

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

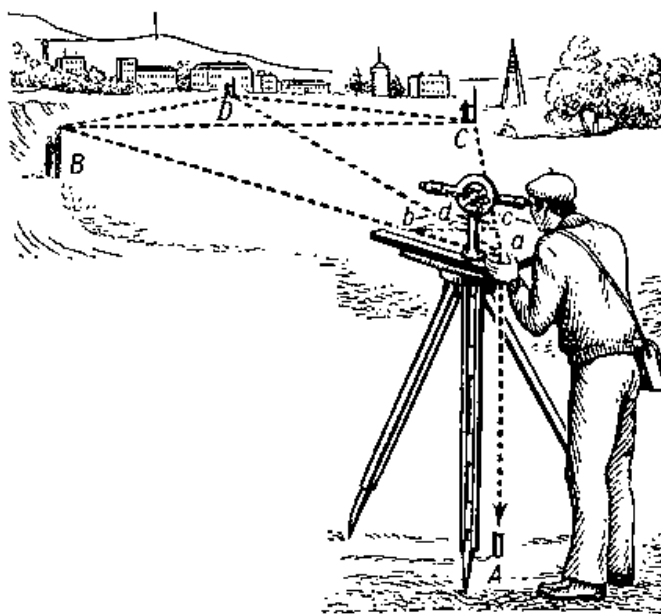
ОДЕССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ



Войтенко С.П., Юрковский Р. Г.,

Вильданова Н.Р., Малина И.А.

О с н о в ы и н ж е н е р н о й г е о д е з и и



УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Одесса – 2014

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів напряму підготовки «Будівництво»
вищих навчальних закладів (лист №1/11-488 від 16.01.2012р.)

Рецензенты:

- *Гладких И.И.*, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры Морской геодезии и гидрографии Одесской национальной морской академии
- *Александровский И.Р.*, кандидат наук, доцент, заведующий кафедры Геодезии Одесского государственного аграрного университета
- *Стадников В.В.*, кандидат технических наук, доцент, директор НПП «Высокие технологии»

Войтенко С.П., Юрковский Р.Г., Вильданова Н.Р., Малина И.А.

Основы инженерной геодезии: [учебное пособие]. Издание второе, переработанное и дополненное. – Одесса: ОГАСА, 2014. – 217 с.

Учебное пособие подготовлено в соответствии с программой курса «Инженерная геодезия» для студентов всех форм обучения направления «Строительство».

Пособие освещает все вопросы геодезического обеспечения и обслуживания при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений промышленного и гражданского строительства. Приведены задачи и содержание основных геодезических работ, необходимые примеры подготовки данных и предварительных расчетов точности для конкретных видов и этапов работ. Уделено внимание современным геодезическим приборам и методам, которые применяются при обслуживании строительных работ.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	6
1 Геодезия и ее значение в строительстве	7
2 Общие сведения	10
2.1 Система координат и высот	10
2.2 Ориентирование линий	11
2.3 Геодезические задачи	13
2.4 Геодезические измерения	14
3 Угловые измерения	16
3.1 Классификация теодолитов	16
3.2 Зрительная труба	17
3.3 Уровни	19
3.4 Отсчётные устройства	22
3.5 Устройство теодолитов	23
3.6 Осмотр теодолита и установка его в рабочее положение	24
3.7 Инструментальные погрешности	25
3.8 Поверки теодолитов	27
3.9 Измерение горизонтальных углов	33
3.10 Измерение вертикальных углов	35
4 Линейные измерения	37
4.1 Общие сведения.....	37
4.2. Непосредственные линейные измерения.....	38
4.3 Дальномеры.....	42
4.4 Косвенные способы линейных измерений.....	48
5 Нивелирование	51
5.1 Суть геометрического нивелирования.....	51
5.2 Приборы и оборудование для геометрического нивелирования.....	55
5.3 Поверки нивелиров.....	59
5.4 Тригонометрическое нивелирование.....	62
5.5 Гидростатическое нивелирование.....	64
6 Современные приборы для геодезических измерений	66
6.1 Электронные теодолиты и тахеометры.....	66
6.2 Спутниковые навигационные системы.....	67
6.3 Цифровой электронный нивелир.....	71

7 Геодезические сети	73
7.1 Общие сведения о геодезических сетях.....	73
7.2 Государственные геодезические сети.....	76
7.3 Геодезические сети сгущения.....	80
7.4 Геодезические съёмочные сети.....	80
8 Топографический план	82
8.1 Понятие о плане.....	82
8.2 Масштабы и номенклатура карт и планов.....	84
8.3 Условные знаки.....	88
8.4 Изображение рельефа местности на планах и картах.....	97
8.5 Топографические планы для изысканий и проектирования инженерных сооружений.....	100
9 Плановая и высотная основа геодезических разбивочных работ	103
10 Геодезическая подготовка проектов вертикальной планировки	108
11 Геодезические разбивочные работы	115
11.1 Задание и содержание геодезических разбивочных работ.....	115
11.2 Классификация осей зданий и сооружений.....	118
11.3 Геодезическая подготовка к вынесению на местность проекта сооружения.....	120
11.4 Элементы плановых разбивочных работ.....	123
11.5 Способы планового перенесения проекта в натуру.....	126
11.6 Способы высотного перенесения проекта в натуру.....	135
12 Перенесение проекта на местность	146
12.1 Перенесение осей зданий.....	146
12.2 Построение обноски и вынос на нее осей.....	150
13 Инженерно-геодезическое обеспечение строительства	154
13.1 Геодезические работы при устройстве котлованов.....	155
13.2 Геодезические работы при монтаже фундаментов.....	155
13.3 Построение разбивочной сети на исходном монтажном горизонте. Передача осей на монтажные горизонты.....	161
13.4 Геодезические работы при возведении жилых и общественных зданий.....	166

13.5	Геодезические работы при монтаже промышленных зданий.....	172
13.6	Геодезические работы при возведении монолитных зданий и сооружений.....	178
14	Геодезические работы при монтаже элементов строительных конструкций.....	180
14.1	Задание и содержание геодезических работ.....	180
14.2	Способы установки и выверки конструкций в плане.....	182
14.3	Установка и выверка конструкций по высоте.....	190
14.4	Установка и выверка конструкций по вертикали.....	197
15	Исполнительные съемки.....	208
16	Геодезические работы при эксплуатации зданий и сооружений.....	211
16.1	Общие сведения о деформациях зданий и сооружений.....	211
16.2	Размещение реперов и марок для наблюдения за осадкой.....	212
16.3	Методы определения осадки зданий и сооружений.....	213
16.4	Методы определения горизонтальных смещений зданий и сооружений.....	213
16.5	Определение кренов высоких сооружений.....	215
	ЛИТЕРАТУРА.....	216

ПРЕДИСЛОВИЕ

Курс инженерной геодезии для строительных специальностей традиционно излагается двумя частями: общей, в которой изучаются основные принципы геодезических работ для любых отраслей хозяйства, и специальной, освещающей вопросы применения инженерной геодезии в промышленном и гражданском строительстве. Существующие программы и учебная литература построены на исторически принятых в обучении методах передачи знаний: на постепенном переходе от простого к сложному, от исторического к современному.

