. Таким образом переносят отметки на головы свай, плиты верхнего строения, надводные конструкции гравитационных сооружений (рис. 2.5, *a*). Рекомендуется с одной стоянки нивелира определять отметки сразу нескольких точек, расположенных в плане на расстоянии 5–20 м одна от другой, записать их на конструкции несмываемой краской. Это позволит переносить и определять отметки промежуточных точек при помощи измерений геодезическим инструментом, а также шнура или рейки с уровнем. Для переноса отметок на пониженные точки, когда длина рейки недостаточна для нивелирования по рейке, применяют подвешенную стальную мерную ленту или рулетку (рис. 2.5, *б*).

Отметки подводных частей сооружений (каменных постелей, фундаментных плит, нижних курсов массивов и др.) определяют нивелированием при помощи футштока с закрепленной в верхней его части нивелирной рейкой (рис. 2.5, *в*).

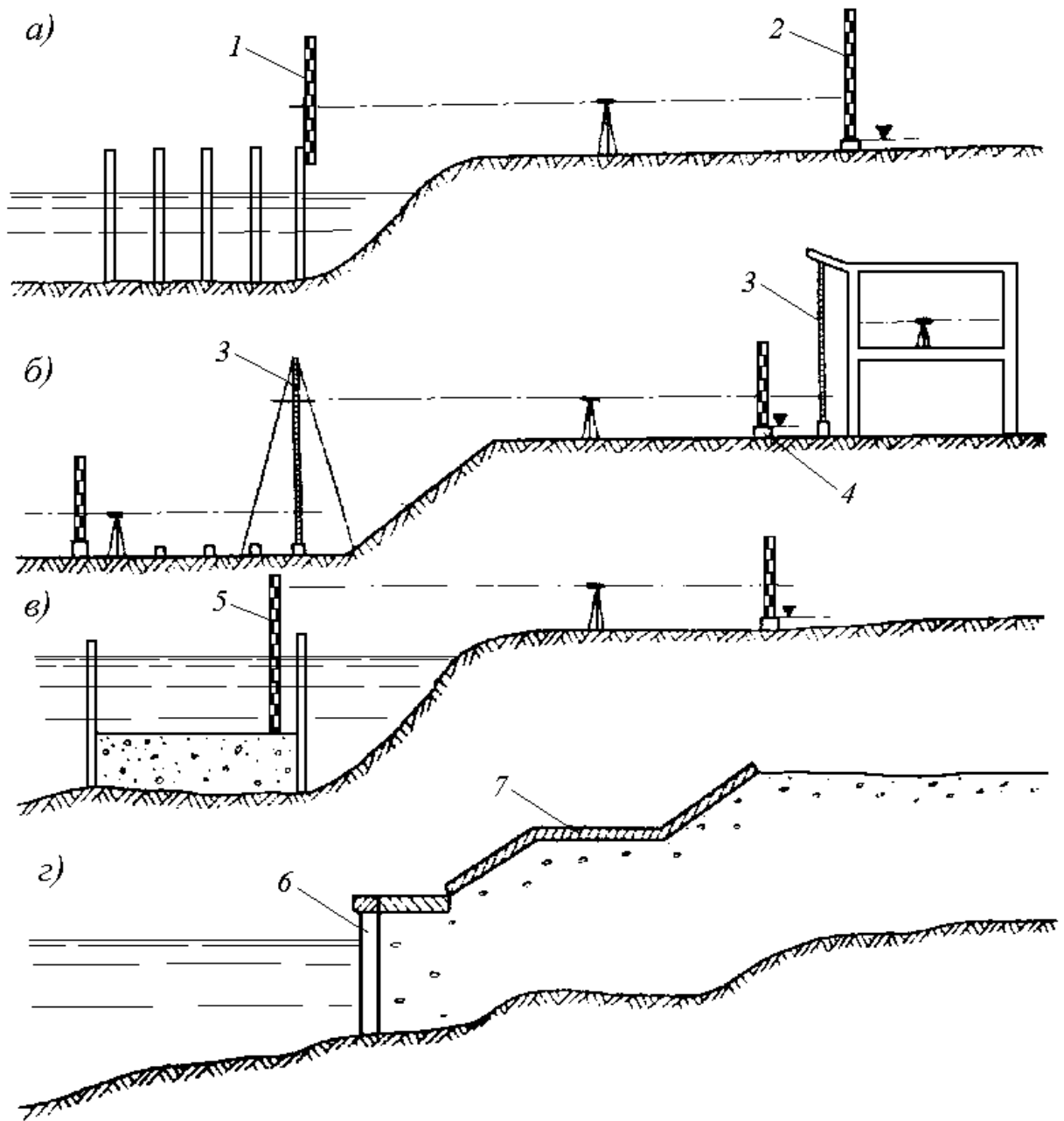


Рис. 2.5. Схема переноса отметок на сооружение:
а — прямым нивелированием; *б* — рулеткой с грузом;
в — футштоком с рейкой; *г* — с помощью шаблона;
1 — рейка на свае; *2* — рейка на репере; *3* — рулетка с грузом;
4 — рабочий репер; *5* — удлиненная рейка; *6* — сооружение; *7* — шаблон

При планировке территории или больших площадей с помощью нивелира выносятся контрольные точки, между которыми производят высотную разбивку, используя при этом визирки.

3. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СООРУЖЕНИЙ

3.1. ОГРАДИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ПОРТОВ

Основным способом выноса в натуру осей молов и волноломов является способ угловой засечки. Вначале оси фиксируются буями, а затем после возведения сооружения переносятся на его надводную часть.

В качестве геодезической основы разбивочных работ используют сети триангуляции или ходы полигонометрии IV класса и реперы нивелирования III класса.

Разбивке подлежат следующие основные и вспомогательные оси сооружений.

Основные оси:

1) для оградительных сооружений из обыкновенных массивов — боевая линия, т. е. фасадная линия торцов нижнего курса массивов (см. рис. 2.2, *м*);

2) для молов и волноломов — продольная осевая линия (см. рис. 2.2, *ж*);

3) для голов молов — продольная и поперечная оси (см. рис. 2.2, *и*).

Вспомогательными осями для котлованов и каменных постелей являются продольная осевая линия, а также верхняя и нижняя бровки (см. рис. 2.2, *ж*).

Для геодезических работ при постройке мола (рис. 3.1) от базисной линии *I–II* путем триангуляции устанавливают и закрепляют дополнительные точки *III, IV, V, VI*. Разбивку точек мола *1–7* ведут методом засечек при помощи двух теодолитов, устанавливаемых в точках *III, IV, V* и *VI*. При этом углы α следует назначать не менее 30° .

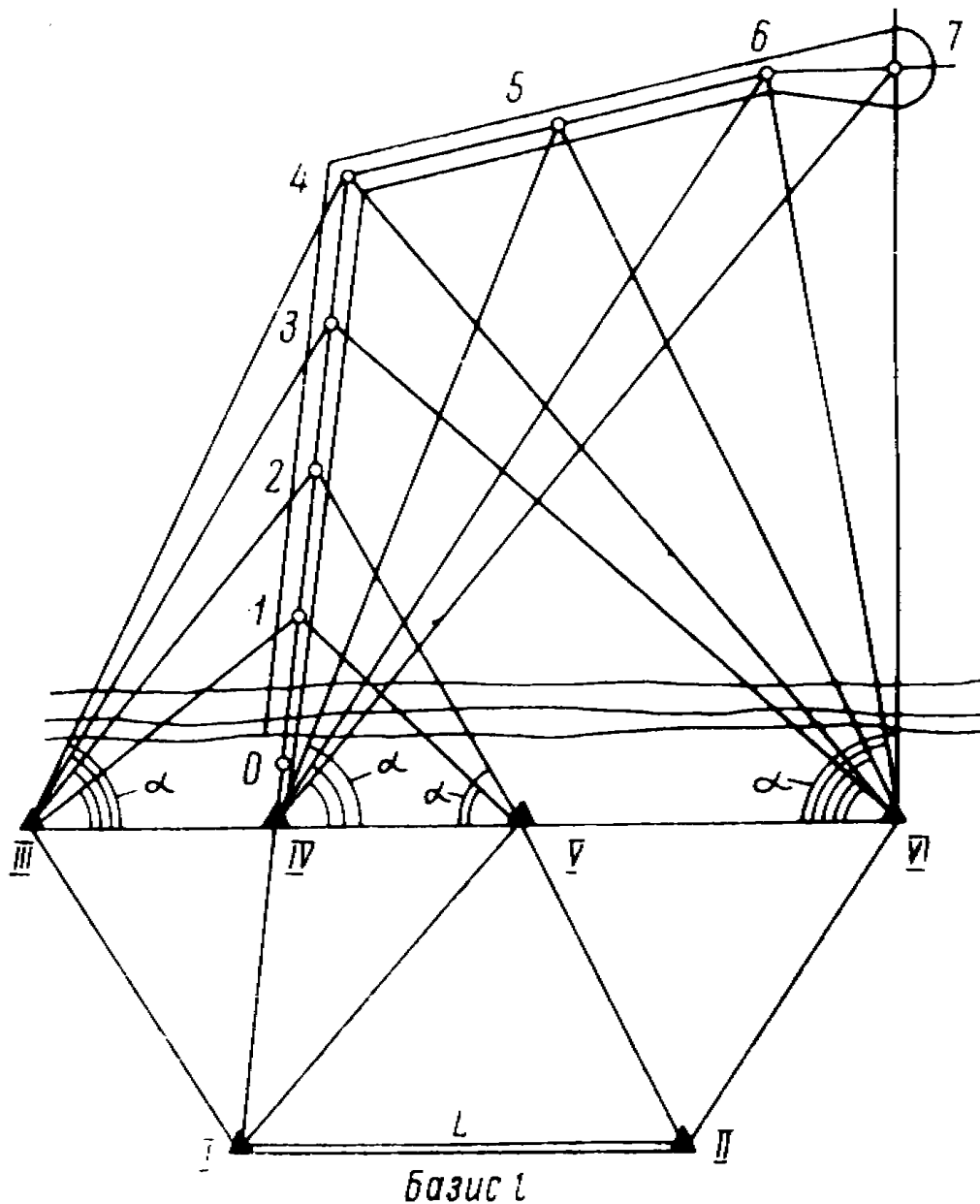


Рис. 3.1. Схема разбивки мола:
 ▲ — пункт портовой триангуляции;
 α — угол между магистралью и линией кордона

Разбивочные точки 1 – 7 вначале фиксируют буйками, а по мере возведения мола выше уровня воды закрепляют на нем. Точки следует систематически проверять в процессе постройки и после штормов, поэтому теодолиты устанавливают в будках постоянно на все время строительства.

3.2. ПРИЧАЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Разбивке подлежат следующие основные и вспомогательные оси причальных сооружений.

Основные оси:

- 1) для причалов типа набережных: линия кордона, т. е. линия пересечения верхней плоскости сооружения с его лицевой вертикальной гранью, оси свайных рядов (рис. 3.2);
- 2) для пирсов — продольная осевая линия;
- 3) для причалов островного типа — продольная и поперечная оси (см. рис. 3.2, з).

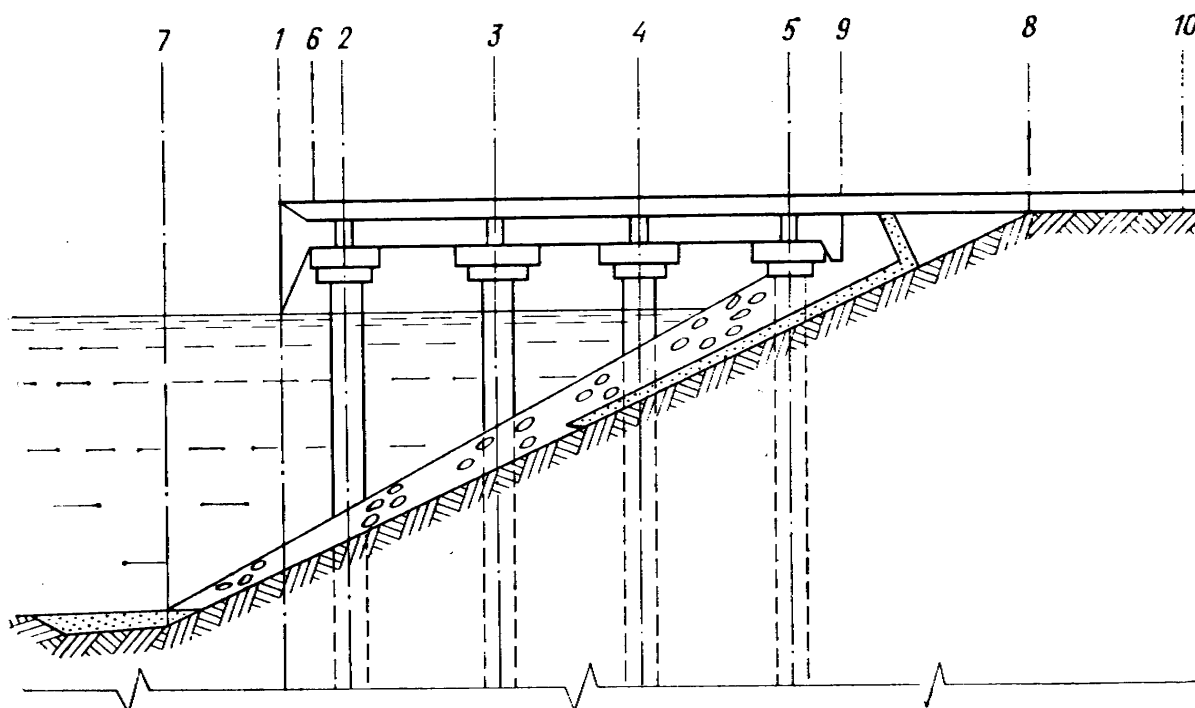


Рис. 3.2. Разбивочные оси причала эстакадного типа:
1 — линия кордона; 2, 3, 4, 5 — оси свайных рядов; 6 — оси швартовых тумб;
7, 8 — нижняя и верхняя бровки откоса; 9 — тыловая грань;
10 — базис разбивки

Вспомогательные оси:

1) для берегового откоса — бровки откоса, бермы и линии изменения уклонов откоса;

2) для верхних строений причалов — оси основных элементов (ригелей и плит);

3) для швартовых тумб — линии их центров.

Основным способом выноса в натуру осей пирсов и причалов островного типа является способ угловой засечки.

Береговая разбивка основных линий причалов должна закрепляться с каждого конца не менее чем в двух точках; при закреплении основной линии пирса с одного конца — не менее чем в трех точках. Длина створа на берегу между крайними точками закрепления должна быть не менее половины длины сооружаемого причала.

Базисные, магистральные, основные линии и реперы закрепляют на местности столбами из стальных труб со штырями. Закрепление линий вспомогательных разбивок причальных сооружений зависит от вида причала и выполняемых на нем работ.

Пример разбивки осей пирса на местности приведен на рис. 3.3, *a*. От базисной линии *I–II* путем триангуляции устанавливают и закрепляют дополнительную осевую точку *III*. Разбивку точек *1–4* пирса ведут методом засечек при помощи двух теодолитов, устанавливаемых в точках *I, III, II*. При этом угол α должен быть не менее 30° . Разбивочные точки *1–4* вначале фиксируют буйками, а затем — на возведенных конструкциях. Для контроля точек во время строительства и особенно после штормов теодолиты устанавливаются в будках на все время строительства. Если пирс сооружают в закрытой акватории или естественной бухте, то осевой створ закрепляют как на берегу, так и на молу или на противоположном берегу бухты (см. рис. 3.3, *a*).

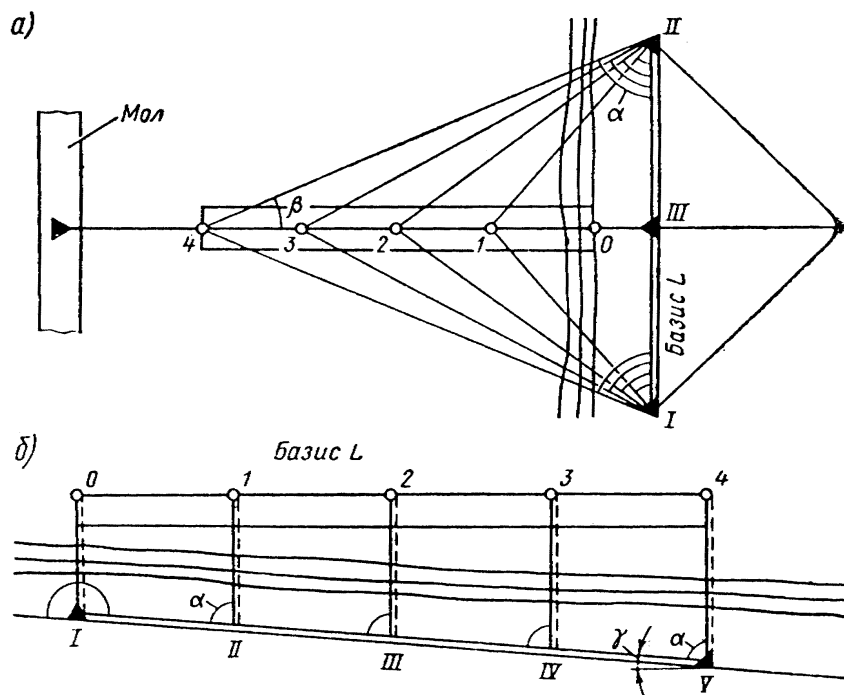


Рис. 3.3. Схемы разбивки причальных сооружений:
 α — угол засечки; β — угол между магистралью и линией кордона

Разбивка линий кордона причальных набережных, расположенных вдоль берега, ведется от магистральной линии $I-V$, проложенной на берегу полярным способом (рис. 3.3, б). Полярные расстояния до осевых точек $0-4$ откладываются светодалномером или дальномером двойного изображения; применение мерных лент и рулеток для измерения расстояний $I-0$; $II-1$; $III-2$ и т. д. требует предварительного устройства специальных деревянных промерных мостиков. Величина разбивочных углов α остается постоянной:

$$\alpha = 90^\circ - \gamma,$$

где γ — разность дирекционных углов линии кордона и базисной линии $I-V$.

Одним из наиболее трудоемких видов геодезических работ является геодезическое обеспечение строительства причалов из кладки массивов. По данным проекта из концов базиса I и II (рис. 3.4) теодолитами разбиваются и закрепляются буюми боевая линия $0_I 0_{II}$ и габаритные линии каменной постели $1-1'$, $2-2'$, $3-3'$ и $4-4'$.

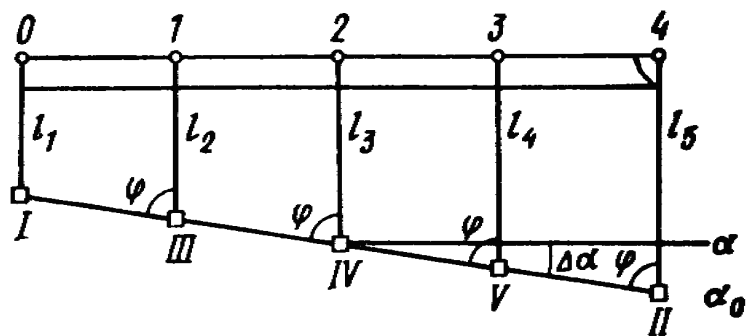


Рис. 3.4. Разбивка осей массивовой кладки

Отсыпка камня непрерывно контролируется наметкой, вначале с точностью до нескольких дециметров, а затем по мере выравнивания постели — нивелиром и закрепленной по наметке рейкой с погрешностью в пределах 3 см (рис. 3.5).

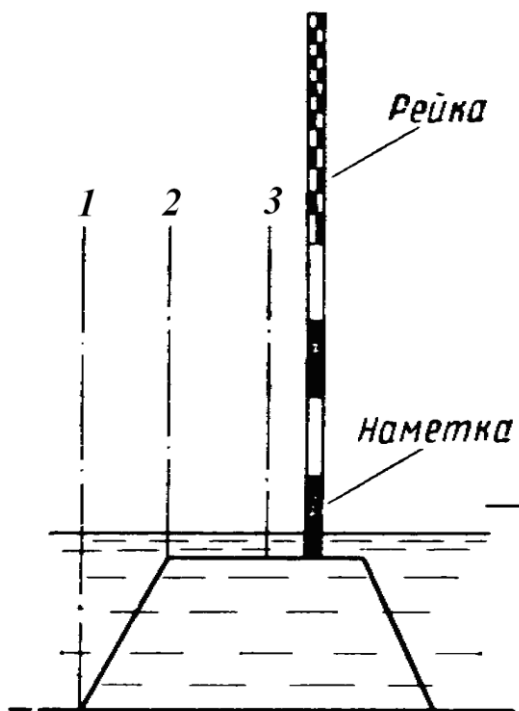


Рис. 3.5. Разбивочные оси оградительных и причальных сооружений:

1 — боевая линия массивовой кладки; 2, 3 — габаритные и осевая линии каменной постели

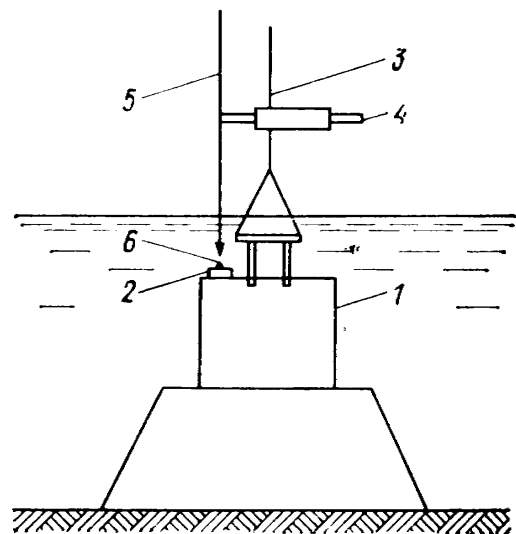


Рис. 3.6. Разбивка боевой линии в акватории

Плановое положение бровок постели выверяется водолазом с помощью опускаемых со створных линий $1 - 1'$, $2 - 2'$, $3 - 3'$ и $4 - 4'$ разбивочных лотов-отвесов с массой груза 8 – 10 кг. Далее проводится цикл уплотнения каменной постели с постоянным геодезическим контролем: ежедневно нивелируются четыре угла устанавливаемого поверх кладки огрузочного массива с целью определения стабилизации процесса осадки постели. Перед укладкой нижнего (первого) курса массивов проводится исполнительное нивелирование их основания по сетке квадратов 2×2 м. Для контроля кладки массивов в районе конца 0_{II} (см. рис. 9) створа боевой линии намывается остров, на котором сооружается командный пункт (КП) — место установки теодолита на весь период строительства.

Командный пункт оборудуется световой и звуковой сигнализацией для дачи указаний крановщику об отклонениях массивов от проекта. Положение исходной точки A первого курса массива определяют створной засечкой с командного пункта и нулевого поперечного створа $a - A$, фиксирующего начало массивовой набережной (см. рис. 3.4). В этом месте с плавучего крана опускают маячную плиту 1 (рис. 3.6) с заделанной в нее скобой 2 . На стропе 3 крана на высоте 1 м над уровнем воды укреплена горизонтально труба с выдвижной рейкой 4 ; с конца рейки спущен отвес. По сигналу с командного пункта струна отвеса 5 вводится в створ визирной оси трубы теодолита, и водолаз фиксирует на скобе положение груза отвеса — точку боевой линии 6 . Такие же действия выполняются на маячной плите, опущенной с другого конца первой секции массивов. Через риски, фиксирующие на скобах положение боевой линии, перебрасывают и натягивают с помощью грузов (30 – 40 кг) разбивочный трос, по которому укладывают промежуточные массивы. Отклонение массивов первого курса от проектного положения не должно превышать 30 мм в плане и 40 мм по высоте.

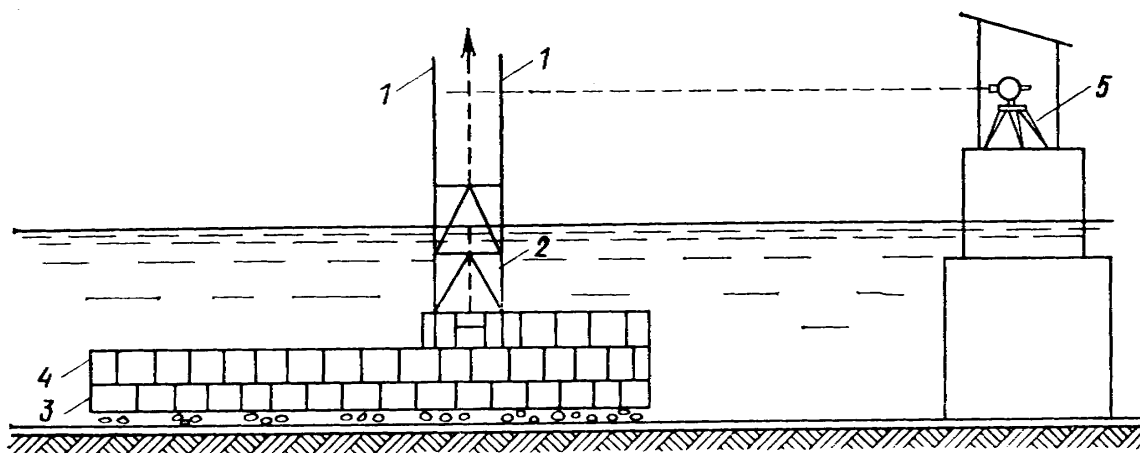


Рис. 3.7. Геодезический контроль кладки массивов с применением полуавтоматического самораскрывающегося захвата:
 1 — трубка телескопического футштока; 2 — полуавтоматический самораскрывающийся захват; 3, 4 — первый и второй курсы массивов;
 5 — теодолит

По мере возведения сооружения производят контрольное нивелирование верхних граней массивов каждого курса. Если строительство причала осуществляется с применением полуавтоматического самораскрывающегося захвата со съемным кондуктором, без участия водолазов, геодезический контроль сводится к слежению за положением двух рубок телескопического футштока захвата (рис. 3.7), которые должны находиться в створе визирной оси трубы теодолита.