Но реалии информационно-технологической революции обусловили необходимость новых подходов к профессиональной подготовке будущих специалистов.

Ограниченное количество аудиторных занятий, переход к кредитно-модульной системе, к самостоятельному изучению дисциплин не позволяют студенту терять время на начальное освоение геодезии «вообще», а требуют изучать ее, исходя из конкретных заданий геодезических работ в строительстве, обеспечения всех этапов строительного производства: изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации зданий.

1 ГЕОДЕЗИЯ И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Термин «геодезия» переводится с греческого, как «землеразделение». Это понятие возникло в Египте четыре тысячи лет тому назад при разделении границ сельскохозяйственных угодий после наводнений р.Нил.

Последующее развитие геодезии было тесно связано с хозяйственным освоением Земли. В современном народном хозяйстве наиболее важной отраслью геодезии является инженерная геодезия, которая обеспечивает строительство.

Геодезические работы предшествуют, сопровождают и завершают все этапы строительного производства: проектирование, строительство, монтаж оборудования и продолжаются в период эксплуатации сооружения.

Рассмотрим общую последовательность геодезических работ в промышленном и гражданском строительстве. Цифрами (1, 2, 3.) обозначены геодезические работы; буквами (А, Б, В...) – строительные.

Основой для выполнения первого этапа строительства – проектирования – является топографический (от греч. место-описание) план участка будущего строительства. Поэтому строительному проектированию предшествуют:

1.Инженерно-геодезические изыскания, в результате которых выполняется геодезическая съёмка местности и составляется ее *топографический план* с изображением на нем всех существующих объектов (зданий, сооружений, коммуникаций, растительности, рельефа и т.п.).

А.Топографический план является основой для выполнения первого этапа строительства - *проектирования*.

Строительство зданий и сооружений осуществляется в строгом соответствии с проектом, основной частью которого является *генеральный план*. Это графический документ размещения всех проектируемых зданий и сооружений, коммуникаций, растительности, рельефа и т.п. на топографическом плане.

2. Но генеральный план еще не дает возможность начать строительство, потому что на нем положение проектируемых объектов показано лишь графически. Для математического воплощения генерального плана к нему, используя геодезические расчеты составляют **разбивочные чертежи и план вертикальной планировки.**

На разбивочном чертеже положение основных точек проектных осей и горизонтов, которые определяют размещение проектируемых объектов на местности, указано относительно геодезических пунктов. Эти пункты закреплены на местности и имеют координаты X, Y, H .

3. На плане **вертикальной планировки** изображают преобразованный (проектный) рельеф, проектные уклоны и нулевые горизонты зданий.

4. После составления и утверждения проекта выполняют следующий этап, состоящий из **перенесения проекта на местность** (в натуру) в соответствии с разбивочным чертежом и планом вертикальной планировки участка строительства. Для этого геодезическими методами определяют на местности положение основных точек проектных осей и горизонтов.

5. Затем выполняют **детальные геодезические разбивочные работы**, которые заключаются в размещении на местности всех проектных осей и горизонтов, взаимного расположения элементов проектируемых сооружений в плане и по высоте.

Б. Начинают **строительство**, которое сопровождает:

6. **Комплекс геодезического обеспечения** всех этапов строительства: от контроля глубины котлована и отметок фундаментов до перенесения осей и отметок на монтажные горизонты и установления конструкций в вертикальное положение и тому подобное.

7. **Исполнительная съемка.** Систематически, по завершении очередного строительного цикла, проверяют соответствие выполненных работ проекту, фиксируя отклонение фактического положения основных точек сооружения в плане и по высоте, то есть выполняют инженерно-геодезическую съемку и составляют исполнительные чертежи по строительным циклам.

8.Одна из ответственных и сложных задач строительства – **установка технологического оборудования в проектное положение** с соблюдением допусков на взаимное положение его элементов. Если допуски на выполнение строительно-монтажных работ составляют 1...3 мм, то допуски установки отдельных частей оборудования составляют 0,1...0,2 мм. Поэтому это требует особенно высокой точности геодезических измерений.

9.Завершается строительство составлением **исполнительного плана**, необходимого для сдачи объекта в эксплуатацию.

В Эксплуатация объекта.

10.Продолжается **геодезический мониторинг** – геодезические наблюдения за осадкой и деформациями сооружений, а иногда и за территориями, на которых эти сооружения размещены. Основная **цель наблюдений** – получение сведений о состоянии сооружения, его устойчивости и прочности. Геодезические наблюдения позволяют оценить ***пространственно-временное состояние сооружения*** и его частей для своевременного осуществления необходимых мероприятий по обеспечению безаварийной эксплуатации сооружения.

Недооценка значимости геодезии приводит к задержкам строительства, переделкам и дополнительным затратам. Любое современное строительство невозможно осуществить на достаточно высоком техническом уровне без знания геодезии. Последующее развитие строительства требует увеличения объемов инженерно-геодезических работ и повышения их качества.

2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

2.1 Система координат и высот

В практике инженерно-геодезических работ в строительстве местоположения любой точки на местности и на плане определяется ее прямоугольными координатами X , Y (часто условными) и абсолютной высотой H . В условной системе прямоугольных координат (рис.2.1.1) ось X направлена на север, ось Y – на восток. Северное направление оси X считается положительным, южное - отрицательным; восточное направление оси Y считается положительным, западное – отрицательным. Координатные оси разделяют плоскость рисунка на четыре четверти: I – СВ, II – ЮВ, III – ЮЗ, IV – СЗ.

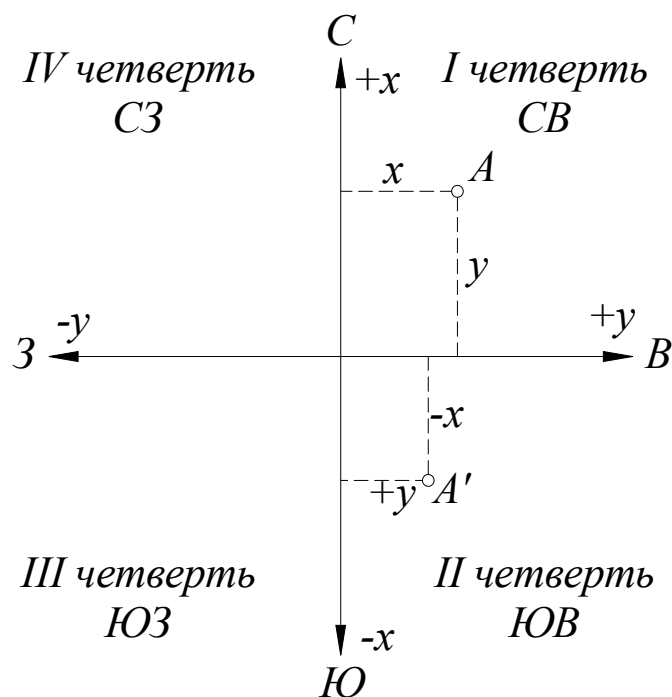


Рис.2.1.1 Условная система прямоугольных координат

Абсолютные высоты точек земной поверхности в Украине отсчитывают по направлению отвесной линии от данной точки до уровенной поверхности, проходящей через нуль Кронштадтского футштока (рис.2.1.2). Например, абсолютная высота точки A - H_A , абсолютная высота точки B - H_B .

В пределах какого-то участка за исходную для отсчета высот можно брать любую другую постоянную уровенную поверхность. Например, в строительстве высоты отсчитываются относительно

уровня чистого пола первого этажа – так называемого **строительного нуля** ($\pm 0,000$). Такие высоты называют **условными**: они отсчитываются от условного нулевого горизонта (рис. 2.1.2).

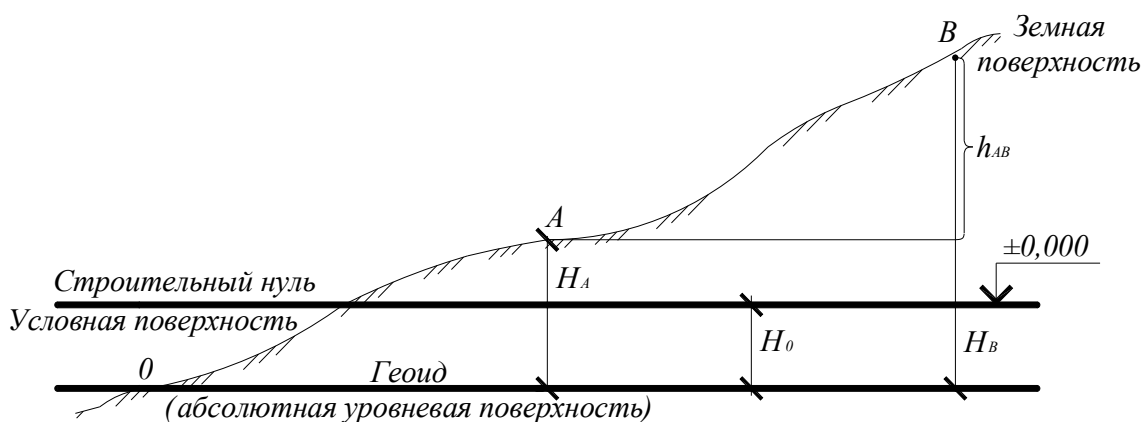


Рис.2.1.2 Система высот

Разница h между высотами двух точек называется **превышением** (рис.2.1.2):

$$h_{AB} = H_B - H_A; h_{BA} = H_A - H_B. \quad (2.1.1)$$

Численное значение высоты называется **отметкой**.

2.2 Ориентирование линий

Ориентировать линию – это значит определить ее направление относительно начального. За начальное в практике инженерно-геодезических работ в строительстве обычно принимают северное направление оси X.

При решении инженерно-геодезических задач на плоскости для ориентирования линий местности чаще всего пользуются дирекционными углами α . **Дирекционный угол α** отсчитывается по ходу часовой стрелки от северного направления оси X координатной сетки до направления линии (рис.2.2.1).

Дирекционный угол α_{1-2} направления 1-2 называется **прямым**, обратного направления 2-1 – **обратным** (рис. 2.2.1):

$$\alpha_{2-1} = \alpha_{1-2} \pm 180^\circ. \quad (2.2.1)$$

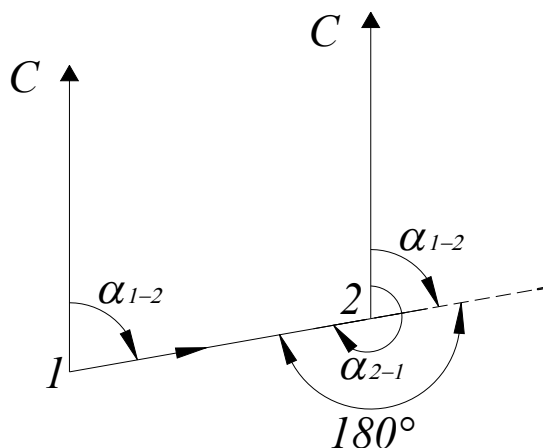


Рис.2.2.1 Прямой и обратный дирекционные углы

Если известен дирекционный угол начального направления 1-2 в геодезическом полигоне 1-2-3-4 и измерены горизонтальные правые, размещенные справа по ходу полигона, - внутренние углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3$, то дирекционные углы последующих сторон 2-3, 3-4 (рис.2.2.2) определяются по формулам:

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} \pm 180^\circ - \beta_2,$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} \pm 180^\circ - \beta_3,$$

..... ,

то есть

$$\alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пред}} \pm 180^\circ - \beta_i. \quad (2.2.2)$$

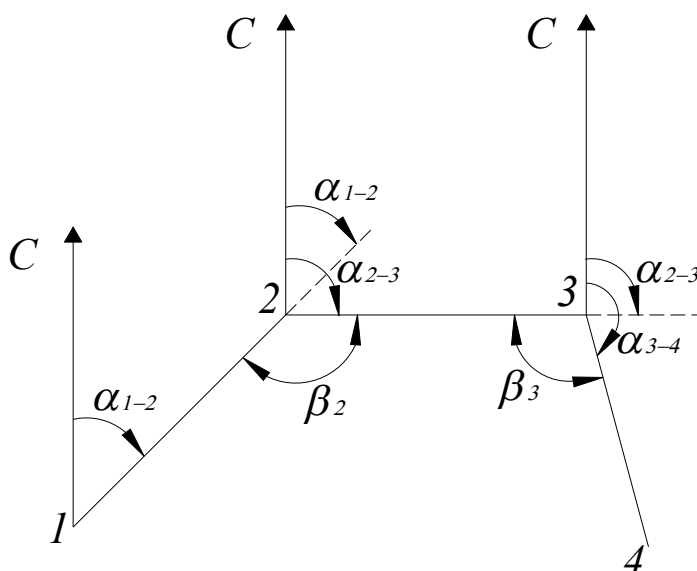


Рис.2.2.2 Определение дирекционных углов последующих сторон

При камеральной обработке полевых результатов удобнее вместо дирекционных углов использовать румбы. Румб r - это острый угол

между направлениями оси X и линии (рис.2.2.3). Румб сопровождается названием четверти.