3.3. БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Наиболее распространенным типом берегоукрепительных сооружений, возведение которых требует серьезного геодезического обеспечения, являются буны.

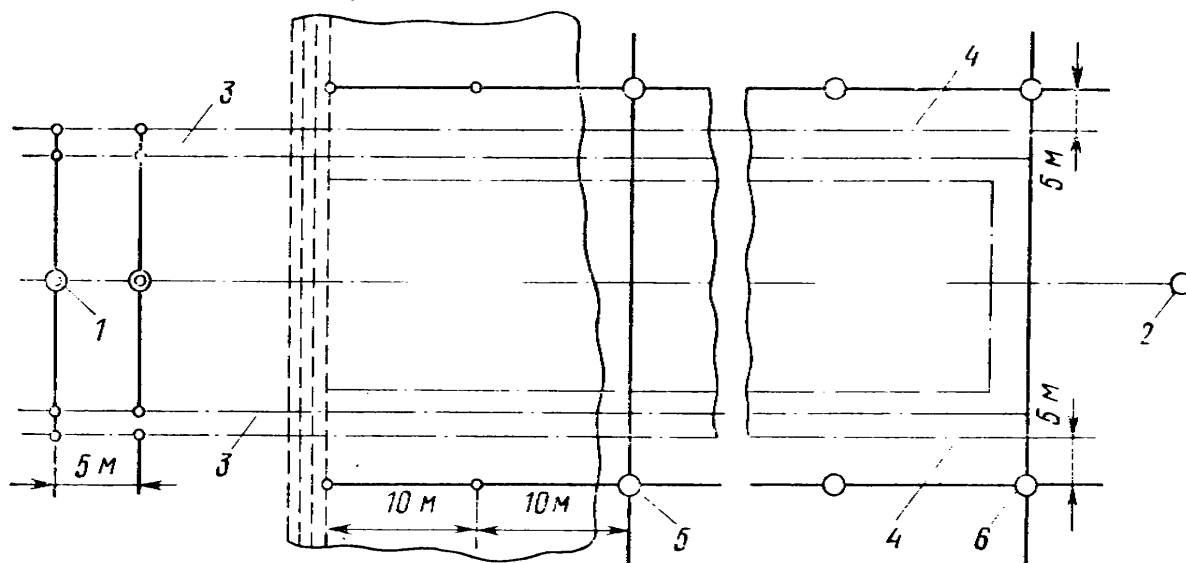


Рис. 3.8. Схема разбивочных осей буны

Основной осью в бунах, подлежащей разбивке, считается ее продольная осевая линия. Вспомогательными осями отмечаются верхняя и нижняя бровки каменной постели.

На рис. 3.8 приведена схема разбивки осей буны гравитационного типа. С помощью створных знаков 1 и буя 2 закреплена основная ось буны на берегу и в акватории; параллельно ей разбиты верхняя 3 и нижняя 4 границы постели. Соответственно с помощью береговых знаков 5 и буями 6 зафиксированы границы корневой монолитной и головной частей буны.

Как и при разбивке пирса, разбивку бун удобно вести методом угловых засечек от базисной линии, разбитой на берегу.

3.4. СУДОПОДЪЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И ДОКИ

В зависимости от типа, габаритов и конфигурации сооружений, способов выполнения разбивочных работ и условий строительства создается локальная разбивочная основа или в виде осевых сеток, или в виде микротриангуляции.

Осевые сетки используются для геодезического обслуживания строительства слипов при наличии благоприятных условий с целью закрепления большого числа осевых знаков и их сохранности. Для сооружений докового типа, возводимых в глубоких котлованах, более удобным видом разбивочной основы является микротриангуляция.

Осевая сетка строится в виде поперечников, перпендикулярных главной продольной оси сооружения с интервалом, соответствующим размерам основных конструктивных секций, и с точностью 5 мм. Разбивку поперечников можно вести по створу главной оси (рис. 3.9, *а*) или же по параллельным ей вспомогательным осям (рис. 3.9, *б*). Расстояние от конца главной оси до первого поперечника ($A - a$) определяют по координатам этих точек, снятых графически с генерального плана; длины остальных интервалов задаются в проекте. Выполнив приближенную разбивку поперечников и закрепив каждый из них временными створными знаками, измеряют вторично все интервалы светодальномером. По разностям измеренных и проектных величин интервалов находят значения линейных редуций и откладывают их стальной рулеткой. Перпендикулярность поперечников к главной оси проверяется выборочно измерением теодолитом Т2 углов 1 , 2 и т. д. (см. рис. 3.9, *а*). Контролем перпендикулярности служит равенство

$$C = 180^\circ - (\angle 1 + \angle 2) = 90^\circ \pm 5''.$$

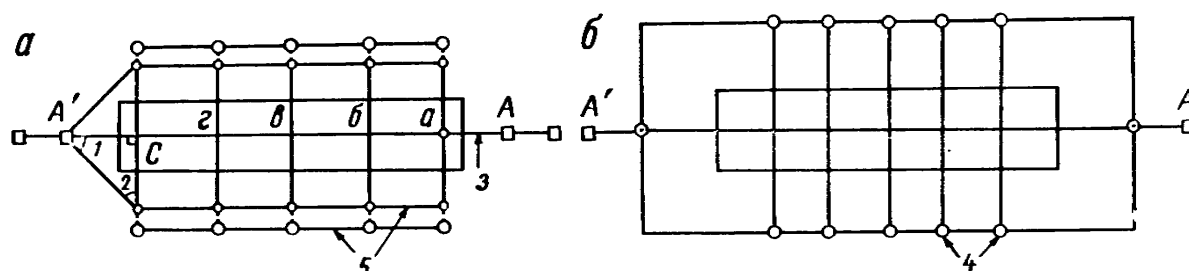


Рис. 3.9. Осевая сетка:

- а* — при разбивке поперечников по створу главной продольной оси;
- б* — при разбивке поперечников по вспомогательным осям;
- $1, 2$ — контрольные углы; 3 — главная продольная ось;
- 4 — створные знаки; 5 — вспомогательные оси

Разбивочные сети в виде микротриангуляции строятся по двум схемам: с измерением двух противоположащих базисных сторон $III - IV$ и $VII - VIII$ (рис. 3.10, *a*) или нескольких диагоналей $I - VI$, $II - VI$, $I - IV$, $II - V$ (рис. 3.10, *б*). Углы микротриангуляции измеряются с допустимой погрешностью $5''$, а базисные стороны светодальномером с точностью не ниже $1:80\ 000$.

В период, предшествующий разбивке основных осей сооружений, на строительной площадке выполняется большой объем земляных работ: разработка котлованов под доковые камеры, вертикальная планировка наклонных и горизонтальных участков слипов и прилегающих к сооружениям территорий. На этом этапе строительства выносят на местность контуры котлована и проектные отметки его дна, а также проектные отметки и уклоны оснований горизонтальных и наклонных судовозных путей.

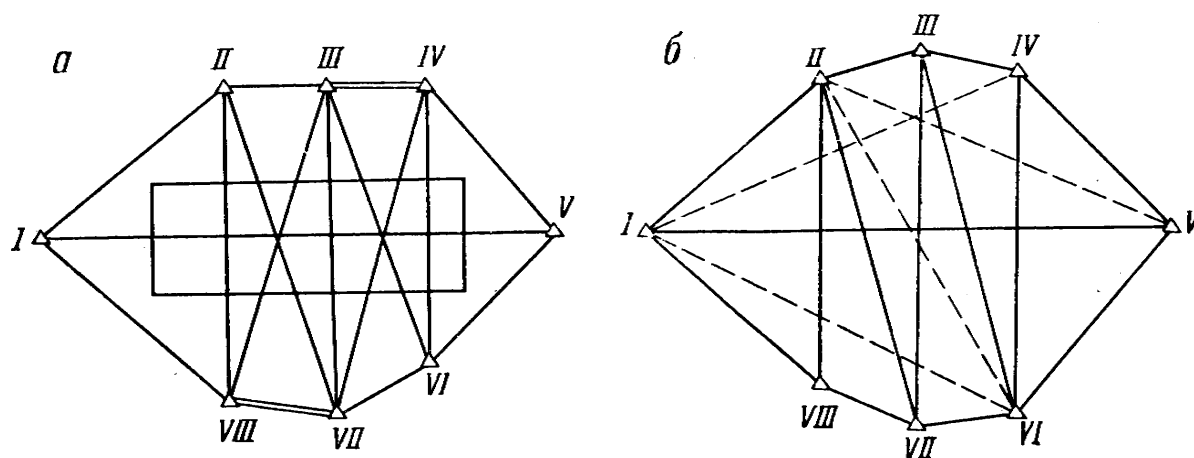


Рис. 3.10. Сеть разбивочной микротриангуляции:
a — с измерением базисных сторон; *б* — с измерением диагоналей
 (пунктир)

Перенос проекта в натуру осуществляется в две стадии. Вначале разбивают главные и основные оси сооружения. Для поперечного слипа такими осями являются (рис. 3.11): главная продольная ось $I -$

I, оси крайних наклонных $1-1'$ и $2-2'$ и оси крайних горизонтальных $3-3'$ и $4-4'$ судовозных путей, граница подводного стапеля $5-5'$, линия сопряжения наклонной и горизонтальной частей слипа $6-6'$, оси крайних стапельных путей $7-7'$ и $8-8'$, межсекционные оси железобетонных плит, основания судовозных путей. После этого разбивают все промежуточные оси $9-9'$, $10-10'$... $17-17'$, в том числе оси головок рельсов и фундаментов под стационарное оборудование, а также выносят в натуру их проектные отметки и уклоны.

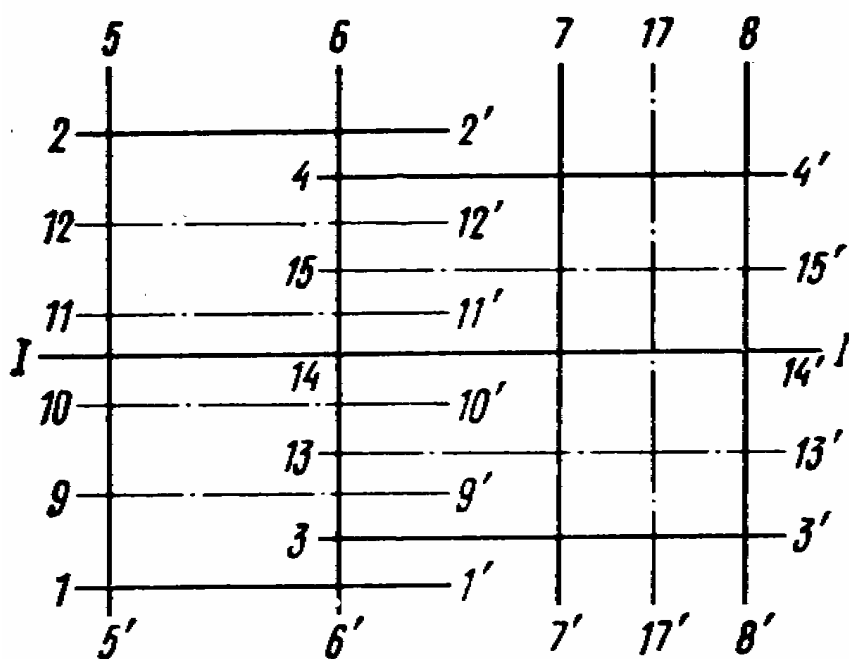


Рис. 3.11. Разбивочные оси поперечного слипа

При строительстве дока разбивают его главную продольную ось $I-I$ и совпадающую с ней ось киль-блоков (рис. 3.12); оси, определяющие габариты камеры $1-1'$, $2-2'$, $3-3'$ и $4-4'$, оси подкрановых путей $5-5'$ и $6-6'$ и доковых опор $7-7'$ и $8-8'$, оси порогов основного и промежуточных затворов $9-9'$ и $10-10'$ и, наконец, межсекционные поперечные оси $11-11'$, $12-12'$ и $13-13'$.

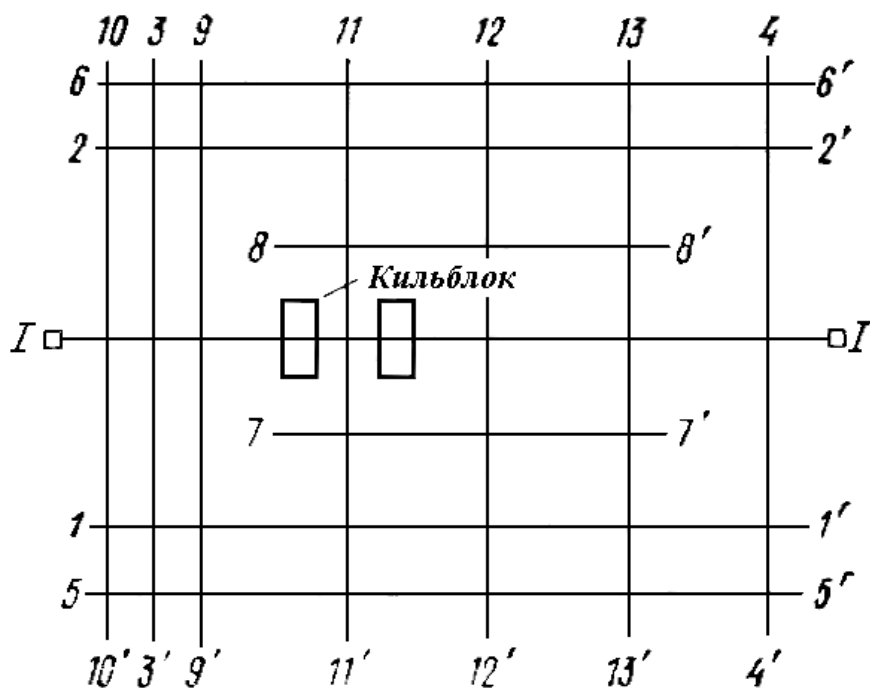


Рис. 3.12. Разбивочные оси дока

Завершают строительные работы текущими исполнительными съемками, выверяя фактическое положение возведенных конструкций и их частей. Так, например, правильность укладки рельсов контролируют створным способом и промерами междупутных расстояний через каждые 30 м; головки рельсов нивелируются на каждом стыке и посередине между стыками.

3.5. ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Топографо-геодезические материалы для обеспечения дноуглубительных работ при строительстве и эксплуатации морских портов и каналов выполняются в приурезовых зонах в масштабах 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000 и реже в масштабе 1:10 000. Они должны базироваться на опорную государственную триангуляционную сеть I и II классов. На участке съемки разбивают триангуляционную сеть III класса или полигонометрию III класса и производят нивелирование III и IV классов.

Места для постановки створных знаков и маяков должны привязываться к пунктам опорной сети. При рекогносцировке, служащей для выбора обоснования, на исследуемом участке моря от береговой сети развивают сеть плавучей триангуляции в виде цепочек треугольников. Опорными пунктами в море служат плавучие вехи, установленные на якорях. Углы измеряют секстаном с борта катера или шлюпки в штилевую погоду. Невязка в треугольнике допускается до 5'.

На основе промера, проведенного при рекогносцировке, по сторонам цепочки треугольников вычерчивают план участка, по которому составляют проект триангуляции и определяют высоты пирамид. Класс триангуляции выбирают в зависимости от площади промера. Сеть развивают до глубины 6 м.

Морская триангуляция III класса должна иметь длину сторон в пределах 3 – 6 км, диагональное направление — не свыше 8 км. Углы должны находиться в пределах 30 – 120°. Угловая невязка в треугольниках допускается 20". Средняя квадратическая ошибка измеренного угла не должна превышать $\pm 7''$. Углы, характеризующие направление линий, в триангуляции III класса измеряют способом круговых приемов теодолитом с точностью 5". Морская триангуляция должна опираться своими начальными и конечными сторонами на береговые пункты. Если в сети не более шести — восьми треугольников, конечная сторона не привязывается.

На каждом пункте триангуляции III класса в море выстраивают простую четырехугольную пирамиду. По сравнению с наземными морские пирамиды делают облегченного типа, так как их устанавливают только на время работ. После установки пирамиды ставят центральную сваю, которая служит столиком для инструмента. Сваю забивают в грунт на глубину 1 – 1,5 м. Чтобы избежать определения элементов центровок и редукции, визирные цилиндры ставят на центре столика. При наблюдениях на пункте визирный цилиндр снимают и вместо него ставят инструмент. В зависимости от глубины моря высоту пирамид рассчитывают так, чтобы луч

визирования проходил на высоте не менее 2,5 м над водой. На рис. 3.13 показаны типы морских пирамид для разных глубин.

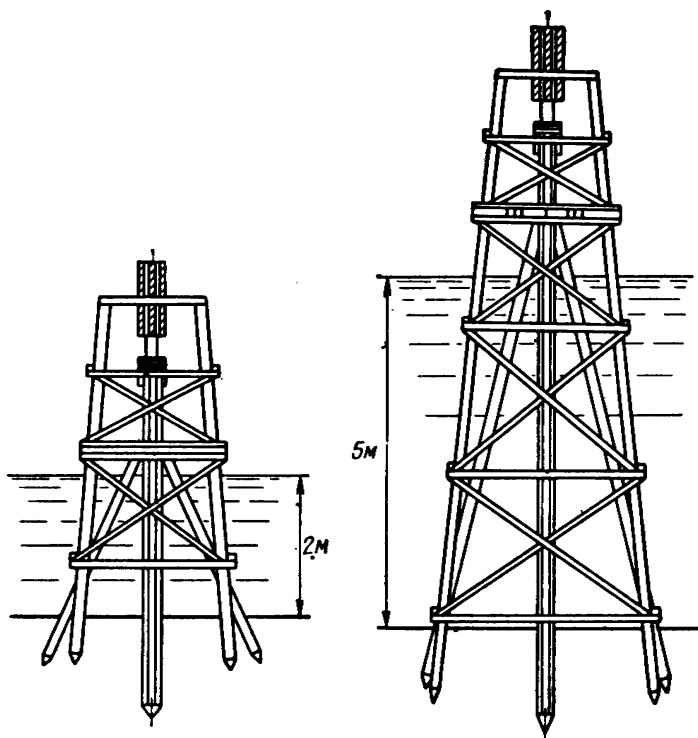


Рис. 3.13. Типы морских триангуляционных знаков для глубин 2 и 5 м

Для сгущения опорной сети III класса развивают сеть IV класса; на базе III и IV классов в море для дальнейшего сгущения сети — аналитическую сеть специального назначения (АСС) методом триангуляции. Для пунктов АСС забивают сваи на глубину 1,5 – 2,5 м с подкосами. Сваи должны возвышаться над уровнем моря на 2 м. Для наблюдения устанавливают около сваи легкую переносную пирамиду и теодолит на сваю. Длина сторон треугольников АСС должна находиться в пределах 1 – 3 км. Измерение углов производят способом повторений техническим теодолитом. Угловая невязка в треугольниках не должна превышать $\pm 30''$. При вытянутом в одном направлении участке промера (по трассе канала) стороны треугольников АСС обычно находятся в пределах 0,6 – 1,5 км. Метод закрепления вершин треугольников и способ измерения углов остаются прежними. Для сгущения триангуляционной сети развивают съемочные сети рабочего обоснования.

Промеры глубин для целей дноуглубления бывают предварительные, исполнительные и контрольные.

Предварительные промеры выполняют не ранее чем за 10 суток до начала дноуглубительных работ, а на участках, подверженных интенсивной заносимости, за 3 – 5 суток; исполнительные — не позже чем через 10 суток после окончания работ на каждом профиле; контрольные — в процессе производства дноуглубительных работ.

При выполнении работ на участках с малой заносимостью, где по условиям больших скоростей течения достижение требуемой точности промеров сопряжено со значительными трудностями, могут быть использованы в качестве предварительных зимние промеры, однако перед началом работ необходимо сделать контрольную проверку глубин (не менее трех — пяти точек на профиле, через один профиль).

На участках, подверженных штормовой заносимости, после штормов делают повторные предварительные промеры глубин впереди земснаряда и на сданных профилях, чтобы правильно учитывать на сданных до шторма профилях штормовую заносимость.

Планы участков дноуглубления с нанесением предварительных и исполнительных промеров составляются в масштабах: для акваторий и территорий — 1:500; 1:1000; 1:2000; для каналов — 1:2000.

План промеров может быть выполнен в смешанном масштабе, сжатом по оси. При этом горизонтальный масштаб (по оси прорези) 1:5000 или 1:10 000, вертикальный — 1:2000. В случае необходимости для участков большой протяженности и малой ширины поперечный масштаб может быть увеличен до 1:200 – 1:500.

Промеры участков дноуглубительных работ выполняют по поперечным профилям. Схема расположения профилей для каждого канала или акватории обычно постоянная, а профили по возможности закреплены привязкой на местности.

Расстояние между профилями устанавливают в зависимости от рельефа дна и протяженности участка работ: на каналах — 20, 50 или

100 м, на акваториях портов — 20 м; у причальных линий — 10 м. Допускается увеличение расстояний между профилями на каналах до 200 м, на акваториях — до 50 м, у причалов — до 20 м.

Промерные точки на профилях в пределах проектной ширины канала располагают через 10 м, на откосах — через 2,5 и 5 м. При производстве промеров путем угловой инструментальной засечки промерных точек с берега для подсчета объемов работ глубины выносятся на план через указанные выше интервалы с использованием линейной интерполяции.

Промерные точки на акваториях портов у причалов и оградительных сооружений, начиная от точки у сооружения, принимают на участке до 5 м через 1 м; на участке от 5 до 10 м — через 2,5 м; далее две точки — через 5 м и последующие — через 10 м.

Для подсчета объемов работ в зоне формирования откосов и определения забровочных глубин промерные точки на каждом промерном профиле выводят за пределы проектной ширины прорези на расстояние, превышающее заложение проектируемого или сформировавшегося откоса на 20 – 30 м.

При выполнении дноуглубительных работ, связанных с разработкой береговой территории, по каждому промерному профилю производят нивелировку берега на расстояние, позволяющее подсчитать объемы на откосах. Данные нивелировки также приводят к принятому нулю глубин.

Все измерения и наблюдения, связанные с промерами, записывают в рабочие журналы (промерные, теодолитные, нивелирные, водомерные и т. п.) установленного образца, строго придерживаясь правил ведения журналов, не допуская пропуска имеющихся в них граф. Ошибочно сделанные записи и неверные отсчеты перечеркивают, а верную запись делают рядом. Стирать записанные данные в рабочем журнале не допускается. Все записи делаются простым черным карандашом. Ведение записей измерений и наблюдений на отдельных листах или в блокнотах не допускается.

Предварительные и исполнительные промеры выполняют в присутствии представителя заказчика и записи в промерном журнале заверяются его подписью.

Для постоянного контроля за глубинами при выполнении дноуглубительных работ, а также получения сведений о колебаниях уровня воды на участках работ при проведении промеров устанавливают водомерные посты.

В каждом порту или на участках канала имеется водомерный пост с контрольной рейкой и рабочая рейка.

Контрольная водомерная рейка привязывается нивелировкой к ближайшему реперу. Водомерный пост должен быть защищен от волнения и повреждений, а сама рейка не должна обсыхать при самой малой воде и затапливаться при высокой воде.

Для дноуглубительных и промерных работ в качестве контрольной и рабочей реек могут быть использованы деревянные водомерные рейки длиной 2–4 м (в зависимости от амплитуды колебания уровня в районе работ).

Рейка (рис. 3.14, а) представляет собой деревянную доску шириной 12 см и толщиной 2,5–4 см. Лицевая сторона доски размечается делениями через 2 см. Черные деления 1 врезаны на глубину 1–2 мм. На свободных пашках выписывают цифры 3 десятиметровых делений. Лицевая сторона и выпуклые деления 2 рейки окрашивают в белый цвет, а вырезанные деления — в черный. Остальная поверхность окрашена в белый цвет.

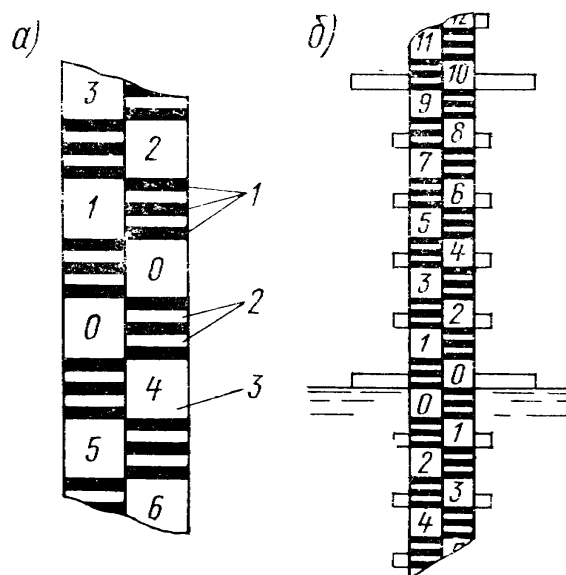


Рис. 3.14. Водомерные рейки

С целью улучшения видимости и удобства отсчета показаний рейки на расстоянии, а также при значительных колебаниях уровня

следует применять рейку с поперечными планками (рис. 3.14, б). Короткие поперечные планки, окрашенные в белый цвет, набивают через 20 см, а длинные планки должны обозначать целые метры. Ширина планок 5 см, длина: коротких — 25 см, длинных — 50 см.

Работа на водомерном посту организуется таким образом, чтобы сведения об уровне воды могли быть получены на земснаряде по радиотелефону в любое время суток. В тех случаях, когда разностью отметок уровня на водомерном посту и в районе работы земкаравана можно пренебречь или если эта разность является практически постоянной величиной, сведения можно передавать не менее четырех раз в сутки в определенные часы.