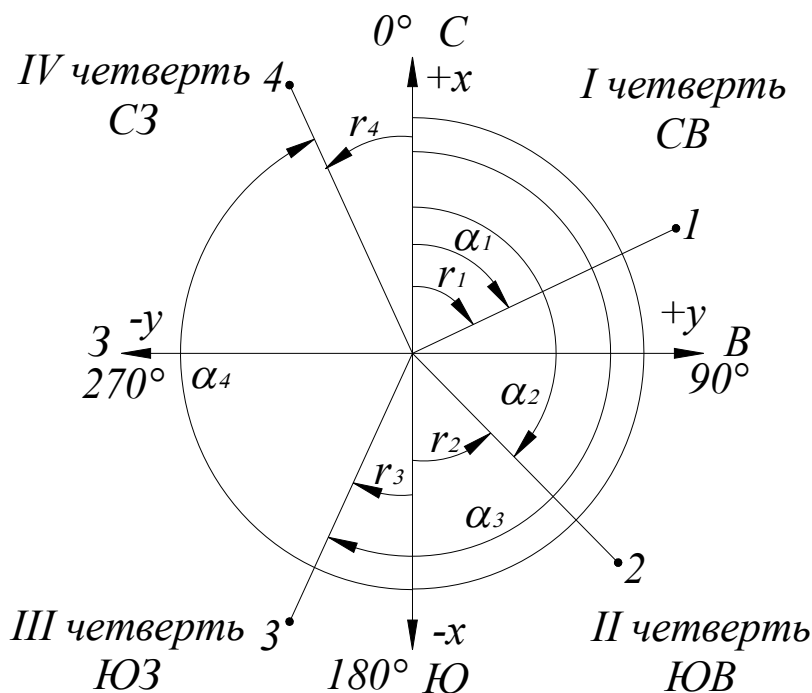


Рис.2.2.3 Связь дирекционных углов с румбами

Определим связь между дирекционными углами, румбами и знаками координат в разных четвертях (табл. 2.2.1).

Таблица 2.2.1

Связь дирекционных углов с румбами

Четверть	Дирекционный угол α	Румб r		Оси координат	
		название	величина	X	Y
I	$0 \dots 90^\circ$	СВ	$r = \alpha$	+	+
II	$90 \dots 180^\circ$	ЮВ	$r = 180^\circ - \alpha$	-	+
III	$180 \dots 270^\circ$	ЮЗ	$r = \alpha - 180^\circ$	-	-
IV	$270 \dots 360^\circ$	СЗ	$r = 360^\circ - \alpha$	+	-

2.3 Геодезические задачи

Прямая геодезическая задача заключается в определении координат X_2, Y_2 точки 2 по известным координатам X_1, Y_1 точки 1, расстоянию d между точками 1-2 и дирекционному углу (румбу) линии 1-2. Для определения прямоугольных координат X_2 и Y_2 вычисляют приращения координат (рис.2.3.1) из треугольника 1С2:

$$\begin{aligned}\Delta x &= d \cos r; \\ \Delta y &= d \sin r.\end{aligned}\tag{2.3.1}$$

Тогда

$$\begin{aligned}x_2 &= x_1 + \Delta x; \\ y_2 &= y_1 + \Delta y.\end{aligned}\tag{2.3.2}$$

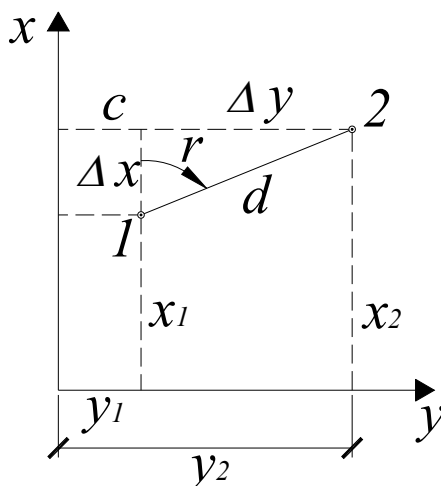


Рис.2.3.1 Прямая и обратная геодезические задачи

Обратная задача заключается в определении расстояния d и дирекционного угла α_{1-2} по известным координатам точек 1 и 2: X_1, Y_1, X_2, Y_2 . Из того же треугольника 1С2 (см. рис.2.3.1) определяют румб направления 1-2:

$$\operatorname{tg} r = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{\Delta y}{\Delta x}; \quad r = \operatorname{arctg} \frac{\Delta y}{\Delta x}.\tag{2.3.3}$$

Дирекционный угол определяется в зависимости от четверти, которая предопределена знаками приращений координат Δx и Δy .

Горизонтальное проложение между точками 1-2 вычисляют по формулам:

$$d = \frac{\Delta x}{\cos r} = \frac{\Delta y}{\sin r} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}\tag{2.3.4}$$

2.4 Геодезические измерения

Измерение – это процесс сравнения измеряемой величины с одноименной величиной, принятой за единицу измерений.

Геодезические измерения позволяют определить взаимное расположение точек земной поверхности (геодезических пунктов). Геодезические измерения бывают:

-*линейными*, в результате которых на местности определяются расстояния между пунктами;

-*угловыми*, в результате которых определяют значение горизонтальных и вертикальных углов на пунктах между направлениями на другие пункты;

-*высотными* (нивелирование), в результате которых определяется превышение между пунктами.

В Украине для перечисленных видов геодезических измерений используются такие единицы:

- в *линейных измерениях* (горизонтальных и высотных) - *метр*;
- в *угловых* – *круг* и его части: *градус*, который равняется $1/360$ круга; *минута*, которая равняется $1/60$ градуса; *секунда*, которая равняется $1/60$ минуты.

На *физический процесс измерения* влияют такие *факторы*: измеряемая величина, субъект, который проводит измерение, измерительный прибор и среда, в которой происходит измерение. Кроме того, измерения осуществляют разными *методами*. Результат измерения зависит от условий его выполнения. В зависимости от условий, измерения могут быть *равноточными* и *неравноточными*. Если в процессе измерений сохраняются неизменными все пять факторов, то такие измерения называют *равноточными*. При *неодинаковых условиях*, то есть когда изменяется хотя бы одно из пяти условий (например, наблюдатели были разной квалификации), выполненные измерения будут *неравноточными*.

3 УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

3.1 Классификация теодолитов

Теодолит – это угломерный прибор (рис.3.1.1) для измерения и построения на местности горизонтальных и вертикальных углов и определения расстояния (с невысокой точностью).