Иногда, если позволяют условия, в непосредственной близости от участка работ устанавливают рабочую водомерную рейку, нуль которой соответствует нулю контрольной рейки и отсчетному уровню.

Рабочую рейку устанавливают таким образом, чтобы отсчет по ней можно было делать визуально с борта земснаряда. Для лучшего отсчета на рейке через каждые 30 см прибавляют контрастно окрашенные поперечные планки, позволяющие в условиях недостаточно хорошей видимости делать отсчет уровня от верха рейки по количеству планок. По мере продвижения земснаряда рабочую рейку переставляют. При отсутствии видимости с борта земснаряда для получения отсчета к рейке периодически посылают шлюпку или катер.

Наилучшим образом организация водомерных наблюдений осуществляется при помощи радиореек. Радиопередатчики уровня устанавливают в районах производства дноуглубительных работ с интервалом, соответствующим нормальному радиусу действия каждой радиорейки. Поплавки радиорейки в зависимости от уровня изменяют частоту радиоволн передатчика; радиоприемник на земснаряде настраивают на волну радиопередатчика. Отсчет уровня может быть взят в любой момент по шкале радиоприемника,

имеющего соответствующую градуировку, либо по переводной таблице.

Сведения о фактическом положении земснаряда на прорези необходимо иметь в течение всего периода работы. О пройденном расстоянии судят по поперечным профилям, о ширине разрабатываемой прорези — по положению земснаряда относительно оси канала или по бровкам.

При большой протяженности морских каналов точность определения ширины канала по осевым береговым створам и мерным тросам с удалением от начала (от осевых береговых створов) значительно уменьшается, что приводит порой к увеличению или, наоборот, уменьшению ширины канала в сторону одной из бровок, т. е. к снижению качества дноуглубительных работ и значительному объему непроизводительно извлеченного грунта.

Для папильонажных земснарядов знание его положения на прорези позволяет фиксировать момент выхода на линию бровки грунтозаборного устройства, а также определить длину выработки участка дноуглубительных работ за определенный период (за вахту, сутки и т. д.) и произвести подсчет извлеченного грунта на этом участке.

Для самоотвозных землесосов знание местоположения в любой момент позволяет выбрать нужную трассу движения (траншею) и удерживать землесос на заданном курсе в процессе грунтозабора; обеспечивать необходимую чистоту выработки бровок прорези; уточнять место начала и конца работы.

Имеются следующие способы определения места земснаряда:

- 1) относительно бровок или оси прорези;
- 2) относительно поперечных профилей.

К первым относятся следующие способы определения:

- по обратной засечке с применением гониометрических сеток;
- по осевому или бровочным створам и по створам, выставленным между осью и бровкой;

- по судовым технологическим приборам — папильонажемерам;
- при помощи радионавигационных систем.

Ко вторым относятся следующие способы определения:

- по обратной засечке с применением гониометрических сеток;
- по секущим створам или по осевому створу и углу между линией осевого створа и неподвижным предметом на берегу (знаком, приметным пунктом);

- по судовому технологическому прибору — подачемеру;
- при помощи радионавигационных систем.

Перечисленные способы имеют различную степень точности и некоторые из них применимы только при определенных условиях.

3.6. СООРУЖЕНИЯ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА

В отличие от промерных работ на реках и морских каналах при съемке шельфа приходится измерять глубины по обширной площади исследуемой акватории, подобно тому как в процессе топографической наземной съемки определяют отметки и плановое положение большого числа речных точек. Но если топограф может свободно выбирать характерные точки местности для последующего нанесения их на карту, то подводный рельеф отделен от наблюдателя непрозрачным слоем воды. Поэтому измерение глубин на море ведут по заранее запланированной сети точек, количество которых зависит от сложности рельефа; впоследствии эту сеть сгущают в местах выявленных характерных форм поверхности дна. Промерные точки располагают по проектируемым направлениям движения с измерительными приборами — съемочными галсами.

Геодезическим обоснованием съемки шельфа служат государственные геодезические сети, создаваемые вдоль побережья методами триангуляции, полигонометрии и трилатерации, их пункты обозначаются на местности сигналами, пирамидами, турами из камней. В пределах прибрежной зоны, т. е. на расстоянии не более 10 км от берега, определение положения промерных точек

производится теодолитом от пунктов береговой геодезической сети способами прямой и обратной засечек.

При значительном удалении промерного судна от берега его положение определяют с помощью радиогеодезических систем (РГС) — импульсных и фазовых радиодальномеров. Следует отметить, что аналогично определяется положение объектов, предназначенных для разведки и эксплуатации месторождений на шельфе, например буровых судов и установок.

Если плановая привязка судна осуществляется теодолитом, съемочные галсы проектируются в виде прямых линий. При применении радиогеодезических систем галсы имеют форму соединенных между собой дуг окружностей (рис. 3.15).

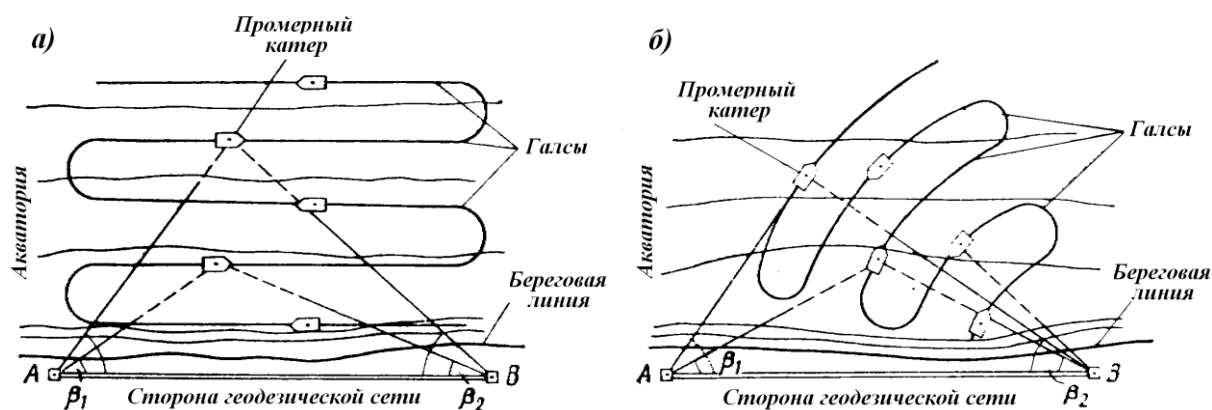


Рис. 3.15. Промерные галсы:
а — прямые; б — круговые

Съемка шельфа начинается с выведения судна на исходный съемочный галс. Через равные промежутки времени подается команда на одновременное измерение плановых координат и глубин. Дойдя до границы участка съемки, судно поворачивает на 180° и ложится на обратный курс смежного галса. Таким образом съемкой покрывается вся площадь участка.

Результаты съемки непрерывно наносятся на рабочие планшеты, по данным которых в дальнейшем составляются карты шельфа.

Согласно действующим инструкциям гидрографической службы, средняя квадратическая погрешность определения места судна на галсе не должна превышать 1,5 мм в масштабе съемки, а максимальное расстояние между промерными точками на рабочем планшете составляет 3 – 4 см.

Широкое применение в практике промерных работ получила отечественная модель эхолота ПЭЛ-3 с диапазоном измерения глубин 200 м и точностью порядка 1 %. В настоящее время при картографировании шельфа используют гидролокаторы бокового обзора (ГБО) — антенные устройства, передающие изображение дна на телевизионный экран. В отличие от эхолотов гидролокаторы позволяют выполнять площадную съемку подводного рельефа, не прибегая к сгущению галсов.

Промеры глубин производятся от поверхности морской воды, испытывающей постоянные колебания. Поэтому для приведения глубин к единому нуль-пункту одновременно с промерными работами выполняются наблюдения за уровнем воды с помощью приборов, называемых самописцами уровня моря.

Для топографических карт шельфа в России принята проекция Гаусса–Крюгера со стандартной номенклатурой. Основной масштаб карт — 1:25 000; зоны интенсивного освоения и разработки полезных ископаемых снимаются в масштабах 1:5000 и 1:2000; труднодоступные районы арктических морей — в масштабе 1:50 000 с последующим составлением карт более мелкого масштаба. Рельеф дна на картах шельфа изображается горизонталями; высота сечения рельефа, как и на суше, обусловлена масштабом съемки и характером рельефа.

Арктические моря России в течение 8 – 10 месяцев покрыты льдом. Промеры глубин в них обычно ведут эхолотами, смонтированными на вездеходах и тракторах с бурильными установками.

4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ

4.1. СИСТЕМА ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ СЪЕМОК В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Акты по результатам исполнительных съемок, которые определяются СНиП на строительные-монтажные работы, являются важнейшими документами в системе государственных стандартов на техническую документацию.

Геодезические исполнительные съемки строящихся объектов производятся по мере монтажа какой-либо конструкции, выполнения этапа строительного-монтажных работ и завершения строительства, например, после подготовки котлована, возведения фундаментов, выполнения всего комплекса нулевых работ, составления плана осей и т. д.

Цель геодезических исполнительных съемок — своевременная корректировка выполнения работ для обеспечения качественного монтажа последующих элементов. Исполнительные съемки могут производиться многократно, их иногда называют текущими. После окончания строительного-монтажных работ выполняют окончательную исполнительную съемку здания или сооружения, составляют исполнительный генеральный план объектов.

Текущие и окончательные геодезические съемки ведутся теми же методами и в том же масштабе, что и обычные разбивки и геодезические съемки. Чаще всего для съемок используют существующие проектные чертежи, на которых под проектными данными пишут фактические размеры и другие отклонения. Согласно СП 45.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты») установлены различные виды контроля, а в СП 70.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции») в п. 1.22 отмечается, что при приемочном контроле должны быть

представлены следующие документы: исполнительные чертежи; геодезические исполнительные схемы положения конструкций.

Геодезической основой исполнительных съемок могут быть:

в пределах отдельных зданий и сооружений — точки внутренней сети или пересечения разбивочных осей;

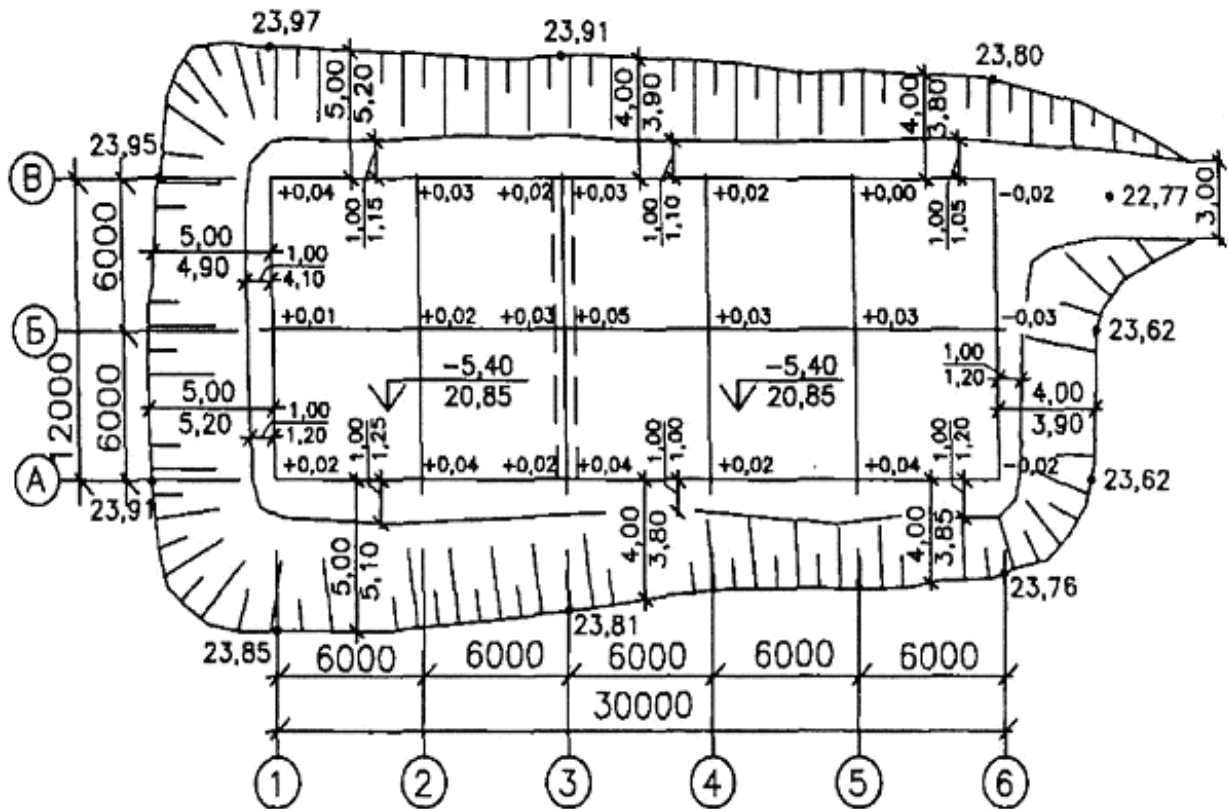
в пределах строительной площадки — знаки планово-высотной внешней разбивочной сети или знаки закрепления разбивочных осей.

4.2. ТИПОВЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СХЕМЫ

Многие строительные организации в целях упорядочения и единообразия чертежных работ выпускают альбом исполнительных схем (по оформлению различных строительного-монтажных работ).

Для изучения методики составления исполнительных схем и правил оформления чертежной документации по ЕСКД (ГОСТ 2001-70. ЕСКД. Общие положения) приведены фрагменты (части) основных типовых схем на рис. 4.1 – 4.8. На схемах изображены условные знаки, которыми наряду с цифрами показывают различные отклонения. Часто в схемах приводят соответствующие выписки из СНиП о предельно допустимых отклонениях, поэтому типовые схемы можно использовать как справочные пособия по производству данных работ.

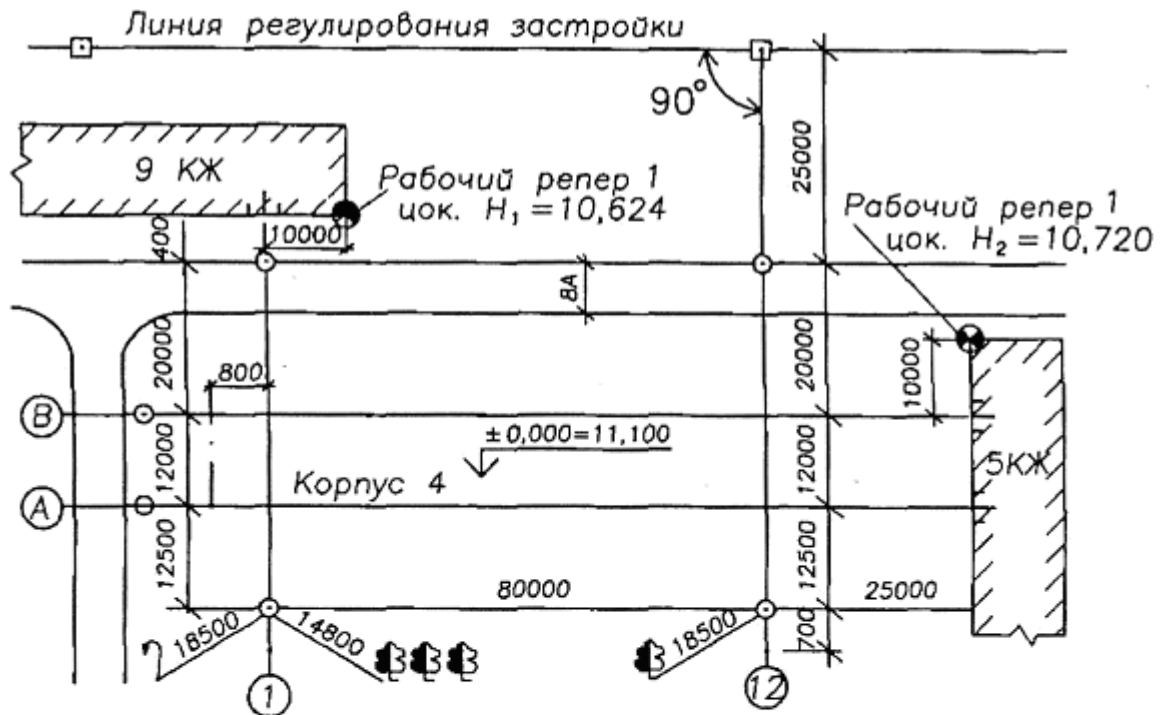
Составление той или иной схемы определяется соответствующими пунктами СНиП и подтверждается указаниями на их составление в проекте производства работ (ППР), в котором указываются точность, методы и приборы для составления схем. Особое внимание уделяется исполнительным съемкам инженерных сетей (подземных и наземных коммуникаций).



Условные обозначения:

- $\frac{5,00}{5,20}$ или $\frac{1,00}{1,20}$ проект. — расстояния от оси до верхней или нижней бровки котлована;
- $+0,04...-0,02$ — отклонения дна котлована от проекта;
- $\frac{-5,40}{\sqrt{20,85}}$ — проектная глубина и отметка котлована;
- $\equiv \equiv \equiv$ — граница изменения проектных отметок;
- $\bullet 23,62$ — отметка верхней бровки котлована

Рис. 4.1. Исполнительная схема котлована



Из ГОСТ 21779-82

Допуски разбивки осей в плане, мм

Интервал номинального размера, L	Класс точности					
	1	2	3	4	5	6
Св. 8000 до 16000	2,4	4,0	6,0	10,0	16	24
" 16000 " 25000	4,0	6,0	10,0	16	24	40
" 25000 " 40000	6,0	10,0	16	24	40	60
" 40000 " 60000	10,0	16	24	40	60	100

Условные обозначения:

- — центр разбивочной сети;
- ⊙ — грунтовый знак;
- — металлический штырь;
- Ш — откраска на здании

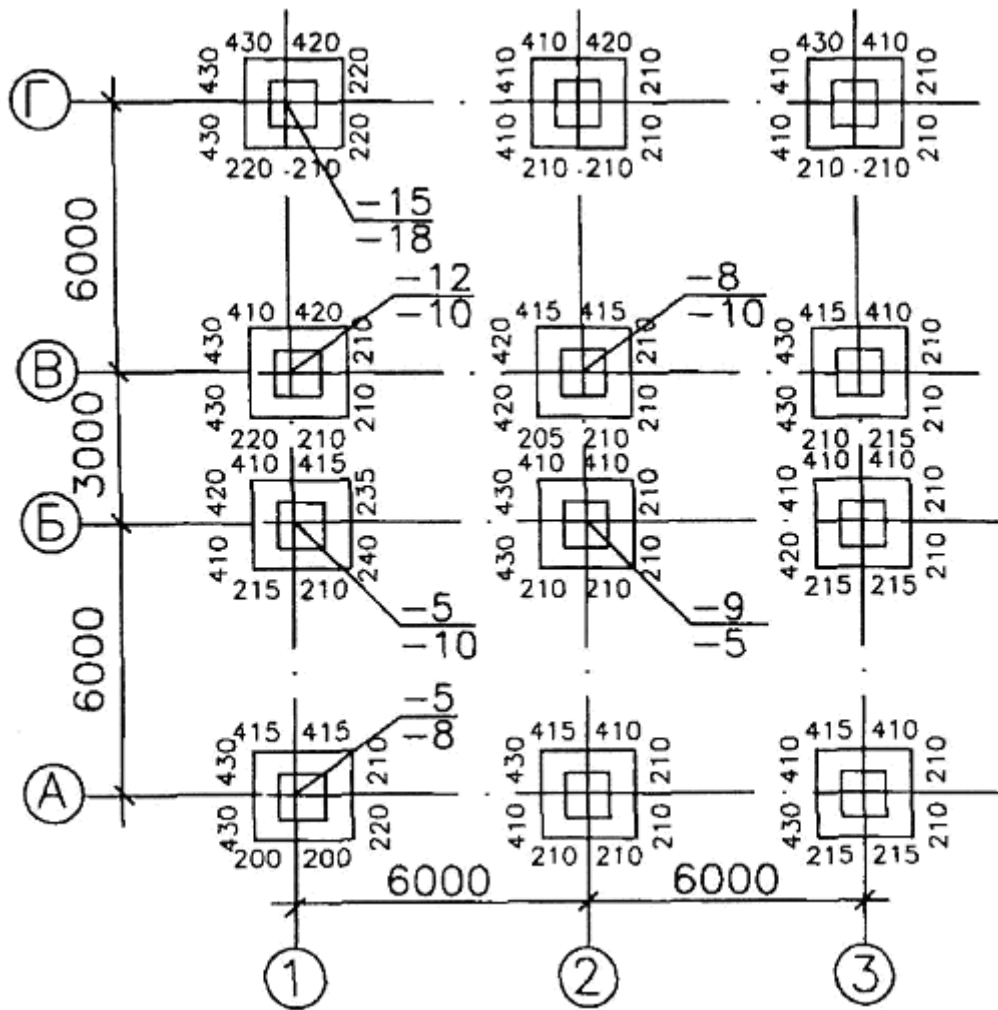
Примечание. Разбивка корпуса в осях произведена в соответствии с разбивочным чертежом N__от__проектной организации _____

Разбивку
сдал _____

(должность, фамилия, подпись, дата)

принял _____

Рис. 4.2. Исполнительная схема закрепления основных осей

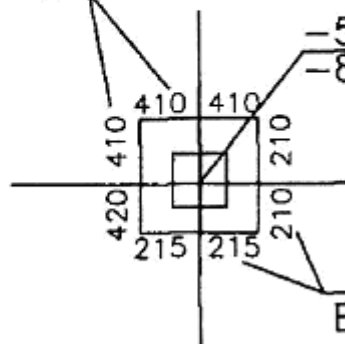


Условные обозначения:

Наружные габариты стакана

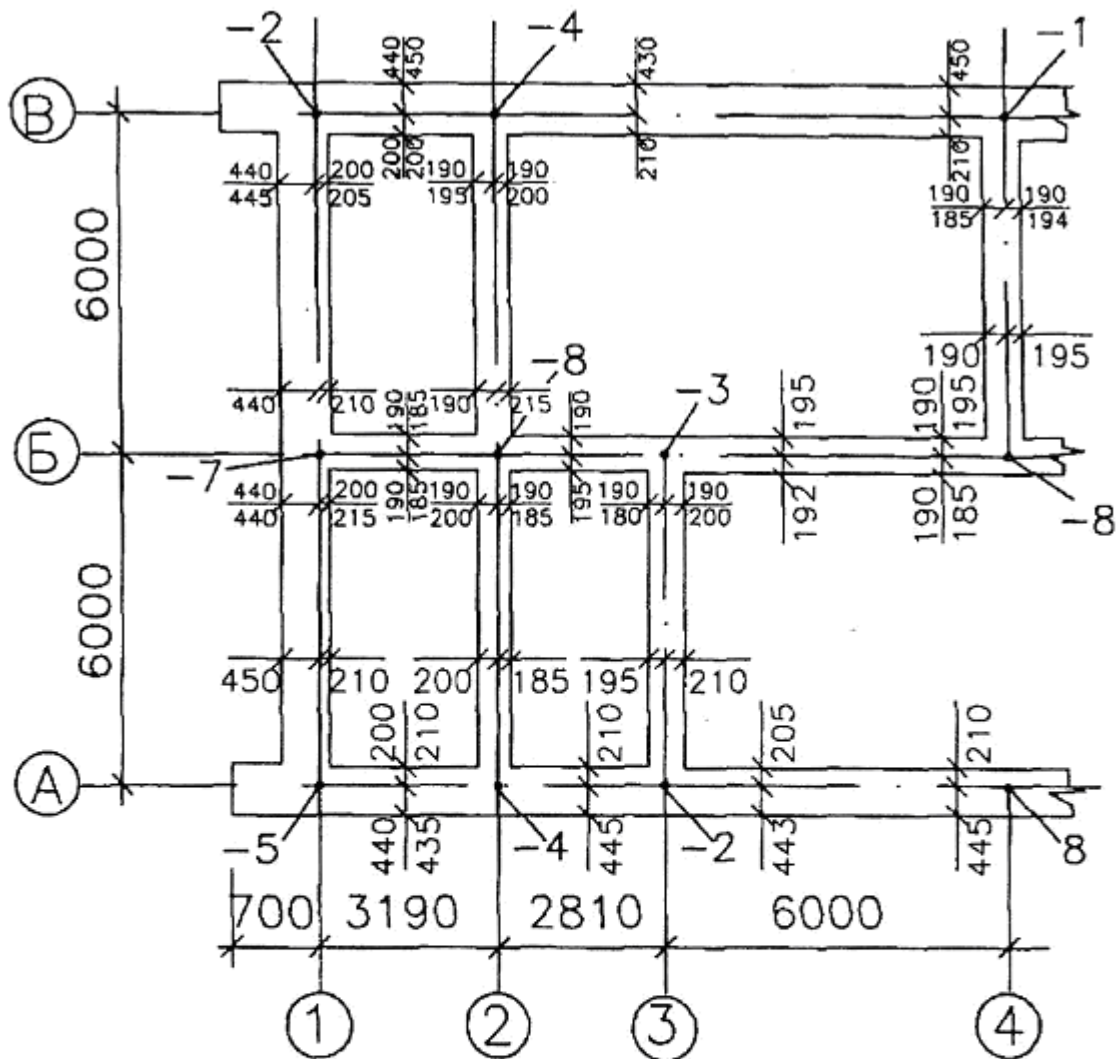
Отклонение от проектной отметки стакана:

-5 — верха стакана
-8 — низа стакана



Внутренние габариты стакана

Рис. 4.3. Исполнительная схема фундаментов стаканного типа



Условные обозначения:

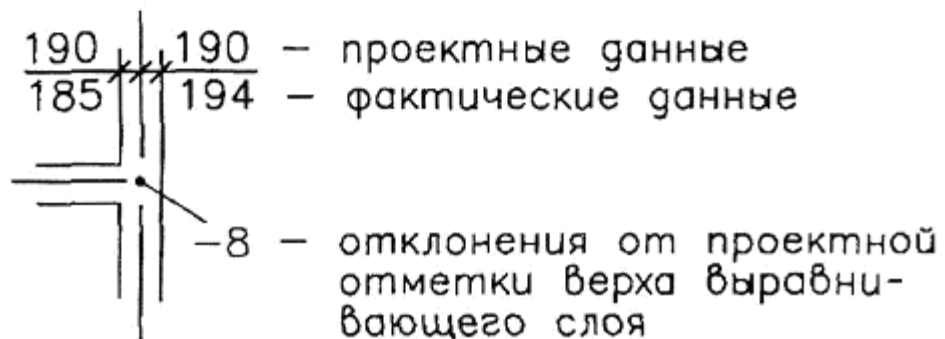
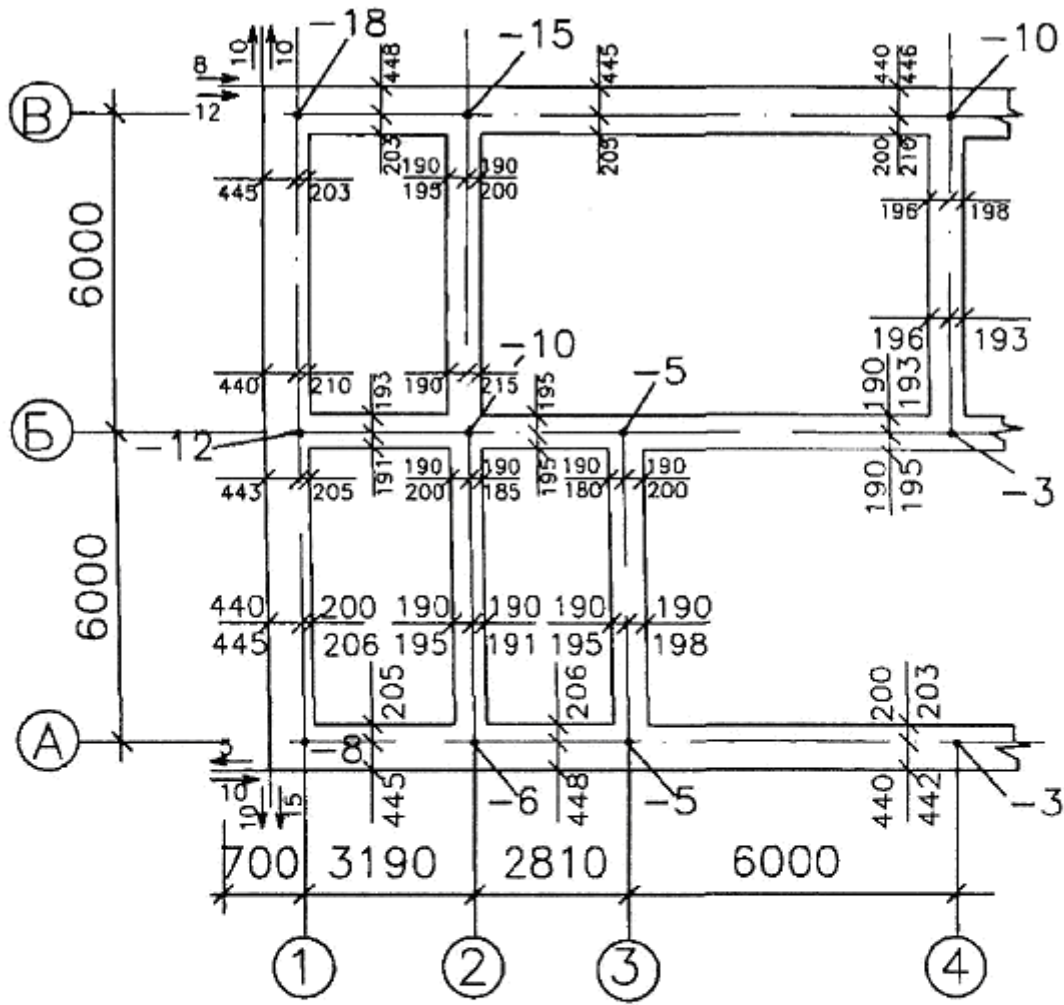
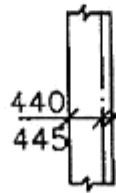


Рис. 4.4. Исполнительная схема фундаментов ленточного типа

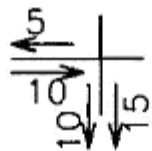


Условные обозначения:



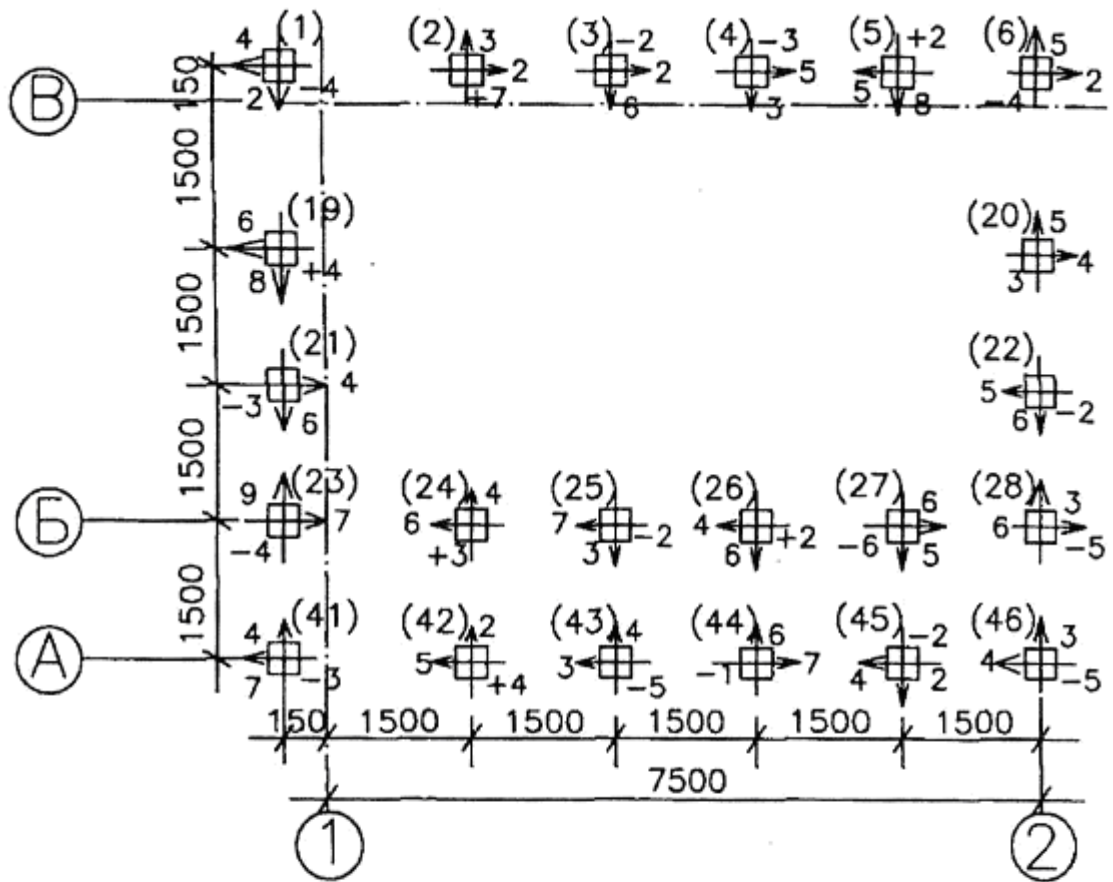
440 / 445 200 / 206 — проектные размеры кирпичной кладки;
 — фактические размеры кладки;

-3 — отклонение фактической отметки этажа от проектной;



— направление и величина отклонения от вертикали угла кладки
 (в числителе—на этаже съёмки,
 в знаменателе—на все здание)

Рис. 4.5. Исполнительная схема кирпичных стен



Условные обозначения:

(3) – номер сваи;

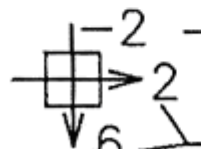
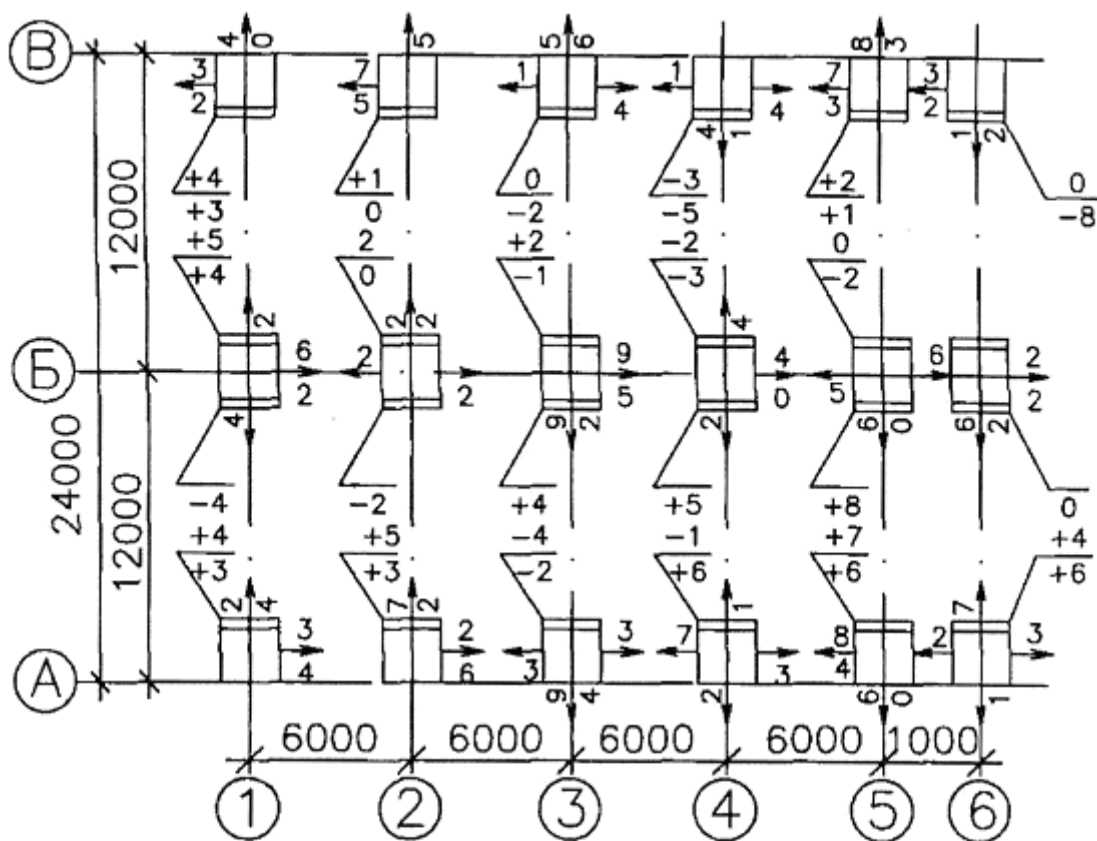

 - отклонение по высоте головок срубленных свай от проекта, см;
 - величина и направление смещения сваи от проекта, см

Рис. 4.6. Исполнительная схема фундаментов свайного типа



Условные обозначения:

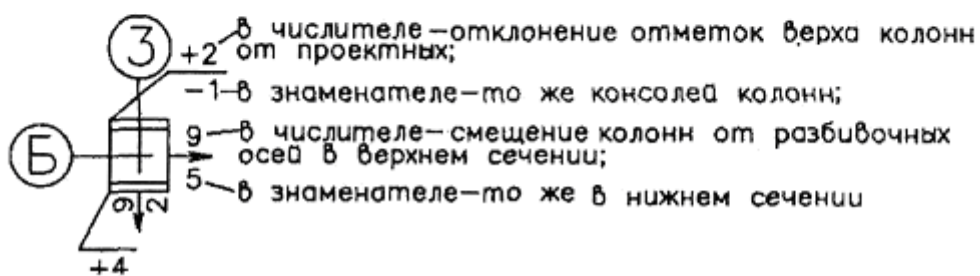
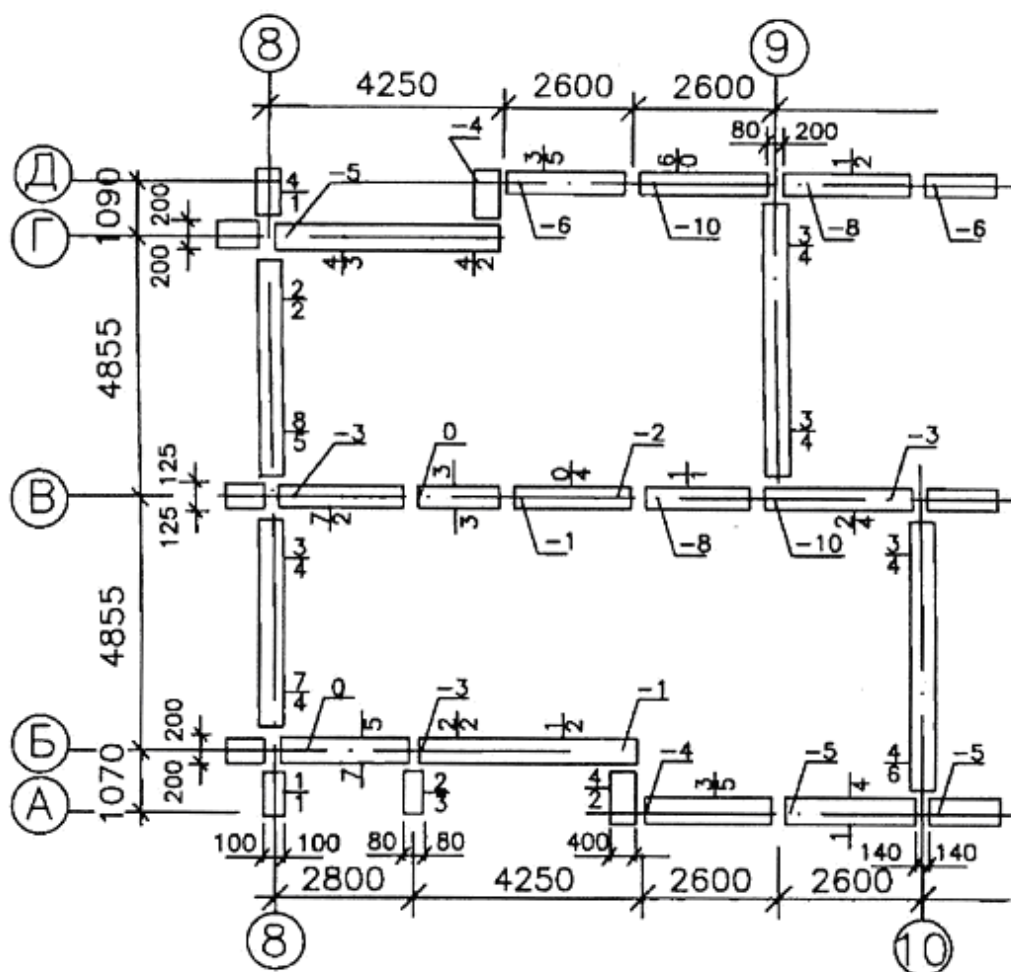
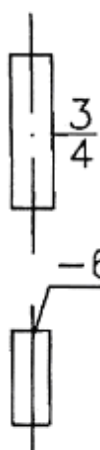


Рис. 4.7. Исполнительная схема каркасных зданий



Условные обозначения:



В числителе—отклонение плоскости стеновых панелей от вертикали в верхнем сечении;
 В знаменателе—смещение осей или граней панелей относительно разбивочных осей в нижнем сечении;

-6 отклонение отметки верха стеновых панелей от наивысшей точки монтажного горизонта

Рис. 4.8. Исполнительная схема панельных стен

5. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ СООРУЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

5.1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Для обеспечения надежной и безаварийной работы гидротехнических сооружений в соответствии с «Правилами технической эксплуатации» проводят регулярные наблюдения за всеми элементами сооружений с целью контроля за состоянием и условиями работы сооружения и своевременного принятия мер, обеспечивающих его нормальную работу.

Геодезические наблюдения за деформациями и смещениями включают в себя измерения при помощи геодезических инструментов горизонтальных и вертикальных смещений сооружений. Для наблюдений используется измерительная сеть, состоящая из следующих знаков:

- репер — знак, высотное положение которого, является практически неизменным во все время наблюдений за деформациями сооружений;
- марка — жестко укрепленный на конструкции сооружения знак, изменяющий свое высотное и плановое положение вследствие смещений сооружений;
- опорный знак — практически неподвижный в горизонтальной плоскости знак, относительно которого определяются сдвиги и крены сооружений.

Все геодезические знаки, установленные на сооружении и вблизи него, образуют наблюдательную и опорную сети, связанные между собой геодезическими измерениями.

Проект опорной и наблюдательной сетей составляется в результате общего осмотра гидротехнического сооружения и

прилегающей к нему территории и акватории. При этом учитывается следующее:

- марки наблюдательной сети должны быть обязательно заложены в тело сооружения в характерных точках, обеспечивающих наиболее полное отражение характера и размеров деформации;

- знаки наблюдательной сети необходимо располагать через 5 – 20 м вдоль сооружения в зависимости от его жесткости;

- места установки всех знаков опорной и наблюдательной сетей (реперов и марок) должны быть легкодоступны;

- знаки опорной сети следует располагать в стороне от транспортных коммуникаций и мест складирования и перевалки грузов;

- расстояния от знаков опорной сети до ближайших наблюдательных марок, расположенных на сооружении, не должны превышать 40 – 50 м;

- если марки наблюдательной сети располагаются по створной линии, опорные знаки должны устанавливаться на перпендикулярах к створной линии в ее концах;

- знаки опорной и наблюдательной сетей следует устанавливать с учетом возможной реконструкции и застройки территории исследуемого участка;

- для обеспечения надлежащей точности оптических наблюдений протяженность линий створа не должна превышать 100 – 150 м.

Виды опорной и наблюдательной сетей выбираются в зависимости от конфигурации и расположения исследуемых гидротехнических сооружений в плане, а также от условий планировки и застройки прилегающей к сооружению территории.

Для обеспечения сохранности знаков опорной и наблюдательной сетей необходимо не допускать навала грузов на марки и реперы; окрашивать или смазывать густой смазкой металлические стержни, стаканы, крышки марок и реперов; следить

за тем, чтобы крышки над реперами и марками были постоянно закрыты и соприкасались с головками знаков; не допускать швартовки шлюпок и катеров за установленные знаки.

Измерение вертикальных смещений (осадок) сооружений может выполняться следующим образом.

Геометрическое нивелирование заключается в определении превышения одной точки над другой при помощи горизонтального луча визирования и отвесно установленных в этих точках реек.

Тригонометрическое нивелирование состоит в определении превышения одной точки над другой путем измерения угла наклона визирного луча и расстояния от инструмента до точек визирования.

Гидростатическое нивелирование предусматривает определение превышения одной точки над другой с использованием закона сообщающихся сосудов.

Фотограмметрический способ заключается в периодическом фотографировании фототеодолитом точек сооружения и обработке фотоснимков на стереокомпараторе с целью определения осадок.

Требуемая погрешность измерения величин осадок гидротехнических сооружений определяется предельными значениями смещений этих сооружений, которые могут быть допущены без нарушения нормальных условий их технической эксплуатации. Эти условия определяют выбор класса измерения и соответствующего метода проведения работ.

Перед началом измерений деформаций гидротехнических сооружений устанавливаются исходные геодезические знаки — реперы опорной сети:

- глубинный — фундаментальный геодезический знак, закладываемый в практически несжимаемые грунты (рис. 5.1, 5.2);
- грунтовой — знак, закладываемый ниже глубины промерзания грунта (рис. 5.3, 5.4);

• стеной (или стенная марка) — геодезический знак, закладываемый в стену здания или сооружения, осадку которого можно считать практически закончившейся (рис. 5.5, 5.6).

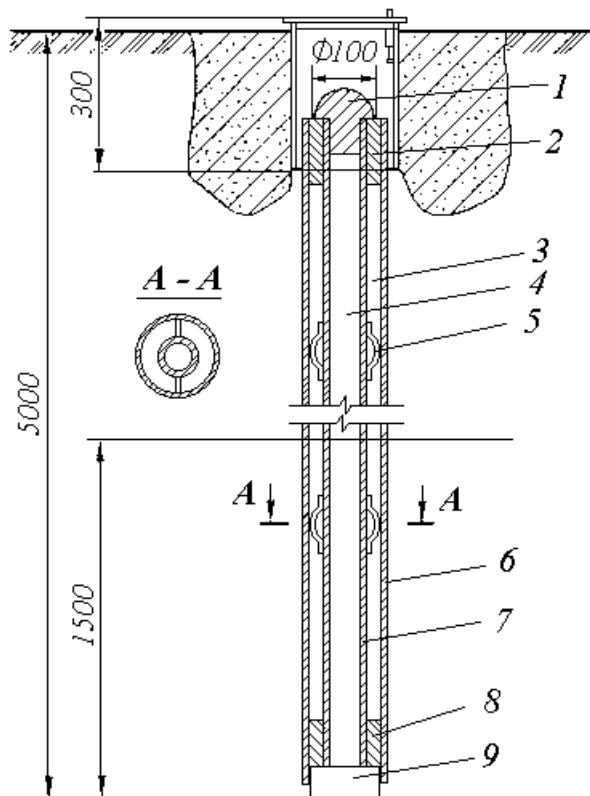


Рис. 5.1. Глубинный трубчатый репер, закладываемый бурением:
 1 — запрессованная бронзовая головка с перекрестием; 2, 8 — сальники; 3 — мазут; 4 — цемент; 5 — наваренный фонарь из полосового железа; 6 — труба \varnothing 150 мм; 7 — труба \varnothing 60 мм; 9 — поддон металлический

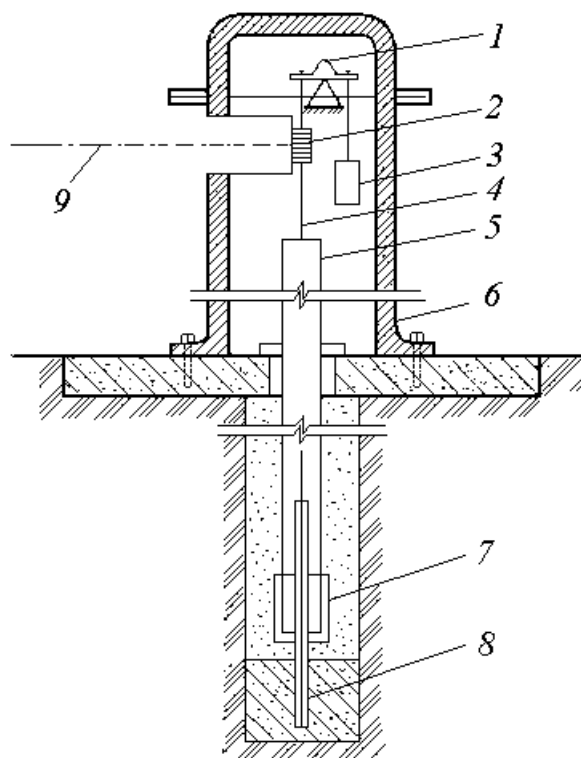


Рис. 5.2. Глубинный репер с гибкой реперной штангой:
 1 — рычаг; 2 — шкаловая марка; 3 — груз; 4 — инварная проволока; 5 — защитная труба; 6 — труба-люк; 7 — сальник; 8 — штوك; 9 — горизонт инструмента

Основание глубинного репера доводится до скального или практически несжимаемого грунта. Грунтовые реперы (обычно трубчатые или свайные) служат для проверки знаков наблюдательной сети в высотном и плановом отношении.

Стенные реперы и марки закладываются не ниже 0,5 м над поверхностью территории.

После установки репера на него передаются отметки от ближайших точек государственной геодезической высотной сети или он привязывается к условной системе высот.