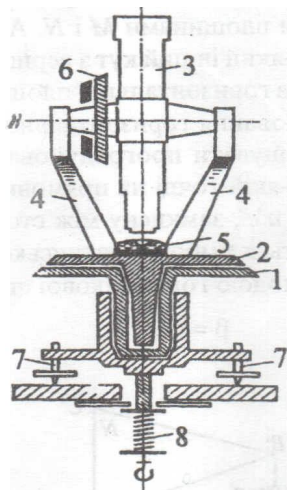


Рис.3.1.1 Схема теодолита:

- 1 - лимб; 2 - алидада; 3 - зрительная труба; 4 - подставки трубы;
5 - уровень горизонтального круга; 6 - вертикальный круг;
7 - подъемные винты; 8 - становой винт

Теодолит, у которого *лимб* горизонтального круга составляет одно целое с подставкой, называется **простым**, в отличие от **повторительного** теодолита, лимб которого может вращаться вокруг своей оси. Теодолиты со стеклянными лимбами называют оптическими.

По стандарту теодолиты помечают буквой Т. Перед буквой Т могут быть цифры 2, 3... и т. д., которые указывают на очередную модификацию прибора. Число справа от буквы Т указывает, на точность (среднюю квадратичную погрешность) измерения горизонтального угла. Дальше идут буквы, которые отмечают конструкцию теодолита:

- 1) *К* - с компенсатором вертикального круга;
- 2) *П* - с прямым изображением зрительной трубы;
- 3) *М* - маркшейдерское исполнение;
- 4) *А* - с автоколлимационным окуляром.

Например, теодолит серии Т30 означает теодолит с точностью (средней квадратичной погрешностью) измерения угла $m_{\beta} = \pm 30''$;

2Т30П - теодолит второй модификации, 30'' точности, с прямым изображением зрительной трубы.

По точности теодолиты делятся на:

- высокоточные Т05, Т1;
- точные Т2, Т5, Т10;
- технические Т15, Т20, Т30, Т60.

В инженерно-строительном деле используют оптические и электронные теодолиты и тахеометры разной точности в зависимости от поставленных инженерно-геодезических задач.

3.2 Зрительная труба

В современных геодезических приборах используются зрительные трубы (рис.3.2.1) с внутренней фокусировкой (постоянной длины). **Фокусировка** – это установка чёткого изображения наблюдаемого предмета. Фокусировка выполняется с помощью *кремальеры* (от фр. механизм), вращением которой перемещают двояковогнутую линзу, размещенную внутри трубы. Такая фокусировка называется внутренней. Зрительная труба наводится на наблюдаемый предмет при помощи сетки нитей, нанесенной на стеклянной пластинке, которая вставлена в диафрагму (от греч. перегородка), размещенную в окулярной части трубы

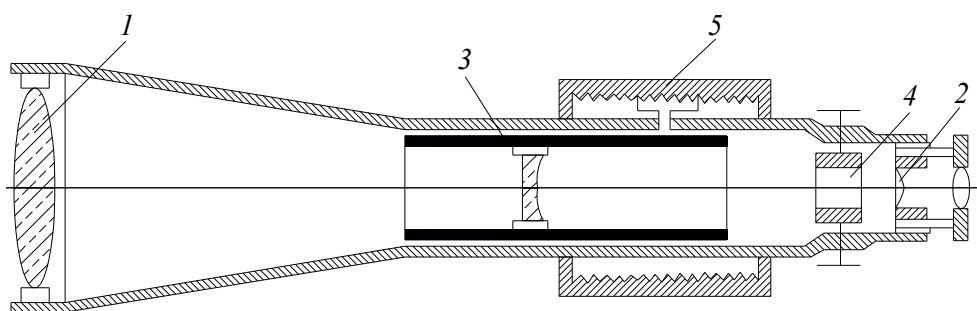


Рис.3.2.1 Зрительная труба:

- 1 - объектив; 2 - окуляр; 3 - фокусирующая линза;
- 4 - диафрагма с сеткой нитей; 5 - кремальера.

Прямая, которая проходит через точку пересечения сетки нитей и оптический центр объектива, называется **визирной осью**. Положение сетки нитей (рис.3.2.2), а следовательно и визирной оси, можно

изменять, перемещая пластинку с сеткой нитей в плоскости, перпендикулярной к оси трубы, с помощью исправительных винтов сетки нитей (вертикальных и боковых). Сетку нитей по глазу устанавливают перемещением окуляра в окулярном колене, вращая окулярную трубку.

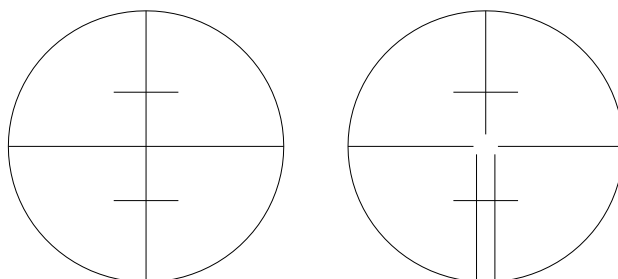


Рис.3.2.2 Сетки нитей зрительной трубы

Следовательно, полная установка зрительной трубы для наблюдений состоит из установка ее по глазу и по предмету. Если после этого глаз около окуляра перемещать по высоте и в боковом направлении, то точка пересечения нитей не должна сходиться с изображением предмета. Отклонение точки называется параллаксом (от греч. отклонение). Причина этого – несовмещение изображения предмета с плоскостью сетки нитей. Устраняется параллакс незначительным поворотом кремальеры.

Основной характеристикой зрительной трубы является её увеличение V . Это отношение угла, под которым изображение видно в трубу, к углу, под которым предмет видно невооруженным глазом:

$$V = \frac{\beta}{\alpha}, \quad (3.2.1)$$

или отношение фокусных расстояний объектива и окуляра

$$V = \frac{f_{об}}{f_{ок}}. \quad (3.2.2)$$

Увеличение зрительных труб теодолитов от 18^x до 60^x .

Для начального приближённого наведения зрительной трубы на цель в оптических теодолитах служит *оптический визир*. Точность визирования с помощью оптического визира составляет $2' \dots 3'$.

3.3 Уровни

Для приведения осей и плоскостей инструмента в горизонтальное или отвесное положение служат **уровни**.

Уровень состоит из ампулы, металлической оправы и исправительных винтов. В зависимости от формы уровни бывают цилиндрические и круглые (рис.3.3.1). Внутреннюю поверхность ампулы шлифуют по дуге окружности определенного радиуса

. При изготовлении уровня ампулу заполняют нагретым серным эфиром или винным спиртом и запаивают. После охлаждения внутри ампулы образуется небольшое пространство, заполненное парами жидкости, которое называется *пузырьком уровня*. Он всегда занимает наивысшее положение. Ампулу уровня загипсовывают в оправу, которую прикрепляют к инструменту.