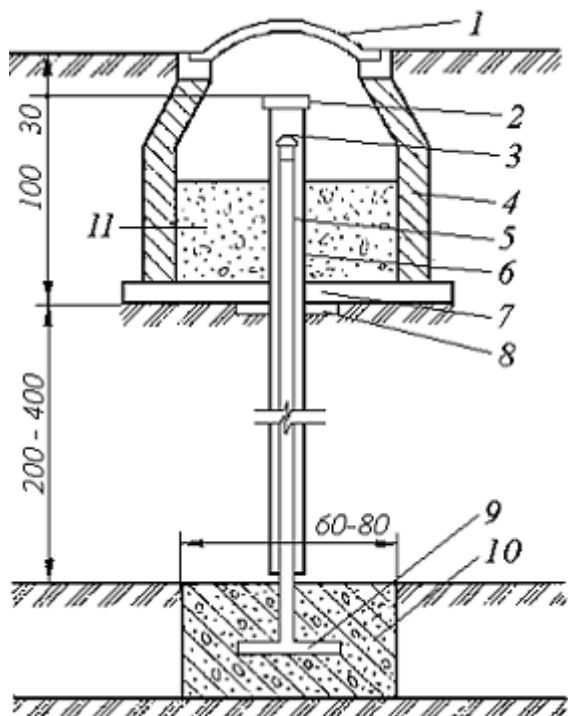


Рис. 5.3. Трубчатый грунтовой репер на бетонном фундаменте:

- 1 — люк с крышкой; 2 — крышка;
- 3 — реперная головка (\varnothing 2–4 см);
- 4 — кирпичный или бетонный сборный колодец; 5 — реперная труба (\varnothing 7–8 см); 6 — защитная труба (\varnothing 12–15 см); 7 — бетонная подготовка; 8 — хомут для удержания защитной трубы; 9 — анкерный лист; 10 — бетонная подушка; 11 — шлак

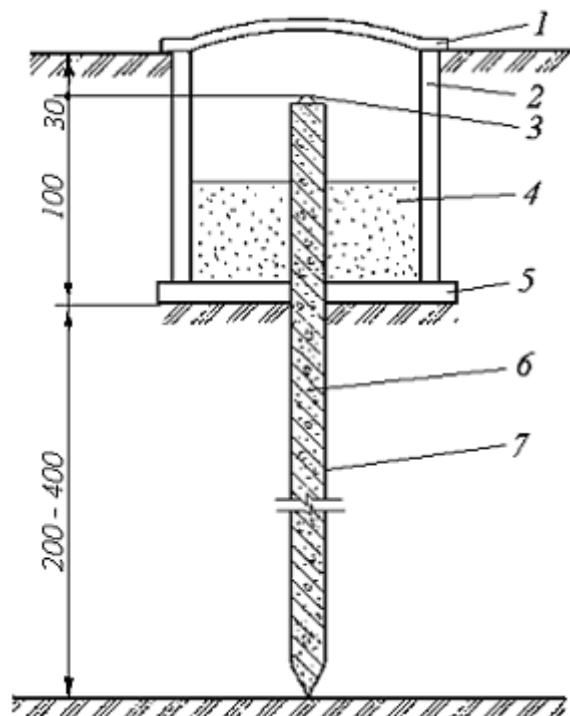


Рис. 5.4. Грунтовой свайный репер, устанавливаемый забивкой или в котловане ниже глубины промерзания на 1–2 м:

- 1 — люк с крышкой; 2 — кирпичный или бетонный сборный колодец; 3 — реперная головка (\varnothing 2–4 см); 4 — шлак; 5 — бетонная подготовка при установке в котлован; 6 — свая; 7 — толь или битум

Наблюдательные марки различного назначения, заложенные в тело сооружения, образуют наблюдательную сеть. Размещение марок должно обеспечивать наиболее благоприятные условия выполнения геодезических работ.

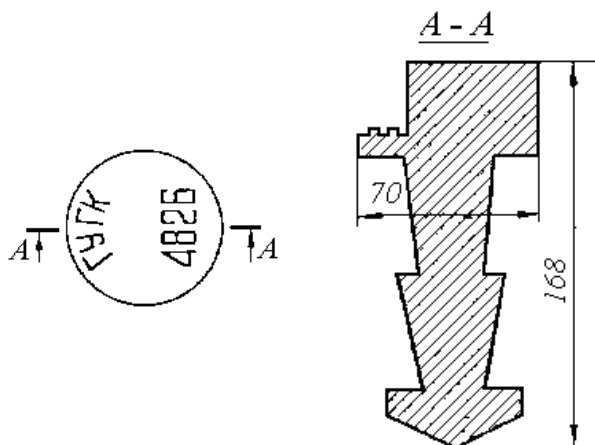


Рис. 5.5. Стенной нивелирный репер

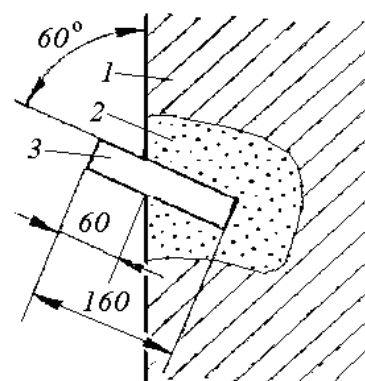


Рис. 5.6. Стенной нивелирный репер упрощенного типа:
 1 — каменная стена; 2 — цементный раствор; 3 — уголок 30×30×5 мм

Измерение горизонтальных смещений сооружений выполняется следующими способами:

- методом створных наблюдений, применяемым при неподвижности концевых знаков створа — наблюдательных пунктов;
- методом измерения малых (параллактических) углов, заключающемся в точном измерении теодолитом малых углов между постоянным направлением створа и направлениями на каждую промежуточную наблюдательную марку, лежащую примерно на этом створе;
- методом отдельных направлений, при котором допускается предварительно не вычислять координаты наблюдательных марок в различных циклах наблюдений;
- методом триангуляции, применяемым для наблюдений за горизонтальными смещениями гидротехнических сооружений, на которых наблюдательные пункты не могут быть связаны с опорными пунктами путем линейных измерений;
- методом полигонометрии, основанным на измерении сторон и углов замкнутых полигонов, образованных знаками опорной сети (реперами) и наблюдательными пунктами, расположенными на сооружении, с целью вычисления координат наблюдательных пунктов

за период между двумя наблюдениями; определяют из двух циклов наблюдений с учетом возможного смещения знаков опорной сети;

- методом трилатерации, заключающемся в измерении сторон в треугольнике, образованном наблюдательным пунктом и двумя опорными пунктами; применяется для наблюдения за горизонтальными смещениями сооружений;

- комбинированным методом, применяемым для измерений горизонтальных смещений при неустойчивости наблюдательных пунктов: метод створных наблюдений комбинируется с методами отдельных направлений, триангуляции, полигонометрии, трилатерации.

Измерение горизонтальных смещений сооружений, так же как и измерение их осадок, может выполняться фотограмметрическим способом.

Техническая документация по результатам геодезических наблюдений за общими и местными деформациями сооружения должна освещать цели и задачи измерений, примененную методику работ и использованные инструменты, периоды наблюдений, вид производства работ (рекогносцировка, изготовление и установка знаков, угломерные наблюдения, створные измерения, нивелирование, измерение углов наклона верхней грани сооружения и т. п.), камеральную обработку с оценкой точности измерений.

5.2. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА МОРСКИМИ СООРУЖЕНИЯМИ

Горизонтальные и вертикальные смещения морских гидротехнических сооружений происходят под воздействием внешних нагрузок и могут быть следствием деформаций грунта в основании сооружений, сдвига сооружения по основанию и деформаций самого сооружения. Величину смещений измеряют с помощью геодезических инструментов с точностью для горизонтальных смещений ± 5 мм, для осадок ± 3 мм.

Измерение деформаций морских гидротехнических сооружений должно проводиться в следующей последовательности: составление рабочей программы, организация измерений, непосредственные измерения, обработка результатов измерений, составление отчета по результатам измерений. Инструментальные наблюдения за деформациями причальных сооружений, эксплуатируемых круглый год, рекомендуется проводить перед началом навигации, периодом интенсивной эксплуатации или после ее окончания, а для оградительных и берегоукрепительных сооружений — перед осенне-зимним штормовым периодом или после него.

Если портовые гидротехнические сооружения находятся в аварийном состоянии, под нагрузкой свыше установленных норм, если перед сооружением выполнено дноуглубление, наблюдения за их деформациями производятся по особому календарному графику, разработанному совместно с проектной и научно-исследовательской организациями.

Для наблюдений за смещением сооружений разбивают наблюдательную и опорную сети в виде системы марок, заложенных в тело сооружения, и постоянных реперов, размещенных вблизи сооружений на устойчивом грунте или на фундаментах капитальных зданий, не претерпевающих смещений.

Для наблюдений за смещениями верхнего строения портовых гидротехнических сооружений закладывают кордонные наблюдательные марки — планово-высотные знаки, которые устанавливаются точно по створной линии. Отклонение марок от створной линии во время закладки не должно превышать ± 10 мм. Марки представляют собой металлические стержни длиной 300 мм и диаметром 20 – 30 мм со сферической головкой из цветного металла, на которую нанесена крестообразная насечка (рис. 5.7).

Для измерения наклона верхней грани сооружения закладывается специальная марка, изображенная на рис. 5.8.

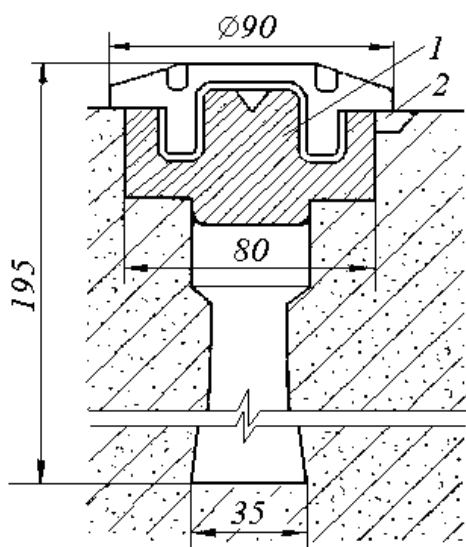


Рис. 5.7. Кордонная наблюдательная марка и предохранительный стакан (поперечный разрез):

1 — запрессованная латунная головка с крестообразной насечкой; 2 — планка 150×30×5 мм

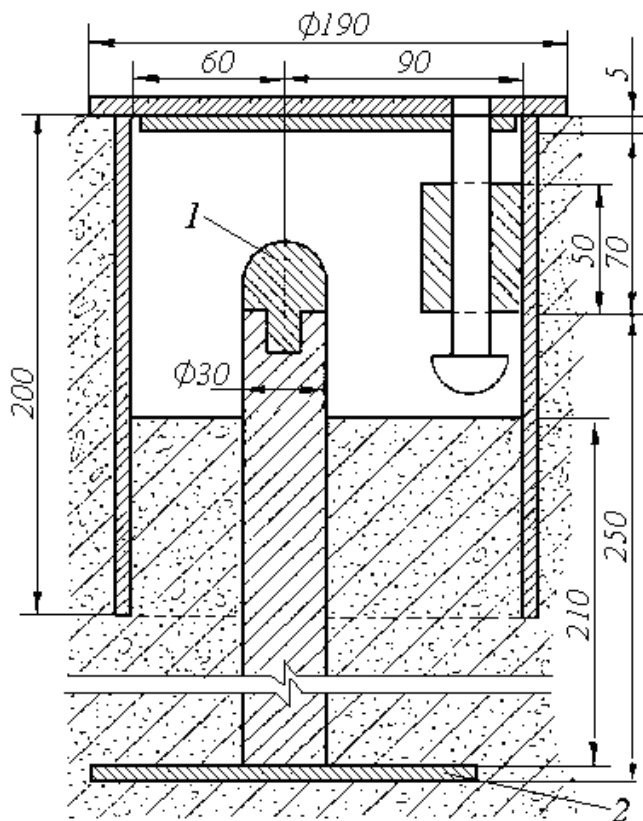


Рис. 5.8. Специальная наблюдательная марка с защитной крышкой (конструкция Гидропроекта):

1 — крышка; 2 — остов марки

Для наблюдений за вертикальными смещениями сооружений закладывают стенные наблюдательные марки на высоте стенки в виде металлического стержня с круглой головкой и глубинные наблюдательные марки, которые устанавливают в тыловой части сооружений (в основном причальных) и выводят на поверхность грунта (рис. 5.9).

На секцию сооружения устанавливают две-три марки. При необходимости определения относительных смещений соседних секций марки закладывают непосредственно вблизи осадочного шва с обеих сторон.

Для геодезической привязки наблюдательных марок, установленных на сооружении, вблизи объекта наблюдений должно быть заложено не менее трех грунтовых реперов. Если в процессе

выполнения измерений выявляется, что марка уничтожена, то немедленно устанавливается новая марка по возможности в том же месте или в радиусе не более 3 м от уничтоженной и на нее передается отметка.

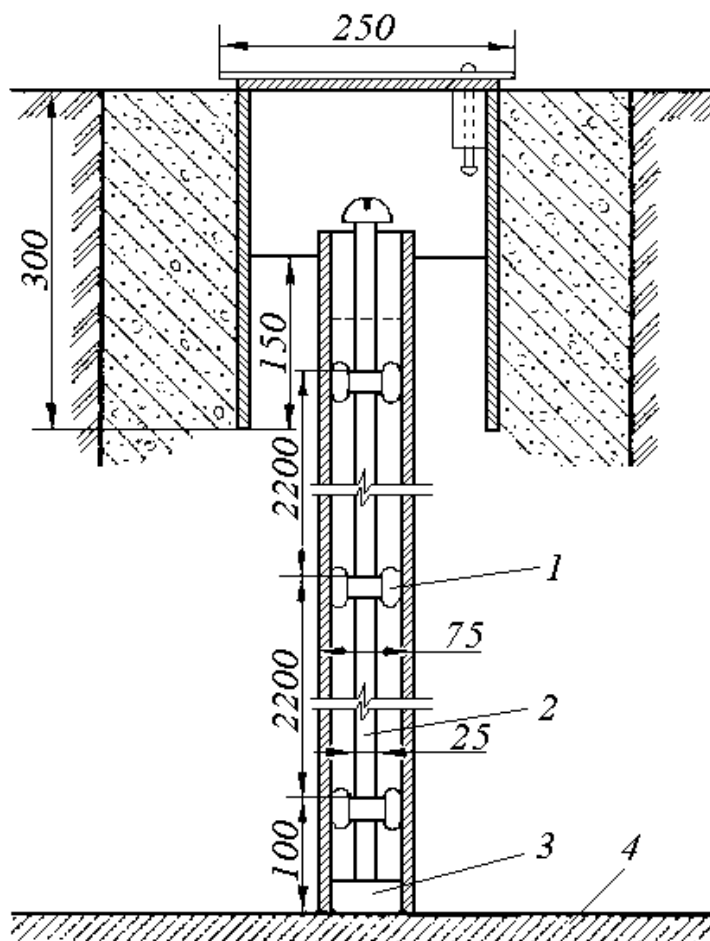


Рис. 5.9. Глубинная наблюдательная марка:
 1 — крепление колец медной проволокой (\varnothing 3 мм);
 2 — труба водо(газо)проводная; 3 — поддон
 металлический; 4 — тело сооружения

Расположение опорной и наблюдательной сетей зависит от плановой конфигурации сооружений и их конструкции. Рассмотрим несколько характерных примеров обследований морских портовых гидротехнических сооружений.

Сеть набережной длиной до 100 м состоит из одной прикордонной линии с расположенными в ее створе наблюдательными марками, закладываемыми непосредственно в тело сооружения. На концах створной линии, вне контура исследуемого сооружения, располагаются два опорных пункта с планово-высотными реперами (рис. 5.10, а). Знаки наблюдательной сети следует устанавливать от линии кордона и от прикордонного железнодорожного и кранового путей на расстоянии не менее 0,5 – 0,6 м. Реперы связываются линейными и угловыми измерениями с контрольными знаками, закладываемыми на расстоянии не более одной длины измерительного прибора.

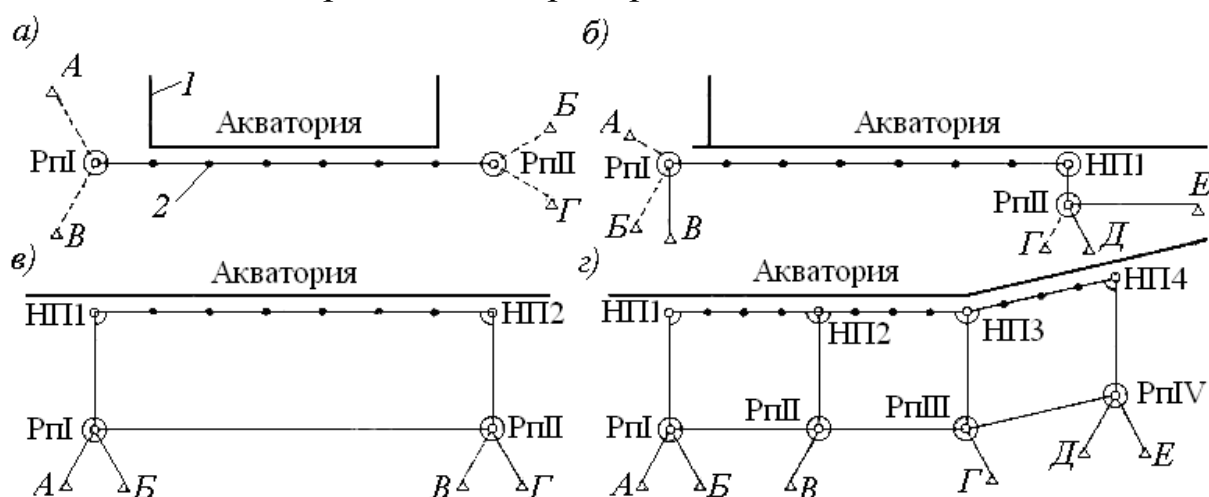


Рис. 5.10. Принципы разбивки наблюдательной сети:

- а — в торцевой части ковша; б — в корневой части пирса;
- в — на прямолинейном участке; г — на участке большой протяженности;
- 1 — линия кордона; 2 — наблюдательные марки

Для набережной корневого участка пирса, на котором представляется возможной закладка вне контура сооружения только одного репера, другой конец створной линии опирается на крайнюю марку наблюдательного пункта, связанную контрольной линией с тыловым репером (рис. 5.10, б).

Для набережной длиной до 150 м сеть выполняется следующим образом: если на концах створной линии не представляется

возможным установить реперы вне призмы обрушения грунта, то на некотором удалении от створной линии разбивается тыловая линия с реперами на ее концах. С помощью угловых и линейных измерений контролируется положение крайних наблюдательных марок прикордонного створа. Отсюда, в свою очередь, ведется наблюдение за промежуточными кордонными марками (рис. 5.10, в, г).

Для сооружения, имеющего в плане выступающие участки значительной протяженности, длина которых меньше, чем длина створа между наблюдательными пунктами, марки располагаются по длине сооружения на одинаковом расстоянии от кордона (рис. 5.11, а).

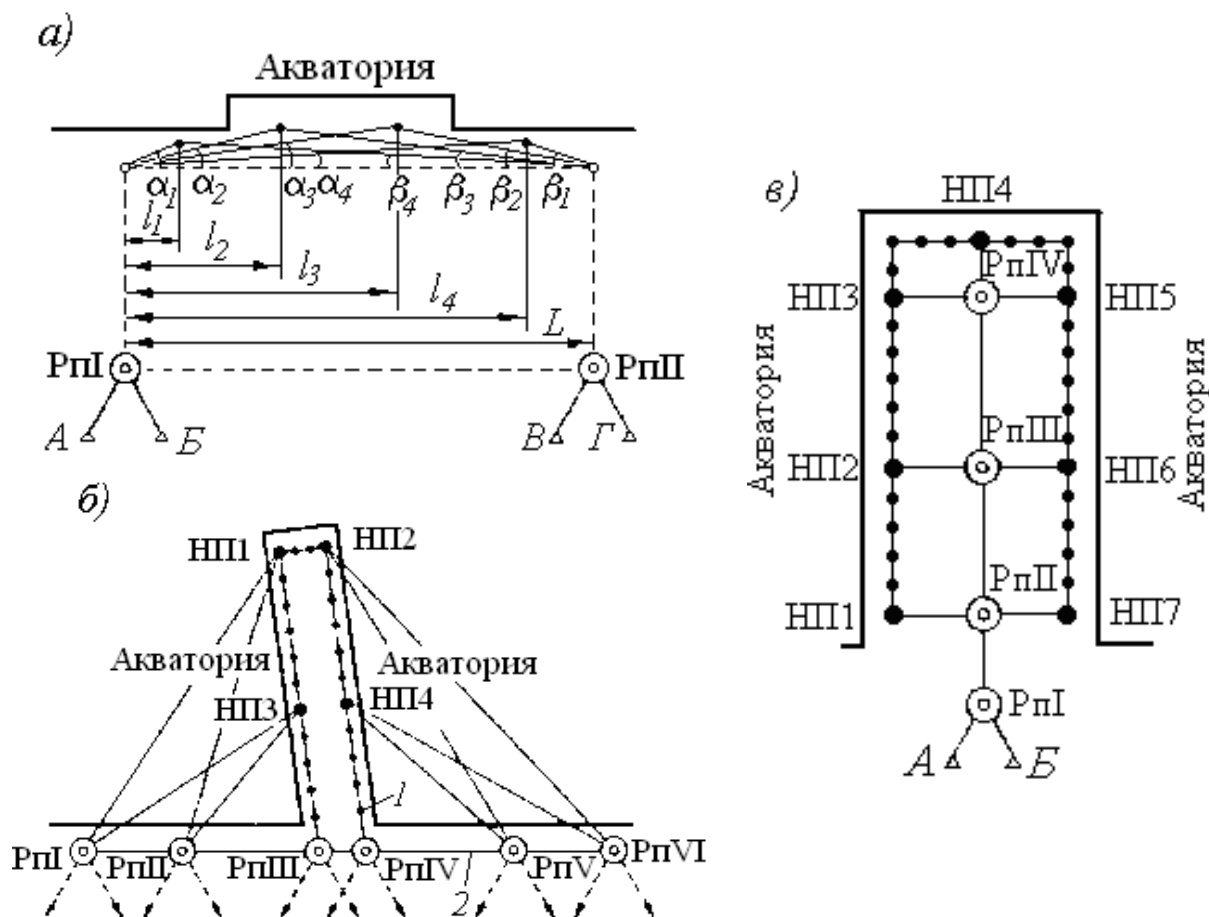


Рис. 5.11. Разбивка сети:

- а — на сооружении, имеющем выступающий участок;
- б — на узком молу; в — на широком молу;
- 1 — наблюдательные марки; 2 — базисная линия

Для сооружений типа узких пирсов концевые наблюдательные пункты линии створа привязываются к реперам базисов методом триангуляции. Реперы разбиваются на твердом и устойчивом грунте прибрежной полосы у корня сооружения (рис. 5.11, б).

Если обследуемое сооружение представляет собой значительных размеров мол или пирс, то в центральной части сооружения вдоль его оси на расстоянии 100 – 150 м закладываются реперы. Одновременно вдоль кордонов сооружения располагают марки наблюдательной сети. В эту сеть включаются наблюдательные пункты, с которых и ведут наблюдения за остальными марками (рис. 5.11, в).

Для гравитационных сооружений с верхним строением, включающим кордонные камни, наблюдательные марки закладывают в бетон верхнего строения на расстоянии 5 – 10 см от кордонного камня; при верхнем строении, представляющем собой сплошной бетонный монолит — в этот монолит; для наблюдения за сооружениями из массивов-гигантов марки закладывают по углам каждого массива-гиганта на расстоянии 1 – 2 м от осадочных швов (рис. 5.12, а).

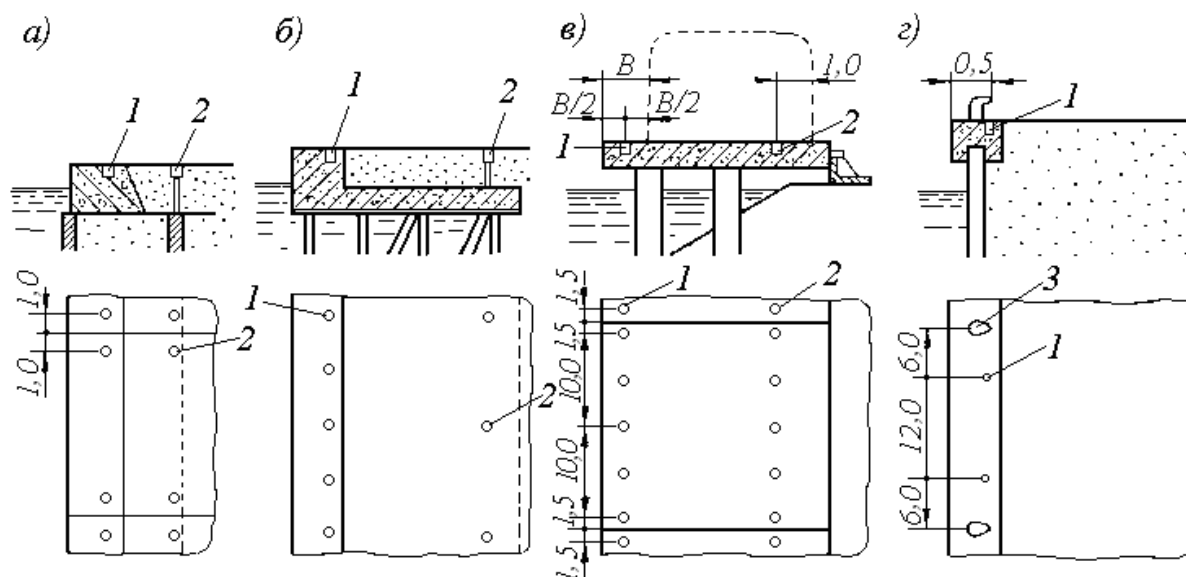


Рис. 5.12. Расположение наблюдательных марок на сооружениях:

- а — из массивов-гигантов; б — с гибким ростверком;
- в — на сваях-оболочках; г — типа «больверк»;
- 1, 2 — наблюдательные марки кордонные и глубинные;
- 3 — крестообразная насечка для наблюдений

Для набережных с высоким жестким свайным ростверком наблюдательная сеть разбивается так же, как и на массивных конструкциях.

При гибких ростверках дополнительно к кордонным маркам устанавливается с большим шагом второй ряд глубинных наблюдательных марок (рис. 5.12, б).

Для набережных-эстакад на сваях-оболочках наблюдательные марки следует закладывать по возможности над крайними рядами опор из свай-оболочек, при этом не ближе, чем на 1 м от подкранового рельса. В продольном направлении, если шаг опор составляет 10 м и более, наблюдательные марки устанавливают над каждой опорой. Если шаг опор меньше 10 м, наблюдательные марки устанавливают вдоль сооружения через одну опору (рис. 5.12, в).

Для сооружений типа «больверк» наблюдательные марки располагают в шапочном бруске на расстоянии не менее чем 0,5 м от линии кордона (рис. 5.12, г).

Наблюдения за смещением сооружений в строительный период следует производить несколько раз в год, совмещая их с окончанием определенного этапа работ (покурсовая кладка массивов, окончание возведения верхнего строения и т. д.). По окончании строительства наблюдения за смещениями следует вести 1 – 2 раза в год (не менее чем в течение 5 – 10 лет) до полного затухания осадок.

5.3. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ВОДНОТРАНСПОРТНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

За деформациями сооружения на внутренних водных путях наблюдают с помощью сети опорных реперов, положение которых надежно зафиксировано в плане и по высоте. Конструкция репера зависит от геологических условий.

При залегании плотных коренных пород на глубине до 3 м обычно применяют опорный репер (рис. 5.13, а), представляющий собой бетонный столб. В центре столба расположен рельс, закрепленный в нижней части анкером.

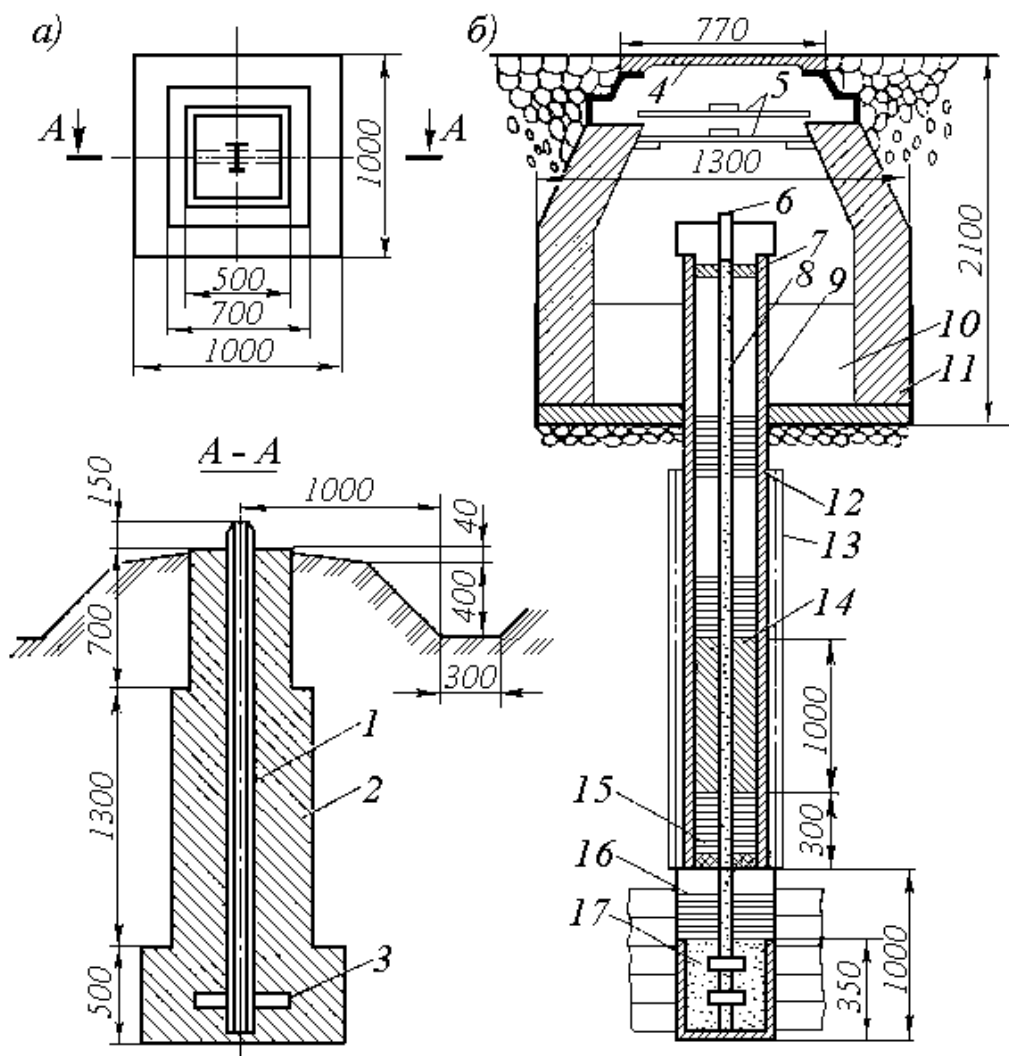


Рис. 5.13. Реперы:

- 1 — рельс; 2 — бетонный столб; 3 — металлический анкер; 4 — люк; 5 — крышки;
 б — реперная головка; 7, 12 — резиновая и распорная диафрагмы;
 8, 9, 13 — трубы реперная ($\varnothing 89$ мм), защитная ($\varnothing 168$ мм), обсадная ($\varnothing 325$ мм); 10 — тепловая изоляция; 11 — типовой колодец; 14 — битум; 15 — сальник; 16 — паклевый тампон; 17 — башмак

В том случае, когда коренные породы залегают на значительной глубине, устанавливают глубинный репер (рис. 5.13, б). Стержень репера расположен в буровой скважине и изолирован от грунта защитными трубами с сальниковым устройством, препятствующим заилению труб.

Опорные реперы располагают на таком расстоянии от сооружения, чтобы деформации основания под ним не вызывали перемещений реперов, однако не дальше 1 км от контрольных точек на сооружении. Реперы защищают от повреждений прочной оградой размерами в плане 3×3 м. В ведомостях, составленных на опорные реперы, помещают их описание, дату установки и схему местонахождения. Отметку опорных реперов проверяют по реперам государственной нивелирной сети не реже одного раза в 3 года. Результаты проверок заносят в ведомости реперов.

Наблюдения за осадками бетонных сооружений проводят с начала строительства сооружения в течение всего времени эксплуатации: при строительстве — не менее двух раз в месяц, по окончании строительства до принятия полного проектного напора — один раз в месяц, далее — не менее двух раз в год (весной и осенью), а если в процессе эксплуатации установлено затухание осадок — один раз в год. Сравнение действительных осадок с расчетными позволяет дать оценку состояния сооружения и наметить мероприятия по устранению причин опасного развития осадок.

Осадки бетонного сооружения определяют нивелированием установленных на нем высотных контрольных марок. Чтобы иметь полную картину изменения осадок во времени, применяют марки трех типов: трубу-марку, боковую и поверхностную.

Трубу-марку (подобна по устройству глубинному реперу) устанавливают на бетонную подготовку основания сооружения для наблюдения за осадкой с начала кладки бетона до установки боковой марки.

Боковая марка (рис. 5.14, *а*), закрепляемая на боковых гранях сооружения, служит для определения осадок во время его строительства.

Поверхностная марка (рис. 5.14, *б*) которую ставят на горизонтальных плоскостях сооружения в незатвердевший бетон при

завершении бетонных работ, служит для постоянных наблюдений за сооружением при эксплуатации.

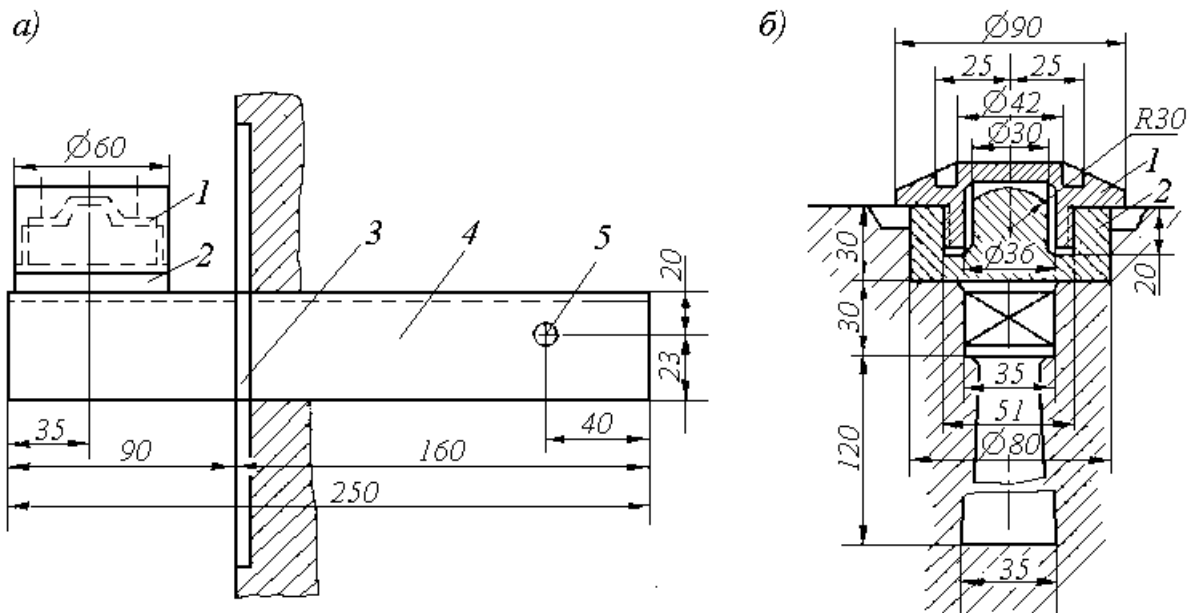


Рис. 5.14. Контрольные марки для бетонного сооружения:

1 — крышка; 2 — корпус; 3 — фланец; 4 — швеллер; 5 — анкерный штырь

Контрольные марки располагают на шлюзе таким образом, чтобы можно было выявить полную картину вертикального перемещения отдельных его секций, т. е., как правило, по углам секций. На рис. 5.15 показано расположение марок на секциях однокамерного шлюза с разрезным днищем.

На причале и направляющих палах устанавливают по одной - две марки на каждую секцию. На бетонной плотине поверхностные марки размещают по обе стороны температурно-осадочных швов, устоев и других частей.

Марки устанавливают в соответствии с проектом во время строительства сооружения. Крышки марок окрашивают в красный цвет. На каждую марку наносят номер и год установки.

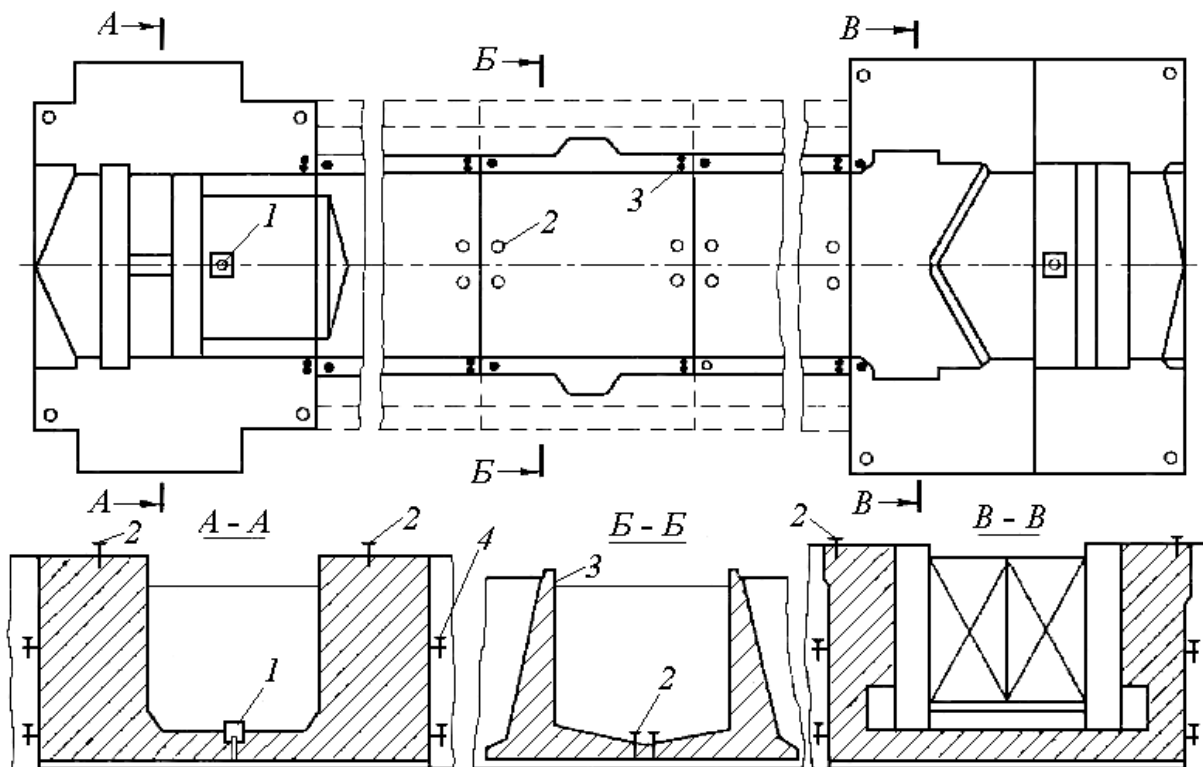


Рис. 5.15. Схема размещения марок на шлюзе:
 1 — труба-марка; 2, 4 — поверхностная и боковая марки;
 3 — группа марок щелемера

В процессе эксплуатации установленные на сооружении контрольные марки нивелируют в одни и те же календарные сроки, как правило, при опорожненной камере. Это дает возможность сопоставлять результаты нивелирования. Кроме периодических наблюдений за осадками обычно контрольные марки дополнительно нивелируют при осушенной камере шлюза.

Для оценки состояния сооружения по результатам нивелирования строят графики изменения осадок по времени (рис. 5.16). Для связи процесса осадок с условиями работы сооружения на график наносят значения давлений, отмечают время окончания бетонирования, затопления камеры, осушения, уровни бьефов.

Часто для наглядного представления о неравномерности осадок и перекосах секций график осадок привязывают к определенному продольному или поперечному разрезу сооружения (рис. 5.17). На

график наносят результаты нивелирования, приуроченные к определенному состоянию сооружения (окончанию бетонирования, наполнению бьефов, последнему нивелированию в процессе эксплуатации).

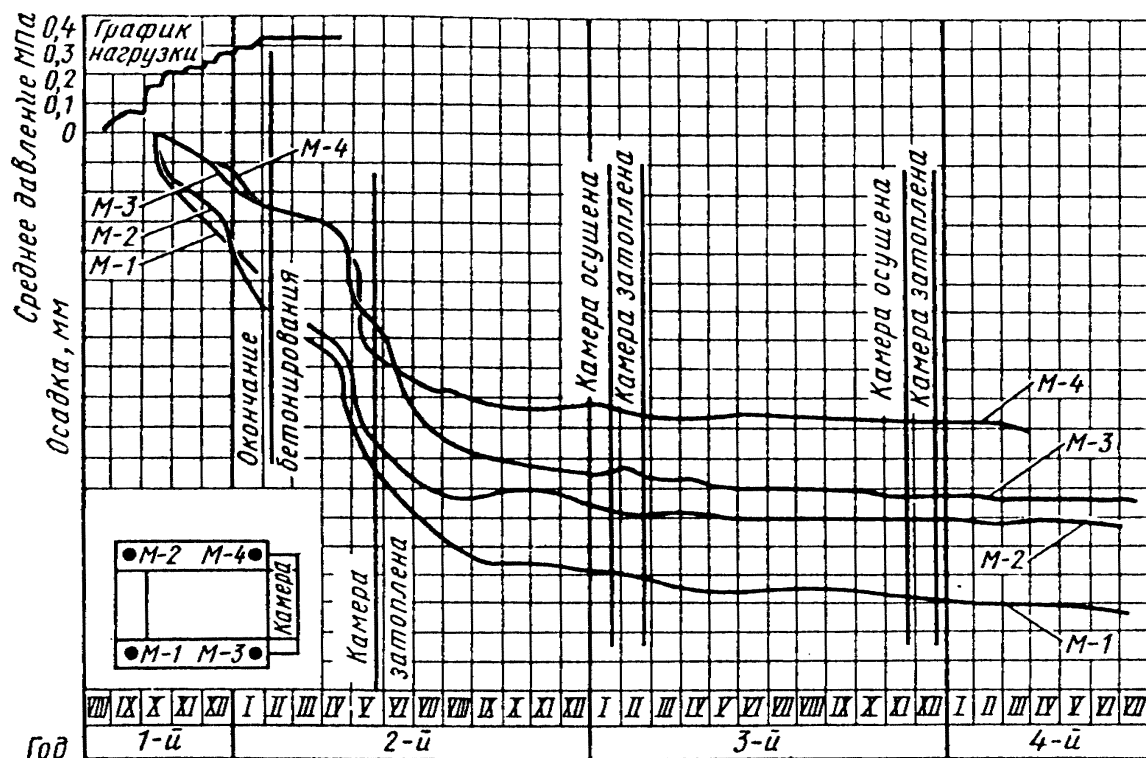


Рис. 5.16. График осадок головы шлюза:
M-1, M-2, M-3, M-4 — номера марок

В процессе строительства и эксплуатации земляных сооружений уплотняется их тело и основание, поэтому полная осадка сооружения складывается из осадок его частей.

Для наблюдений за осадками основания сооружения применяют глубинные марки (рис. 5.18, *a*). Это железобетонная плита размером 150×150 см, к которой прикреплена штанга (труба) марки. На верхнем конце штанги установлена марка. Для предохранения от повреждения при возведении сооружения на штангу надевают защитную телескопическую трубу, а на саму марку — специальный кожух с крышкой.

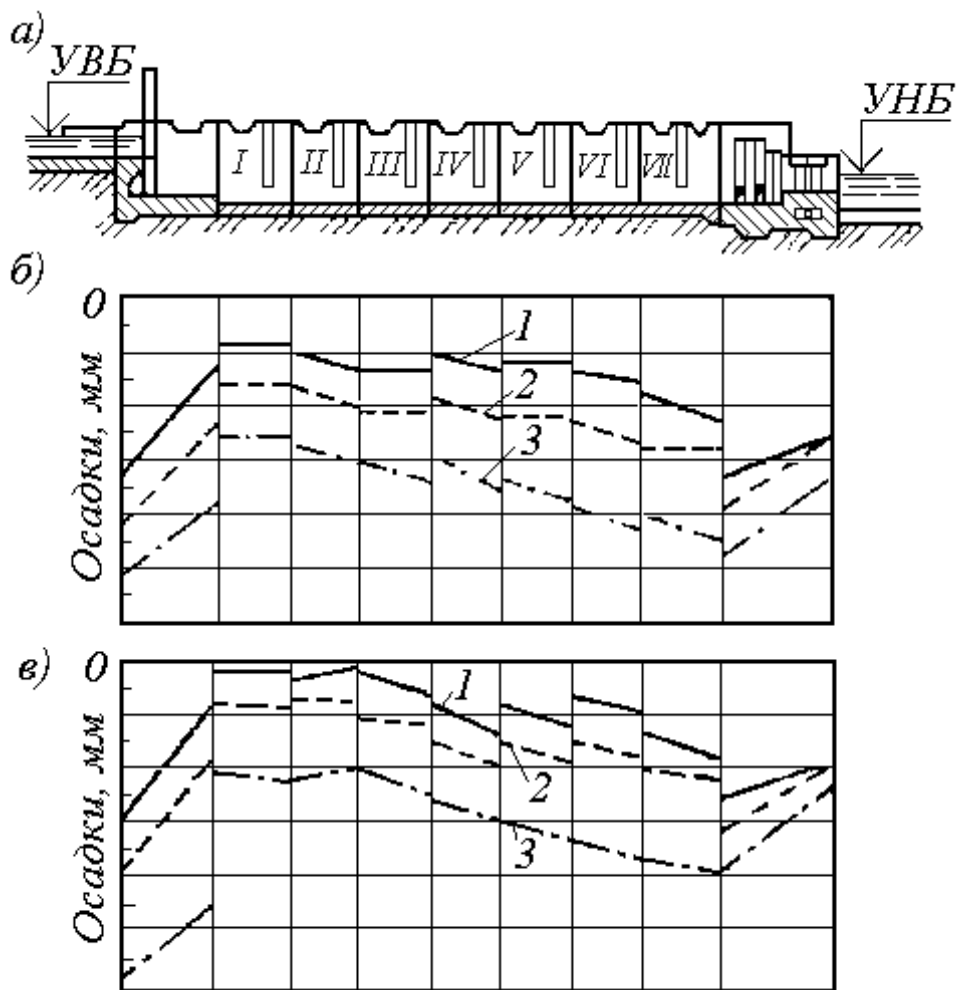


Рис. 5.17. График осадок голов и секций камер шлюза с дном, разрезанным посередине (римскими цифрами обозначены номера секций камеры):
a — продольный разрез шлюза; *б, в* — осадки секций левой и правой сторон;
1 — окончание бетонирования; *2* — наполнение бьефов;
3 — последнее нивелирование

При возведении насыпных и намывных земляных сооружений глубинные марки, устанавливаемые на сухих участках или в осушенных котлованах, позволяют измерить осадку основания за весь срок строительства.

Для наблюдений за общей осадкой земляного сооружения применяют постоянные поверхностные марки (рис. 5.18, б), по конструкции более простые по сравнению с глубинной.

Поверхностные марки устанавливают сразу после возведения сооружения, чтобы зафиксировать наиболее значительные его осадки в начальный период эксплуатации.

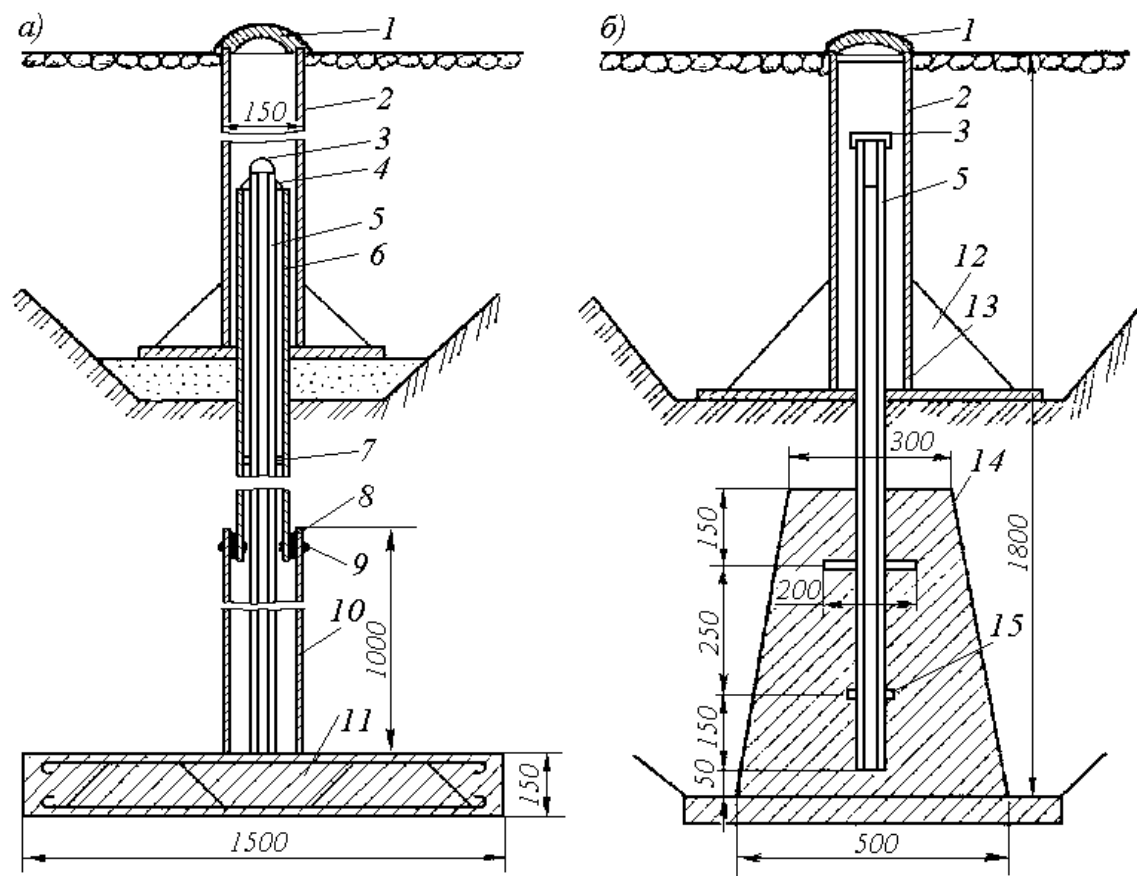


Рис. 5.18. Глубинная и поверхностная марки:

- 1 — крышка; 2 — ограждающая труба; 3 — марка; 4 — центрирующая крышка;
 5 — штанга (труба) марки; 6 — защитная труба; 7 — направляющий диск штанги;
 8 — кольцевая прокладка; 9 — заклепка; 10 — телескопическое звено защитной трубы;
 11 — железобетонная плита; 12 — косынка; 13 — фланец;
 14 — бетонная призма; 15 — анкеры трубы

Поверхностные марки дают возможность измерять суммарную осадку основания и тела сооружения. Для определения осадки тела сооружения обычно рядом с глубинной маркой-плитой размещают поверхностную марку и одновременно нивелируют их. Разница между результатами нивелирования поверхностных и глубинных марок дает осадку тела сооружения.

Контрольные марки на земляном сооружении располагают в соответствии с проектом. Например, на земляной плотине (рис. 5.19) на низовом откосе делают геодезическую разбивку поперечных створов, в которых на расстоянии 10–20 м одна от другой устанавливают постоянные контрольные марки для наблюдений за возможным выпучиванием грунта в этом районе. Створы определяют в местах наибольшей высоты сооружения или в зонах наиболее деформируемых грунтов основания, где возможны максимальные его осадки. По створу марки размещают в точках перелома очертания профиля и на границах различных частей сооружения или разных грунтов.