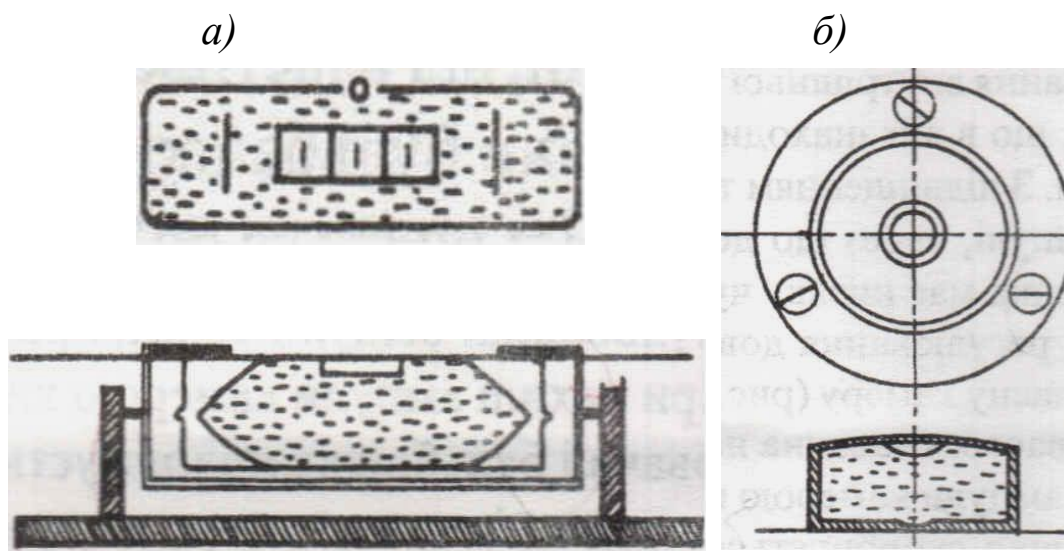


Рис.3.3.1 Уровни:

а) цилиндрический уровень; б) круглый уровень

На внешней поверхности ампулы нанесены деления через каждые 2 мм. Точка 0 в средней части ампулы называется *нуль-пунктом*. Когда концы пузырька располагаются симметрично нуль-пункту, считают, что пузырек находится в нуль-пункте.

Касательная $ш_1$ (рис.3.3.2) к внутренней поверхности цилиндрического уровня в нуль-пункте 0 называется *осью цилиндрического уровня*.

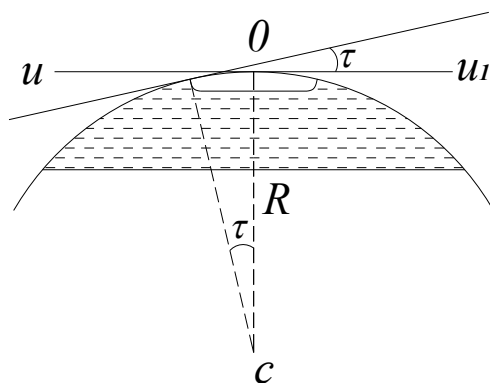


Рис.3.3.2 Цена деления уровня

Основное свойство цилиндрического уровня: когда пузырек находится в нуль-пункте, ось уровня занимает горизонтальное положение.

Если пузырек отклонится от нуль-пункта (рис.3.3.2), ось уровня $и_1$ наклонится к горизонту на соответствующий угол. Угол τ , на который наклонится ось уровня при смещении пузырька на одно деление ампулы, называется *ценой деления уровня*. Она зависит от радиуса внутренней поверхности ампулы уровня и служит мерой чувствительности уровня. Чем меньше цена деления уровня, тем выше его чувствительность.

Однако, кроме цены деления, чувствительность уровня зависит от качества шлифования внутренней поверхности ампулы, от свойств (вязкости) жидкости, которая в ней находится, от длины пузырька и температуры воздуха. С повышением температуры увеличивается объем наполнителя в ампуле, из-за чего длина пузырька уменьшается, а короткий пузырек имеет низкую чувствительность.

Для регулирования длины пузырька ампулы точных уровней имеют запасную камеру (рис.3.3.3).



Рис.3.3.3 Уровень с запасной камерой

При наклоне ампулы камерой вниз в нее переливается часть наполнителя и пузырек удлиняется; при наклоне ампулы камерой вверх часть жидкости из камеры выливается, и пузырек уменьшается.

Рекомендуемая длина пузырька должна быть в пределах 0,3 длины шкалы ампулы.

Уменьшение влияния температуры на длину пузырька достигается также изготовлением компенсированных ампул со стеклянной палочкой внутри. Благодаря этому значительно уменьшается объем наполнителя, и при изменении температуры объем, а следовательно, и длина пузырька изменяется незначительно. Однако очевидно, что не следует допускать прямого нагрева уровня солнечными лучами.

Невооруженным глазом можно улучшить перемещение пузырька уровня на 0,1 деления ампулы (0,2 мм). Следовательно, точность установки пузырька в нуль-пункте характеризуется *средней квадратической погрешностью* $m_y = \pm 0,1\tau = \pm 0,2 \text{ мм}$. *Предельная погрешность* установки $\Delta y = 2m_y = \pm 0,4 \text{ мм}$.

Значительно более высокая точность приведения пузырька в нуль-пункт, а также удобство в работе достигаются с помощью контактных уровней. У них изображение концов пузырька уровня передается через систему призм. Когда пузырек уровня устанавливается в нуль-пункте, то изображения его концов совпадают, или, как говорят, контактируют (рис.3.3.4). Момент совпадения фиксируется глазом с высокой точностью – в 2-4 раза выше, чем установка в нуль-пункте обычного уровня.

Кроме цилиндрических уровней, некоторые геодезические инструменты обеспечиваются менее чувствительными круглыми уровнями (см. рис. 3.3.1 б)

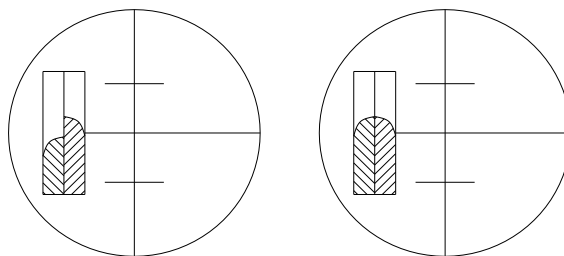


Рис.3.3.4 Изображения концов контактного уровня

Круглый уровень – это стеклянная ампула, которая имеет по бокам форму цилиндра, а сверху – сферы, отшлифованной по внутренней поверхности определенного радиуса. За нуль-пункт 0 круглого уровня

принимается центр круга, нанесенного на стекле в середине ампулы. Радиус сферической внутренней поверхности проходит через нуль-пункт уровня, занимает отвесное положение и совпадает с осью уровня *иш*₁.