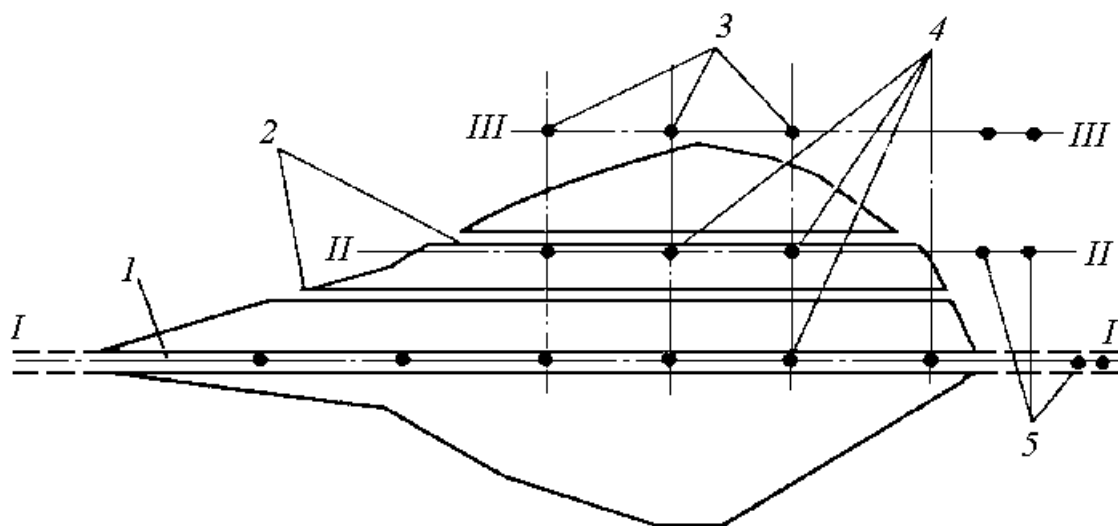


Рис. 5.19. Схема размещения контрольных марок на земляной плотине:
 1 — гребень плотины; 2 — горизонтальные бермы на низовом откосе;
 3 — марки для фиксирования выпирания грунта; 4 — контрольные марки
 для определения осадок; 5 — створные знаки; I – I, II – II, III – III —
 визирные (продольные) створы

В целях использования контрольных марок для наблюдений за оползнями и смещением сооружения в плане контрольные марки одновременно размещают и по продольным створам. Все створы закрепляют на местности специальными знаками (см. рис. 5.19). Смещение земляных масс сооружения определяют по отклонению положения марки от створных линий.

По материалам нивелирования вычерчивают графики осадок сооружения по продольным и поперечным створам, указывают дату проведения наблюдений и помещают чертеж разреза сооружения с геологической характеристикой (рис. 5.20, а, б).

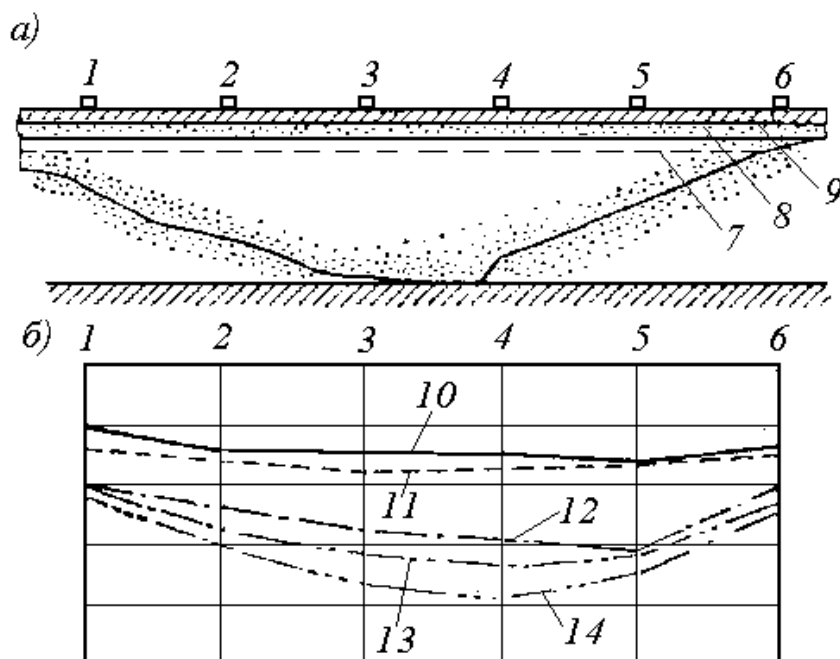


Рис. 5.20. Гребень земляной плотины и его график осадок:
 1–6 — высотные марки; 7 — подпорный уровень;
 8 — положение глинистого экрана по проекту; 9 — гребень плотины;
 10–14 — кривые осадок на различные даты нивелирования

Практикой эксплуатации установлено, что при наполнении шлюза водой верх стен камеры отклоняется в сторону грунтовой засыпки, а при опорожнении возвращается в первоначальное положение. В связи с охлаждением лицевой поверхности стен камеры их верх отклоняется при понижении температуры воздуха зимой в сторону камеры, а при повышении температуры воздуха летом — в сторону засыпки. Характер и размер этих перемещений зависит в основном от действующих нагрузок, конструкции сооружения, геологического строения основания, изменения гидростатического давления на сооружение и температурного режима.

Наблюдения за горизонтальными перемещениями сооружения проводят методом линейных измерений или визирования по створу. Для этого в средней части каждой секции с обеих сторон на парапеты (рымных ниш) точно в створную линию закладывают гнездовые центры (рис. 5.21), которые гарантируют точную центровку шкал мерных проволок при линейных измерениях, теодолита и визирных марок (при визировании по створу). Вертикальность оси достигается при установке гнездового центра: для получения вертикальности оси пользуются ватерпасом специальной конструкции (рис. 5.22).

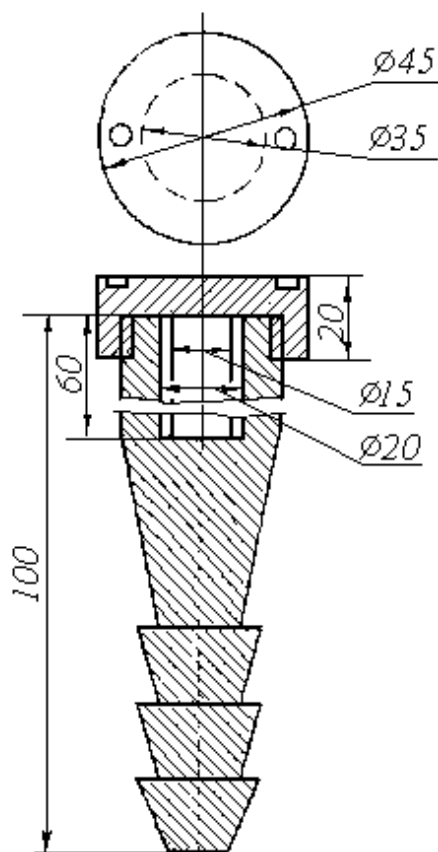


Рис. 5.21. Гнездовой центр

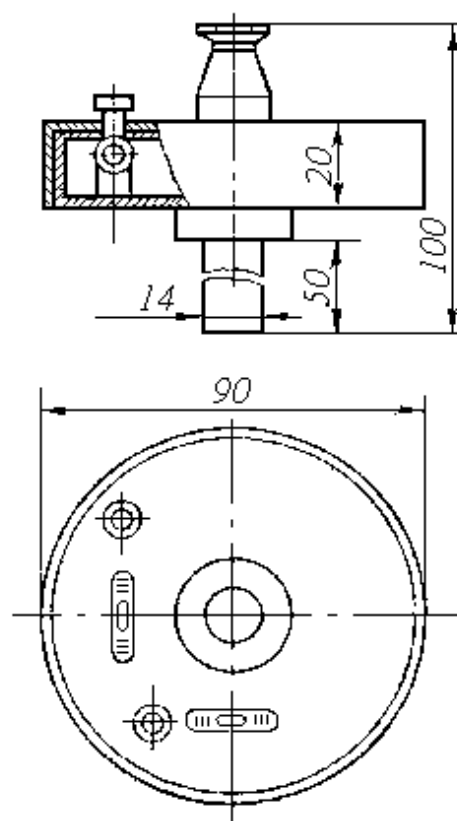


Рис. 5.22. Ватерпас для установки гнездового центра

Линейные измерения (рис. 5.23) производят мерной инварной проволокой со шкалами (с миллиметровыми делениями) на концах. Шкалы подвешивают над штырями с помощью перекинутых через

блоки струн с подвешенными на крюки гирями массой 10 кг. Каждый пролет измеряют дважды, сдвигая шкалы проволоки. Разница между результатами не должна превышать 0,3 мм, в противном случае делают дополнительные измерения. Результаты линейных измерений записывают в полевой журнал.

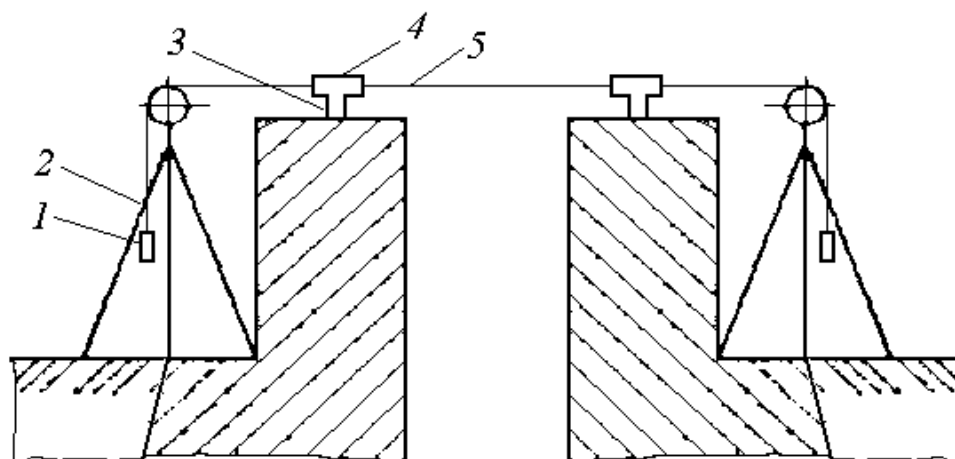


Рис. 5.23. Схема линейных измерений:

- 1 — гиря; 2 — блок-штатив; 3 — контрольный знак;
4 — шкала мерной проволоки; 5 — мерная проволока

Метод визирования по створу применяют при больших смещениях, пользуясь теми же гнездовыми центрами, что и для линейных измерений, но с дополнительными створными знаками *B* и *H* на головах (рис. 5.24). Гнездовые центры должны находиться на одной прямой (допустимые отклонения ± 3 см). Кроме того, на головах в створах закладывают опорные пластины для установки на них высокоточного оптического теодолита, откуда ведут наблюдения.

Для визирования применяют марки неподвижные типа НВМ-1 (рис. 5.25, *a*) и подвижные типа ПВМ-1 (рис. 5.25, *б*). Неподвижные марки служат для установлений в натуре линии створа, подвижные — для непосредственного определения отклонения контрольных знаков от линии створа.

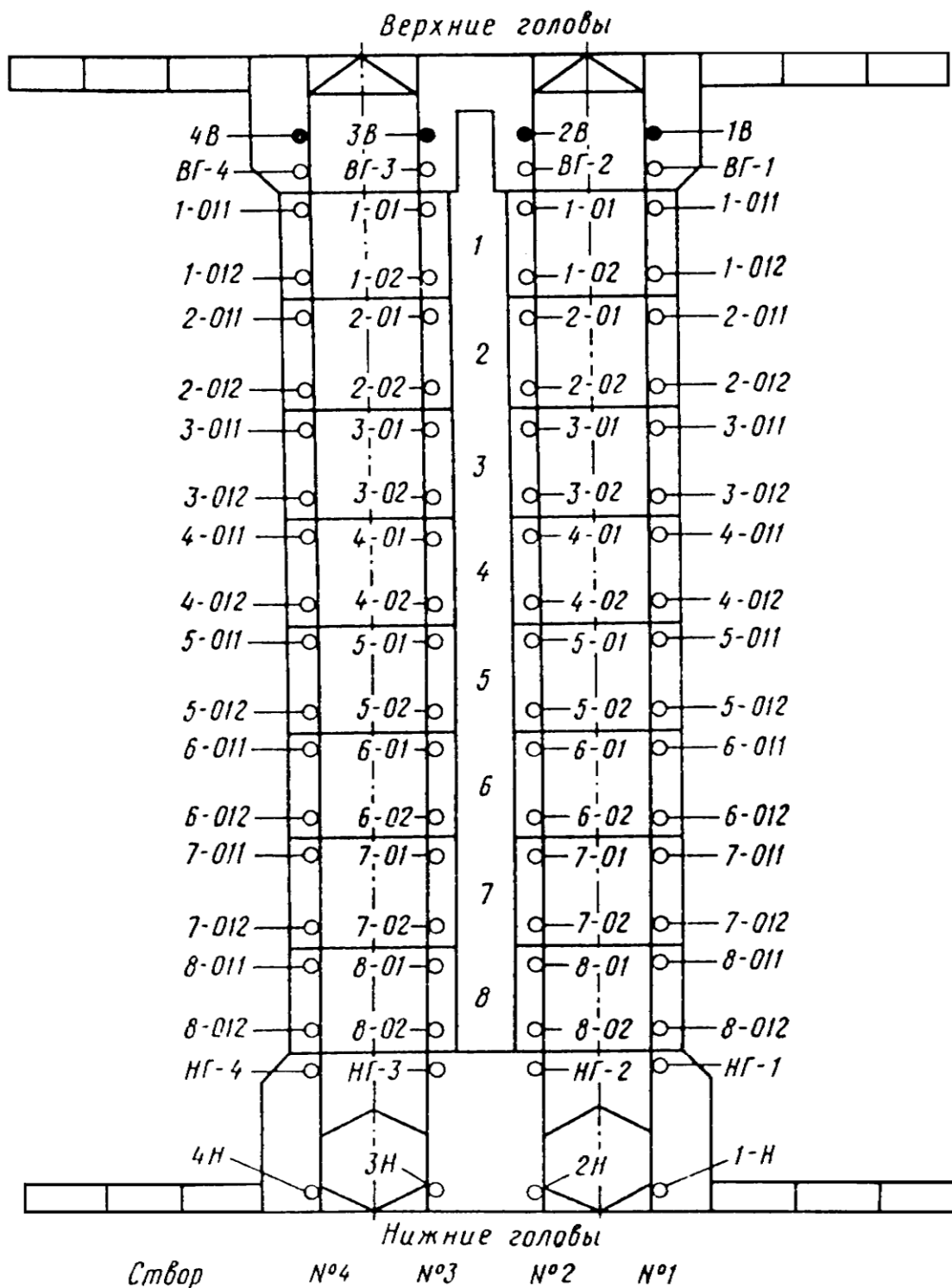


Рис. 5.24. Схема расположения пунктов для створных наблюдений

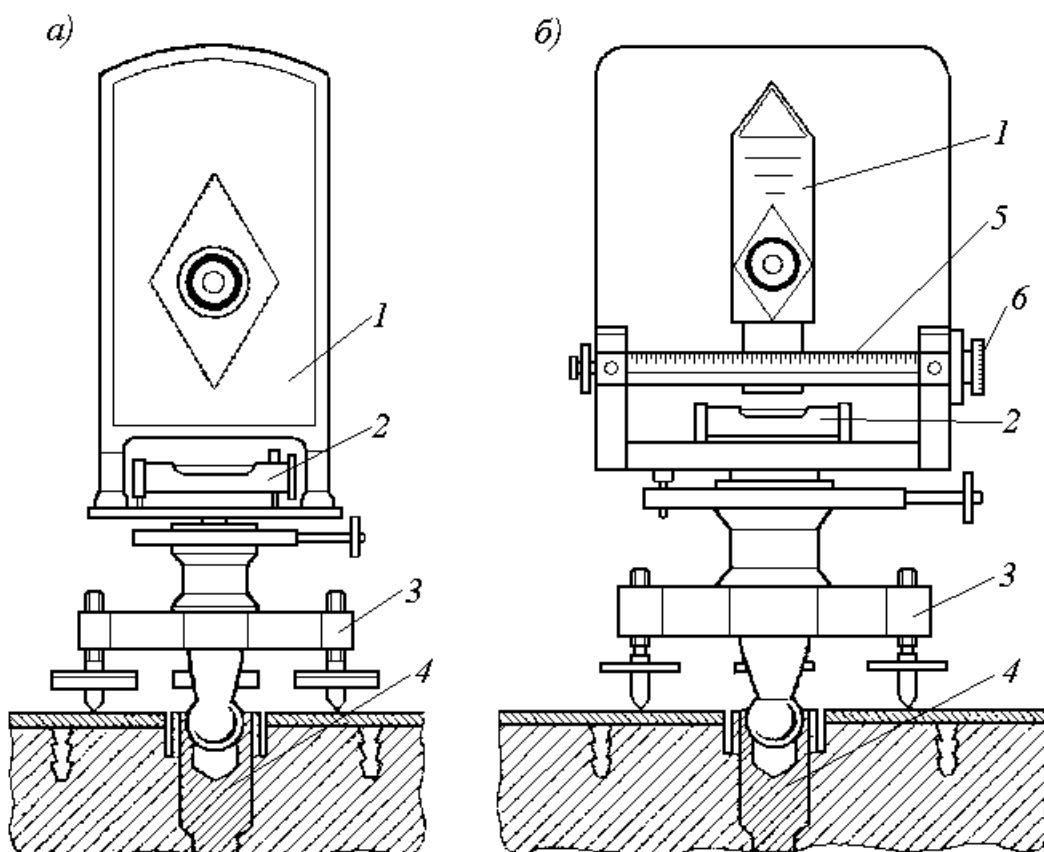


Рис. 5.25. Визирные марки:

1 — мишень марки; 2 — уровень; 3 — станина марки;
4 — гнездовой центр; 5 — каретка; 6 — микрометрический винт

Измерения проводят в такой последовательности: в гнездовой центр одного из наблюдаемых знаков (верхней или нижней головы — ВГ или НГ) створа устанавливают теодолит, в центр второго наблюдательного знака — неподвижную визирную марку, затем алидаду закрепляют. Подвижную визирную марку поочередно устанавливают на каждом контрольном знаке по створу. Целик марки после установки ее на знаке по команде наблюдателя, работающего с теодолитом, совмещают с вертикальной нитью сетки трубы теодолита (устанавливают по створу) и по шкале делают отсчет. На каждом контрольном знаке делают не менее трех измерений выведением и введением целика марки в биссектор сетки нитей теодолита. Колебания в отсчетах не должны быть более 0,3 мм.

Результаты створных наблюдений записывают в полевой журнал. Перемещения знаков от линии створа в сторону засыпки условно принято считать положительным, в сторону камеры — отрицательным.

В процессе эксплуатации сооружения необходимо следить также за относительным перемещением соседних его секций. Такие деформации сооружения имеют пространственный характер, что требует измерения перемещений по всем трем осям. Для этого применяют пространственные щелемеры, которые на шлюзе устанавливают на бетонных площадках у каждого температурно-осадочного шва с обеих сторон камеры (см. рис. 5.15).

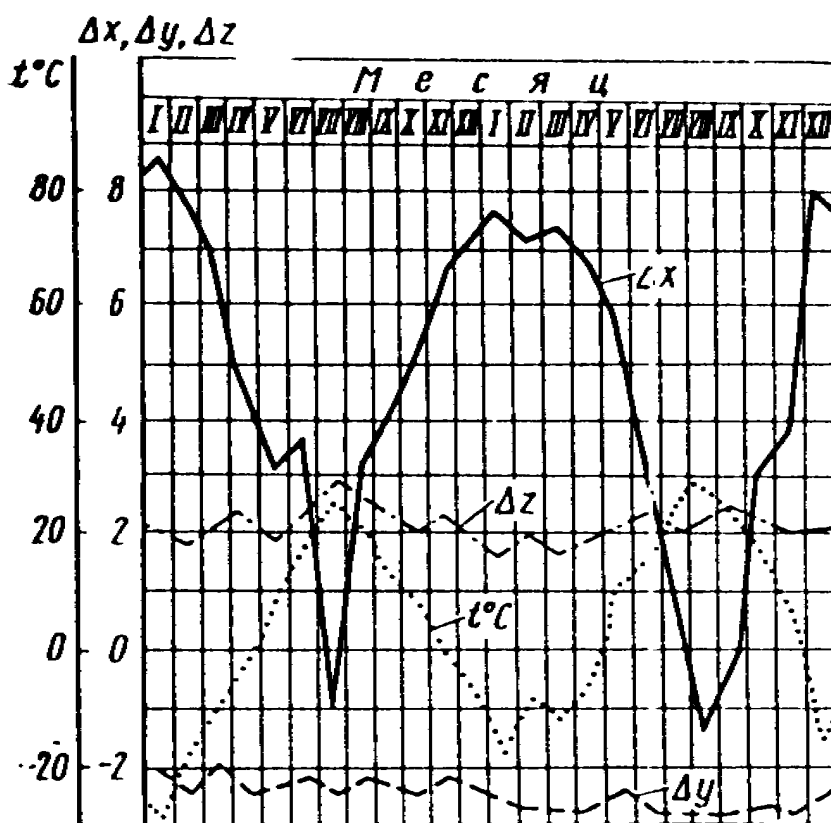


Рис. 5.26. График относительных перемещений секций камеры шлюза

По данным наблюдений, для каждого шва строят совмещенный график относительных перемещений во времени с начала наблюдения (рис. 5.26). На график наносят кривую температуры воздуха. Положительные значения смещений и температуры откладывают от

нулевой линии вверх, а отрицательные — вниз. График дает возможность видеть ход деформаций. Наибольшее раскрытие швов происходит зимой, наименьшее — летом. Положительное значение Δx означает раскрытие шва, отрицательное — закрытие; изменение Δz характеризует неравномерность осадок смежных секций, а изменение Δy — перемещение вдоль шва.

В первый год эксплуатации наблюдения по щелемерам выполняют еженедельно; затем, если смещения не увеличиваются, — один раз в две недели, а через три года эксплуатации — не реже раза в месяц. Более редкие наблюдения не рекомендуются, так как были случаи, когда после нескольких лет нормального поведения сооружения появлялись значительные перемещения стен камеры в результате неравномерной осадки из-за выноса грунта основания.

5.4. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА КРЕНОМ СООРУЖЕНИЙ

Креном называется отклонение сооружения от проектного положения в вертикальной плоскости. Причиной его возникновения обычно является неравномерная осадка основания сооружения. Геометрическая сущность измерения крена сводится к определению взаимного положения двух точек сооружения (например, точки *A* и *B* на рис. 5.27), которые по техническим условиям проекта должны лежать на одной отвесной линии. Наиболее простым способом полная угловая величина крена γ может быть получена проецированием точки *A* на горизонтальную плоскость. Измерив высоту h точки *A* и длину проекции l , можно найти

$$\gamma = \arctg \frac{l}{h}. \quad (5.1)$$

Одним из способов определения крена угла здания является способ горизонтальных углов, при котором с опорных пунктов, расположенных на взаимно перпендикулярных осях, измеряют горизонтальные углы между опорным направлением и направлениями

на верхнюю и нижнюю точки угла здания. По разнице измеренных углов и горизонтальному проложению от станции до наблюдаемой точки находят составляющие крена по осям и полную величину крена.

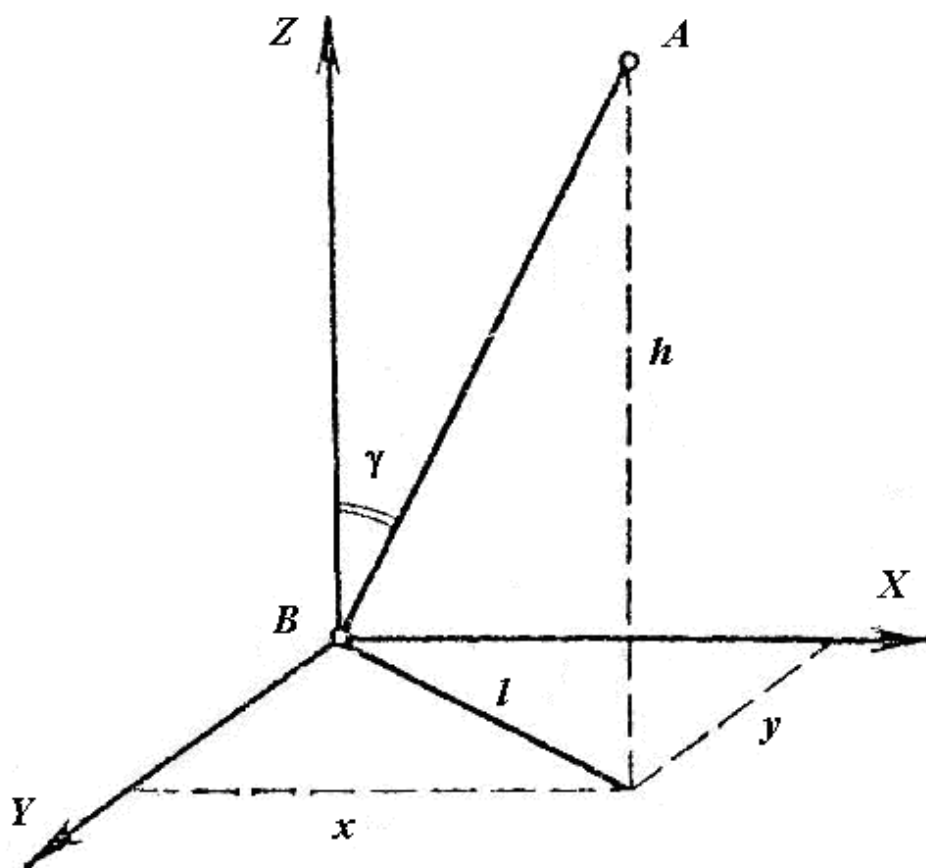


Рис. 5.27. Определение крена сооружения

Может быть рекомендована упрощенная методика, заключающаяся в том, что специальные пункты стабильного ориентирования не выбираются и углы между опорными направлениями и направлениями на наблюдаемые точки не измеряются. Вместо этого берут отсчеты по горизонтальному кругу (лимбу), соответствующие направлениям на верхнюю и нижнюю точки угла сооружения. В данном случае, так как лимб теодолита в процессе наблюдений неподвижен, линию, соответствующую его нулевому отсчету, можно рассматривать в качестве опорного направления.