Круглые уровни имеют цену деления 5' и больше, поэтому они обычно используются для приближенной установки инструмента.

3.4 Отсчётные устройства

Для измерения горизонтального угла зрительную трубу теодолита поворотом алидады наводят на визирную цель (при закреплённом лимбе) и снимают отсчет по горизонтальному кругу. Этот отсчет является суммой отсчетов по лимбу и отсчетному устройству.

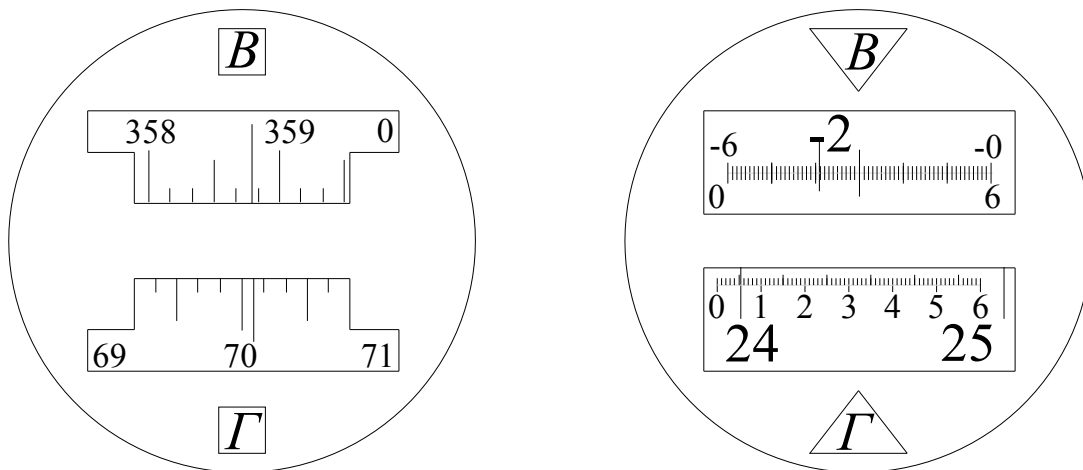
Алидада (от араб. линейка) – подвижный круг с отсчетными устройствами.

А *лимб* – это оцифрованный от 0° до 360° стеклянный (в оптических теодолитах) круг. Величина дуги лимба между двумя ближайшими штрихами, переданная в градусной мере, называется ценой деления лимба. Она определяется по оцифровке градусных штрихов.

В современных оптических теодолитах Т30, Т15 для вычисления делений лимба используют микроскопы: штриховые (рис. 3.4.1 а) или шкаловые (рис. 3.4.1 б). Технология изготовления этих теодолитов позволяет пренебрегать погрешностью влияния эксцентриситета, и отсчет выполняется по одному отсчетному устройству – микроскопу, который находится при зрительной трубе.

В поле зрения штрихового микроскопа теодолита Т30 вместе с изображением делений лимба видно штрих микроскопа. Отсчитывают по штриху, на глаз, оценивая до 0,1 наименьшего деления лимба, которое равняется 10'. Соответственно, показанные на рис. 3.4.1,а отсчеты по горизонтальному кругу 70°05' и вертикальному кругу 358°47'.

Использование шкалового микроскопа (см. рис. 3.4.1 б), шкала которого является наименьшим делением лимба, разбитого на определенное количество частей, позволяет повысить точность отсчета.



- а) Отсчеты: по горизонтальному кругу – $70^{\circ} 05'$, по вертикальному кругу – $358^{\circ} 48'$
- б) Отсчеты: по горизонтальному кругу – $24^{\circ} 05',2$, по вертикальному кругу – $2^{\circ} 39',2$

Рис.3.4.1 Поле зрения микроскопов:

а) штрихового (Т30); б) шкалового (Т15)

У теодолита Т15 шкала микроскопа длиной в $1^{\circ} = 60'$ разделена на 12 равных частей с ценой деления $5'$ (рис. 3.4.1 б). Кроме того, подписи на вертикальном круге вверх от нулевой линии горизонта имеют значение от 0° к $+90^{\circ}$, а вниз – от 0° к -90° . Поэтому деления на шкале шкалового микроскопа для вертикальных углов подписаны один раз от 0 до 6 с (+), а второй раз от -0 к -6 с (-). Согласно рис. 3.4.1 б, имеем отсчёт по горизонтальному кругу $24^{\circ} 05'2''$, по вертикальному – ($-2^{\circ} 39'2''$).

3.5 Устройство теодолитов

Оптический теодолит Т30 – это повторительный теодолит-тахеометр с полый цилиндрической вертикальной осью. Подставка у теодолита несъемная, жестко с ним соединена. Основание теодолита, с которым соединена подставка, одновременно служит дном футляра. Это не только уменьшает массу прибора, но и позволяет закрывать его футляром, не снимая со штатива. Теодолит имеет полую вертикальную ось и отверстие в дне футляра для центрирования зрительной трубой, которая в этом случае устанавливается вертикально объективом вниз.

У теодолита есть только *один цилиндрический уровень*, который размещен у основания подставки трубы. Размещение уровня

определено необходимостью контролировать положение теодолита при измерении вертикальных углов из-за отсутствия у этого теодолита уровня у алидады вертикального круга.

На трубе есть оптический визир для приближенного наведения трубы на наблюдаемый объект и отсчетный микроскоп для снятия отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам.

Оптический теодолит Т15 отличается от оптического Т30, в первую очередь, более высокой точностью снятия отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам, что достигается использованием шкалового микроскопа. Кроме того, подставка теодолита Т15 съёмная, а в алидадную часть вмонтирован оптический отвес.

У теодолита есть *два цилиндрических уровня*; один из них (уровень горизонтального круга) закреплен между подставками трубы на кожухе горизонтального круга, а второй (уровень вертикального круга) - на подставке трубы около вертикального круга.

На трубе есть оптический визир для приближенного наведения трубы на наблюдаемый объект и шкаловой микроскоп для снятия отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам.

3.6 Осмотр теодолита и установка его в рабочее положение

До начала работ необходимо осмотреть теодолит и проверить чистоту оптики, четкость изображения сетки нитей, перемещение фокусирующей линзы, плавность и легкость вращения инструмента и зрительной трубы. Обнаруженные дефекты исправляют в оптико-механической мастерской.

Ход подъемных и наводящих винтов должен быть плавным, размеренным, без шатания и заедания. Для регулировки хода винта вращают регулировочную гайку при помощи шпильки в ту или иную сторону до тех пор, пока не будет достигнут равномерный ход.

При вращении алидады горизонтального круга должна быть обеспечена азимутная устойчивость штатива и подставки.