Таким образом, измерение крена угла здания выполняется в следующей последовательности. После установки теодолита в рабочее положение на станции I (рис. 5.28) производится наведение визирного луча на верхнюю и нижнюю точки угла здания. По значениям соответствующих отсчетов на горизонтальном круге теодолита определяется разностный угол (угловое смещение), который при отсутствии крена должен быть равен нулю. Для повышения точности эта операция производится при двух положениях вертикального круга.

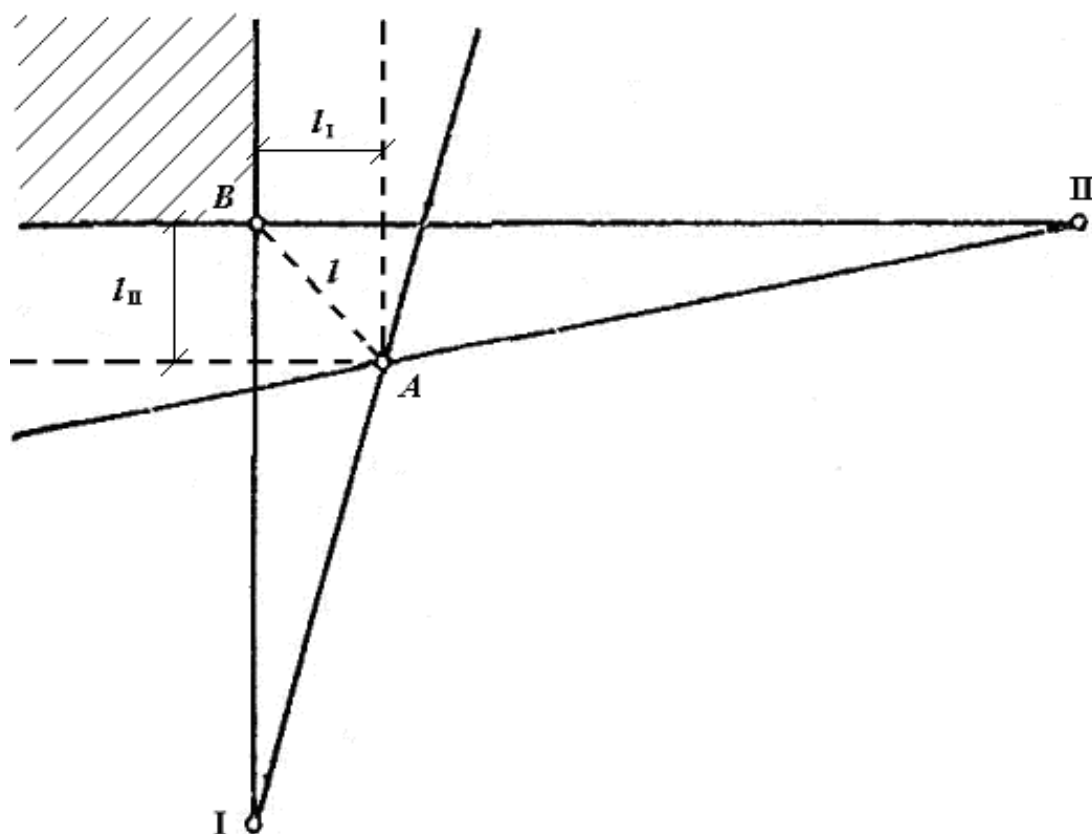


Рис. 5.28. Определение крена сооружения по упрощенной методике

Знак и величина углового смещения характеризуют направление и степень отклонения конструкции от вертикали: при положительном значении угла верхняя точка отклонена вправо относительно нижней, а при отрицательном — влево.

Для определения линейного горизонтального смещения измеряется расстояние от теодолита до угла здания и используются тригонометрические формулы. В некоторых случаях может быть использован метод вертикального проецирования, заключающийся в том, что после наведения визирного луча на верхнюю точку угла здания *A* луч опускается до уровня нижней точки *B* и с помощью линейки или рейки, расположенной перпендикулярно к визирному лучу, непосредственно измеряется линейное горизонтальное смещение l_i .

Значение угла крена находят, как было уже отмечено выше, через отношение полного линейного горизонтального смещения l к высоте объекта. При этом $l = \sqrt{l_I^2 + l_{II}^2}$, а высота может быть найдена с использованием способа тригонометрического нивелирования.

5.4.1. Определение крена сооружений башенного типа

Для определения крена сооружений башенного типа (дымовых труб, эстакад, опор линий электропередач и др.), часто имеющих форму усеченного конуса или пирамиды, производят измерение положения оси сооружения в верхней и нижней точках (рис. 5.29).

Теодолит поочередно устанавливают на двух станциях, расположенных на расстоянии, превышающем высоту сооружения в 1,5–2 раза, с таким расчетом, чтобы вертикальные плоскости визирования (коллимационные плоскости) составляли прямой угол.

Расстояние от стоянки теодолита до центра основания сооружения измеряют рулеткой, нитяным или светодальномером.

При невозможности непосредственного измерения линии, ее определяют как неприступное расстояние (см. п. 5.4.2). Высоту сооружения определяют с помощью тригонометрического нивелирования (см. п. 5.4.2).

На каждой станции при каком-то положении вертикального круга (например, при КЛ) берут четыре отсчета по горизонтальному кругу теодолита: два — по верхним краям сооружения и два — по нижним. Полусуммы отсчетов позволяют определить положение оси вверху и

внизу. Если сооружение в рассматриваемой плоскости крена не имеет, то полусуммы отсчетов вверху и внизу совпадут. Несовпадение полусумм свидетельствует о наличии крена сооружения.

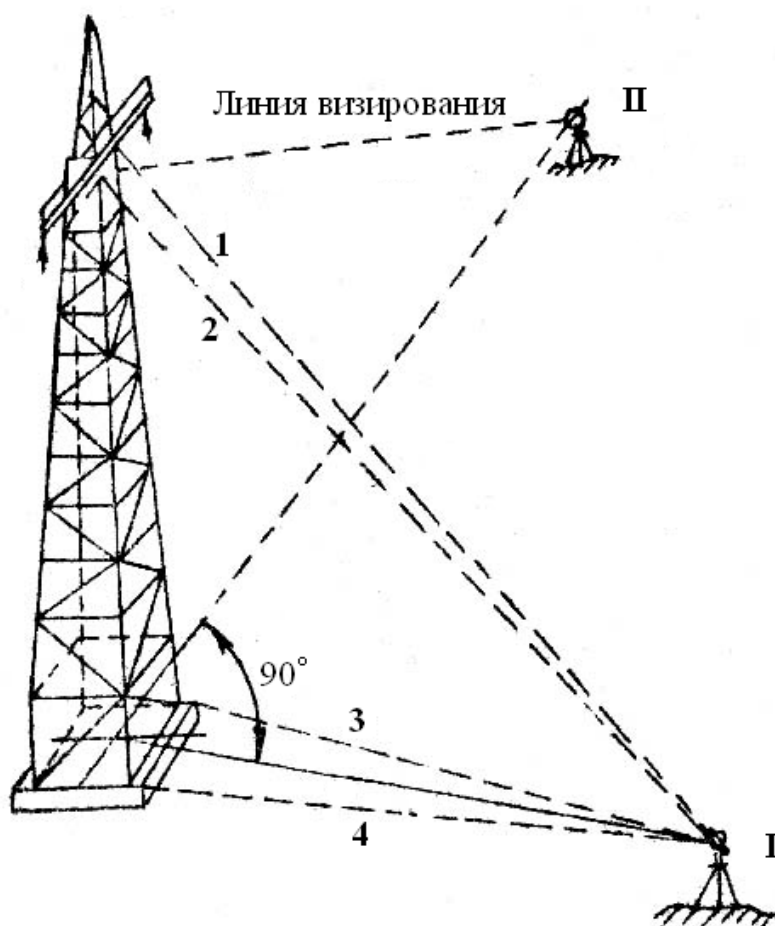


Рис. 5.29. Схема определения крена сооружения

Разность полусумм дает проекцию углового крена вертикальной оси сооружения на горизонтальную плоскость $\delta_1^{\text{КП}}$. После выполнения аналогичной процедуры при другом положении вертикального круга (КП) получают $\delta_1^{\text{КП}}$. При получении допустимого расхождения между этими двумя значениями, которое обычно ограничивается величиной $2t$, где t — точность отсчетного устройства теодолита, вычисляют среднее значение δ_1 .

Значение линейного смещения верхней точки оси сооружения относительно нижней точки, измеренная со станции I, определяется по формуле:

$$l_I = d_I \operatorname{tg} \delta_I, \quad (5.2)$$

где d_I — горизонтальное расстояние от станции I до центра основания сооружения.

Значение линейного смещения в перпендикулярной плоскости визирования определяется аналогичным образом со станции II:

$$l_{II} = d_{II} \operatorname{tg} \delta_{II}. \quad (5.3)$$

Полная величина линейного горизонтального смещения равна $l = \sqrt{l_I^2 + l_{II}^2}$, а угловой крен вычисляется по формуле (5.1).

5.4.2. Решение некоторых инженерных задач, связанных с определением крена

Определение неприступного расстояния

Неприступное расстояние — это расстояние до объекта, находящегося в поле зрения наблюдателя, которое не может быть измерено непосредственно. Это чаще всего связано с наличием на местности каких-то препятствий (забор, водоем и т. п.). В таком случае прибегают к косвенному способу измерений, когда измеряются какие-то дополнительные величины (линейные, угловые или физические), а искомое расстояние вычисляется с их помощью.

Неприступное расстояние определяют, как правило, из системы двух треугольников, построенных на основе измеренных базисов. Базисы разбивают на слабопересеченной местности, длина их должна быть не менее половины измеряемого расстояния. Базисные расстояния измеряют лентой или рулеткой с точностью 1/2000 — 1/3000, углы — теодолитом полным приемом. Схема определения неприступного расстояния показана на рис. 5.30.

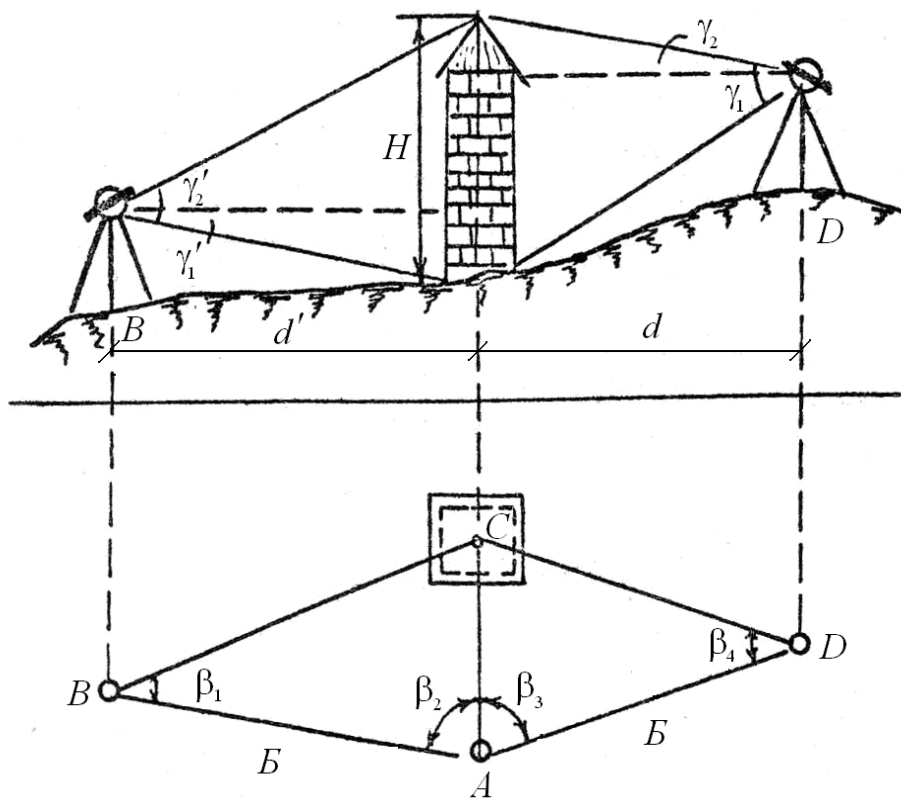


Рис. 5.30. Схема определения недоступного расстояния и высоты сооружения

Из решения треугольников ABC и ADC определяют недоступное расстояние по формулам:

$$AC = B_1 \sin \beta_1 / \sin (\beta_1 + \beta_2); \quad (5.4)$$

$$AC = B_2 \sin \beta_4 / \sin (\beta_3 + \beta_4). \quad (5.5)$$

Относительная погрешность двух вычисленных значений недоступного расстояния не должна превышать $1/1000AC$. При этом условии недоступное расстояние принимается равным среднему арифметическому двух вычисленных.

Например, $AB = 98,75$ м, $AD = 98,48$ м, $\beta_1 = 62^\circ 08'$, $\beta_2 = 71^\circ 47'$, $\beta_3 = 84^\circ 16'$, $\beta_4 = 54^\circ 23'$. Вычисляем недоступное расстояние

$$AC = 98,75 \cdot 0,8840 / 0,7203 = 121,21 \text{ м и}$$

$$AC = 98,48 \cdot 0,8129 / 0,6607 = 121,17 \text{ м.}$$

Среднее значение недоступного расстояния $AC = 121,19$ м.

Определение высоты сооружения

Для определения высоты сооружения башенного типа на некотором расстоянии от него устанавливают теодолит и измеряют вертикальные углы γ_1 и γ_2 при двух положениях вертикального круга: КЛ и КП (см. рис. 5.30). Тогда высота сооружения равна:

$$H = h_1 + h_2 = dtg\gamma_1 + dtg\gamma_2, \quad (5.6)$$

где d — горизонтальное проложение линии, которое может быть измерено лентой, рулеткой или дальномером. При невозможности непосредственного измерения линии ее вычисляют как неприступное расстояние, разбив предварительно базисы.

Для контроля проводят такие же измерения и вычисления с другой точки (см. рис. 5.30). Например,

$$d = 130,24 \text{ м}, \gamma_1 = 15^\circ 29', \gamma_2 = 1^\circ 12'.$$

$$h_1 = 130,24 \cdot 0,2770 = 36,08 \text{ м}; h_2 = 130,24 \cdot 0,0209 = 2,72 \text{ м};$$

$$H = 36,08 + 2,72 \text{ м}.$$

Аналогично обрабатывают результаты измерений со станции на точке B .

6. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения подразделяют на прямые и косвенные, однократные и многократные, равноточные и неравноточные.

При прямых измерениях значение искомой величины получают непосредственно по показаниям прибора (например, рулеткой измеряют длину отрезка).

При косвенных измерениях значение искомой величины находят вычислениями по известным формулам на основании данных прямых измерений (например, определение площади треугольника по измеренным основанию и высоте).

Однократные измерения дают одно значение измеряемой величины, при многократных — величина измеряется $n > 1$ раз. Такие измерения необходимы для контроля и позволяют получить более надежный результат.

Равноточные измерения производят в одинаковых условиях: приборами одинаковой точности, одними и теми же методами и одинаковое число раз, при одинаковых условиях внешней среды; выполняют работники одной квалификации.

Неравноточные измерения выполняют в неодинаковых условиях, поэтому они имеют разную точность.

Любое измерение сопровождается погрешностями измерения, которые разделяют на грубые, систематические и случайные.

Грубые погрешности (ошибки, промахи, просчеты) выявляют и устраняют контрольными измерениями.

Систематические погрешности искажают результат измерений всегда в какую-либо сторону. Например, мерная лента на величину Δl короче эталона; известна ее длина при одной температуре, а измерения производят при другой, и тогда появится систематическая погрешность за счет теплового линейного расширения материала ленты. Систематические погрешности стараются исключить введением поправок.

Случайные погрешности принципиально неустраняемы, так как они изменяются случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины. Борьба за уменьшение их влияния сводится к совершенствованию приборов и методов измерений, в частности к увеличению числа повторных измерений, к выбору наиболее благоприятных условий работы.

Установлены следующие статистические свойства случайных погрешностей.

1. Погрешности по модулю не превышают некоторого предела

$$|\Delta| \leq \Delta_{\text{пред}}. \quad (6.1)$$

2. Равные по модулю положительные и отрицательные погрешности одинаково возможны.

3. Малые погрешности встречаются чаще, чем большие.

4. Среднее арифметическое погрешностей равнозначных измерений стремится к нулю при неограниченном возрастании количества измерений:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n}{n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\Delta]}{n} = 0. \quad (6.2)$$

На этих свойствах основана оценка погрешностей и установление наиболее достоверных результатов измерений. Надежную оценку точности измерений — среднюю квадратическую погрешность отдельного измерения — предложил Гаусс:

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}. \quad (6.3)$$

В большинстве случаев критерий Гаусса обеспечивает более надежную оценку точности по сравнению со средним арифметическим абсолютных значений погрешностей $\theta = [|\Delta|]/n$, это показано в примере 1.

Средняя θ , средняя квадратическая m и предельная $\Delta_{\text{пред}}$ погрешности называют абсолютными. Они имеют ту же размерность, что и измеряемая величина.

Часто на практике необходимо знать не абсолютную, а относительную погрешность. Например, если одна линия измерена с точностью $\frac{1}{2000}$ (т. е. на 2000 м погрешность составляет 1 м), а вторая с точностью $\frac{1}{5000}$, то, очевидно, что вторая линия измерена точнее.

Относительную погрешность обычно представляют дробью, числитель которой равен 1, а знаменатель — результат от деления измеренной величины на абсолютную погрешность. Так, относительная средняя квадратическая погрешность $\frac{m}{L} = \frac{1}{L:m}$.

Необходимость оценивать точность измерений возникает в следующих случаях.

1. Истинное значение измеряемой величины X известно заранее, например сумма углов многоугольника. Тогда значение погрешности измерений $\Delta_i = l_i - X$ и $m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}$. На практике такой случай встречается редко.

2. Истинное значение измеряемой величины заранее неизвестно. Тогда, по результатам нескольких равноточных измерений, можно определить наиболее вероятное (наивероятнейшее) значение измеряемой величины \bar{l} , которым оказывается арифметическое среднее. Зная \bar{l} , можно вычислить вероятные погрешности (отклонения) $v_i = l_i - \bar{l}$ и по формуле Бесселя среднюю квадратическую погрешность отдельного измерения $m = \pm \sqrt{\frac{|v_i^2|}{n-1}}$.

Но само наивероятнейшее значение будет определено также с погрешностью, которую находят по формуле $M = m/\sqrt{n}$ (пример 2).

3. Измеряемая величина определяется косвенным путем, т. е. является функцией $z = f(x, y, \dots, t)$ других измеренных с какой-то точностью величин (так называемых измеряемых аргументов), средние квадратические погрешности которых m_x, m_y, \dots, m_t . В теории погрешностей измерений доказано, что средняя квадратическая погрешность величины $z(m_z)$ выражается следующей формулой

$$m_z = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x} m_x\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} m_y\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial t} m_t\right)^2}. \quad (6.4)$$

Использование формулы (6.4) показано в примере 3.

Пример 1. Пусть имеется два ряда измерений при условии, что точность первого ряда заведомо ниже, так как он содержит более значительные по величине погрешности (−6 и +7).

$$\text{I ряд: } -1; +2; -6; +7; -1 \quad [|\Delta|] = 17;$$

$$\text{II ряд: } -4; +2; -4; +3; -4 \quad [|\Delta|] = 17,$$

тогда $\theta_1 = \pm 17/5 = \pm 3,4$ и $\theta_2 = \pm 17/5 = \pm 3,4$, т. е. точность обоих рядов одинакова. Но при оценке точности с помощью критерия Гаусса получаем

$$m_1 = \pm \sqrt{\frac{1^2 + 2^2 + 6^2 + 7^2 + 1^2}{n}} = \pm 4,2;$$

$$m_2 = \pm \sqrt{\frac{4^2 + 2^2 + 4^2 + 3^2 + 4^2}{n}} = \pm 3,5.$$

Здесь $m_1 > m_2$, и наличие в первом ряду больших погрешностей проявилось.

Пример 2. Даны результаты измерения линии (табл. 6.1). Оценить точность измерений, т. е. вычислить m , M и $\frac{M}{\bar{l}}$.

Таблица 6.1

Исходные данные

Номер измерения	l , м	v , см	v^2 , см ²
1	68,31	−1	1
2	68,30	−2	4
3	68,34	+2	4
4	68,32	0	0
5	68,33	+1	1
	$\bar{l} = 68,32$	$[v] = 0$	$[v^2] = 10$

$$\bar{l} = (68,31 + 68,30 + 68,34 + 68,32 + 68,33)/5 = 68,32 \text{ м};$$

$$m = \pm \sqrt{\frac{|v^2|}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{10}{5-1}} \approx 2 \text{ см};$$

$$M = \pm \frac{m}{\sqrt{n}} \approx \pm \frac{2}{\sqrt{5}} \approx \pm 0,7 \text{ см};$$

$$\frac{M}{\bar{l}} \approx \frac{0,7 \text{ см}}{68,32 \text{ м}} \approx \frac{1}{9706}.$$

Пример 3. В треугольнике на плане измерены основание $b = 112,00$ м с $m_b = \pm 5$ см и высота $h = 60,18$ м с $m_h = \pm 5$ см. Определить относительную среднюю квадратическую погрешность площади треугольника $\frac{m_S}{S}$.

Площадь треугольника участка

$$S = \frac{1}{2}bh = \frac{1}{2} \cdot 112,00 \cdot 60,18 = 3370,08 \text{ м}^2.$$

Найдем частные производные от функции S по аргументам b и h :

$$\frac{\partial S}{\partial b} = \frac{1}{2}h; \quad \frac{\partial S}{\partial h} = \frac{1}{2}b.$$

Тогда

$$\begin{aligned} m_S &= \pm \sqrt{\left(\frac{1}{2}hm_b\right)^2 + \left(\frac{1}{2}bm_h\right)^2} = \\ &= \sqrt{\left(\frac{1}{2}60,18 \cdot 0,05\right)^2 + \left(\frac{1}{2}112,00 \cdot 0,03\right)^2} = 2,2 \text{ м}^2. \\ \frac{m_S}{S} &\approx \frac{2,2}{3370} \approx \frac{1}{1500}. \end{aligned}$$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бородулин Я. Ф., Сущенко Б. Н. Дноуглубительный флот и дноуглубительные работы. — М. : Транспорт, 1973. — 432 с.
2. Бычков Л. С., Бочаров В. В. Гидротехнические сооружения на внутренних водных путях. — М. : Транспорт, 1987. — 288 с.
3. Годес Э. Г., Нарбут Р. М. Справочник по строительству в водной среде в суровых климатических условиях. — Л. : Стройиздат, 1984. — 384 с.
4. ГОСТ Р 54523-2011. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. — М. : Стандартиформ, 2012. — 211 с.
5. Ефимов С. Г. Технология и организация строительства водных путей и портов. — М. : Высш. шк., 1974. — 560 с.
6. Инженерная геодезия. Геодезические разбивочные работы, исполнительные съемки и наблюдения за деформациями сооружений: учеб. пособие / Е. Б. Михаленко [и др.]. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2008. — 88 с.
7. Инженерная геодезия. Геодезические разбивочные работы: учеб. пособие / Е. Б. Михаленко [и др.]. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2004. — 50 с.
8. Инженерная геодезия. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации морских и воднотранспортных сооружений: Учеб. пособие / В. С. Ермаков [и др.]. — СПб. : Изд-во СПбГТУ, 2001. — 71 с.
9. Инженерная геодезия. — М. : Недра, 1984. — 344 с.
10. Инженерная геодезия. Решение основных инженерных задач на планах и картах : учеб. пособие / Е. Б. Михаленко [и др.]. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2006. — 105 с.
11. Инженерная геодезия: учебное пособие по геодезической практике / Е. Б. Михаленко [и др.]; под. научн. ред. Е. Б. Михаленко. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. — 93 с.
12. Кучерявенко П. Ф., Иванов Ю. П. Сухие доки. — Л. : Судостроение, 1976.

13. Морские каналы и их обстановка / В. С. Стрельченко [и др.]. — М. : Транспорт, 1973 — 288 с.
14. Никеров П. С., Яковлев П. И. Морские порты. — М. : Транспорт, 1987. — 416 с.
15. Организация и производство портовых гидротехнических работ / П. И. Ильин [и др.]. — М. : Транспорт, 1972. — 416 с.
16. Пойзнер М. Б., Яковенко В. Г. Авторский надзор за портовыми гидротехническими сооружениями. — М. : Транспорт, 1990. — 160 с.
17. Порты и портовые сооружения / Г. Н. Смирнов [и др.]; под ред. Г. Н. Смирнова. — М.: Стройиздат, 1979.
18. Пособие по геодезическому обеспечению строительства / Е. Р. Аболин [и др.]. — СПб., 2006. — 240 с.
19. Справочник по строительству портовых гидротехнических сооружений / Под общ. ред. Г. Н. Николаева. — М. : Транспорт, 1972. — 474 с.
20. Топографические съемки и разбивочные работы: Метод. указания по учебной геодезической практике / Сост. С. В. Гладышев, В. С. Ермаков. Л. : ЛПИ. —1989. — 44 с.
21. Яковенко В. Г. Строительство причалов. — М. : Транспорт, 1981. — 256 с.
22. Яковенко В. Г., Яковлев П. И. Гидротехнические работы на водном транспорте. — М. : Транспорт, 1988. — 375 с.