Для *проверки устойчивости штатива* зрительную трубу наводят на резко очерченный объект: антенну, угол дома и тому подобное. Потом, взявшись за головку штатива, слегка вращают штатив в разные

стороны. Если после этого изображение объекта сместилось с пересечения сетки нитей, то нужно сильнее затянуть винт шарнира ножек штатива. После этого проверяют устойчивость подставки. Слегка поворачивают корпус подставки, и в случае смещения изображения объекта из пересечения сетки нитей подтягивают гайки регулировки хода подъемных винтов.

В рабочее положение теодолит устанавливается:

1) центрированием над точкой с помощью отвеса или оптического центрира;

2) горизонтированием лимба (приведением вертикальной оси теодолита в отвесное положение) при помощи подъемных винтов по уровню горизонтального круга.

Центрирование бывает приближённое и точное. Сначала теодолит устанавливается над точкой (до 2...3 см) перемещением ножек штатива. Точное центрирование достигается перемещением подставки с теодолитом по головке штатива при ослабленном становой винте. Потом становой винт закрепляется. Точность центрирования нитяным отвесом составляет 0,5 см, оптическим центриром - 0,5 мм

Для *горизонтирования лимба* поверенный уровень горизонтального круга устанавливают по направлению двух подъемных винтов и, действуя ими в разные стороны, приводят пузырек уровня на середину. Потом повернув уровень на 90° и, действуя третьим подъемным винтом, выводят пузырек уровня на середину.

3.7 Инструментальные погрешности

Инструментальными погрешностями считают отклонение инструмента или его частей от геометрической схемы. По своему происхождению эти погрешности могут быть разделены на две группы:

1) *погрешности, вызванные неточностью изготовления и сборки инструмента и его частей*. К инструментальным погрешностям первой группы относятся, например, ошибки нанесения штрихов на лимбе, отклонение формы внутренней поверхности ампулы уровня от сферической, эксцентриситет алидады, низкое качество изготовления оптики и тому подобное. Эти погрешности могут быть исправлены на

заводе, а их величины определяются специальными исследованиями. При современном уровне изготовления инструментов влияние этих погрешностей в технических теодолитах незначительно;

2) *погрешности, вызванные нарушениями геометрической схемы инструмента*. Вторая группа погрешностей определяется поверками теодолита. *Поверки* - действия, в результате которых устанавливают, выполняются ли геометрические условия, которые предъявляются к инструменту. Для выполнения нарушенных условий делают исправления, которые называются *юстировками* (от нем. выверять).

С точки зрения периодичности метрологического обслуживания геодезических приборов в строительных организациях можно выделить несколько *уровней поверки*:

1) *текущая периодическая поверка* проводится с профилактической целью один раз в год по календарному графику;

2) *внеочередная поверка* – при получении прибора после длительной транспортировки, хранения или других, не свойственных эксплуатации нагрузок;

3) *частичная технологическая поверка*, которая заключается в контроле сохранения основных геометрических условий, выполняется на каждом объекте после переезда на него или ежедневно к началу работы.

Таким образом, геодезические приборы поверяются, по меньшей мере, один раз в год в полном объеме контроля метрологических параметров. *Периодичность поверки* можно устанавливать, анализируя время безотказной работы. Бывает, что во время эксплуатации нарушена регулировка, поэтому некоторые из поверок и юстировок необходимо повторять даже ежедневно, чтобы в результатах измерений не появились систематические погрешности.

Результаты поверок заносятся в *аттестат* и *паспорт* прибора. *Аттестат* - это разовый документ, который содержит результаты поверки, а в *паспорте* отражены данные всех поверок прибора в эксплуатации, их периодичность, результаты ремонта и тому подобное.

Для обеспечения нормальных условий выполнения поверки необходимо соблюдение целого ряда требований по ограничению

возможных внешних влияний в специально оборудованном лабораторном помещении: температура воздуха $(20\pm 5)^\circ\text{C}$, относительная влажность $(60\pm 20)\%$, атмосферное давление 760 мм рт. ст., неподвижность воздуха, достаточная освещенность, отсутствие вибрации и шума. Если работа выполняется в условиях, отличающихся от нормальных, то необходимо вводить соответствующие поправки.

3.8 Поверки теодолитов

На рис. 3.8.1 показана *геометрическая схема теодолита*, на которой: ZZ_1 - вертикальная ось вращения теодолита, HH_1 - горизонтальная ось вращения зрительной трубы, VV_1 - визирная ось, UU_1 - ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга.

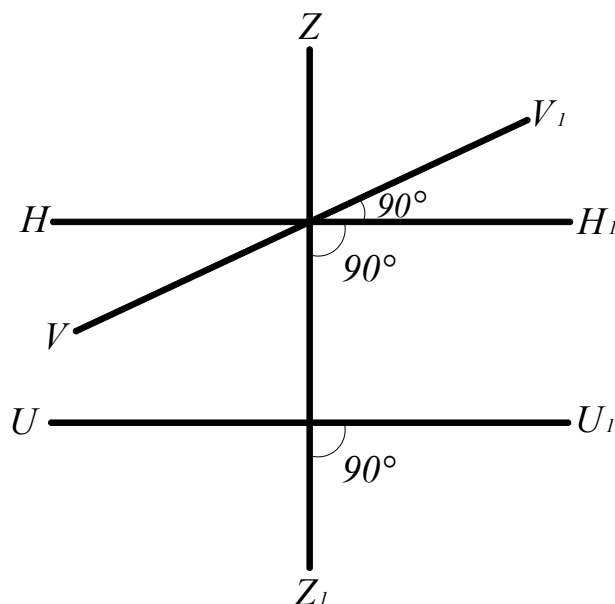


Рис.3.8.1 Геометрическая схема теодолита

Геометрические условия, которые должны быть соблюдены в теодолите, видны из геометрической схемы и следуют из *принципа измерения горизонтального угла*.

Для соблюдения геометрических условий после осмотра теодолита и установки его в рабочее положение последовательно выполняют следующие поверки:

1. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита ($UU_1 \perp ZZ_1$).

Выполняя *поверки*, исходят из предположения, что соответствующие геометрические условия не выполняются. Допустим, что ось уровня не перпендикулярна к оси вращения теодолита и ее фактическое положение U_1U_1' составляет с правильным положением UU_1 некоторый угол α (рис.3.8.2).

После поворота алидады на 180° ось уровня U_1U_1' , сохраняя неизменным угол $180^\circ - \alpha$, образованный с осью вращения, отклоняется от своего начального положения на угол 2α и занимает положение U_2U_2' . Поэтому после поворота алидады на 180° в случае отклонения пузырька уровня от нуль-пункта перемещают пузырек уровня к нуль-пункту на половину отклонения, действуя исправительными винтами уровня, а на вторую половину - подъемными винтами. После *юстировки уровня* поверку повторяют.

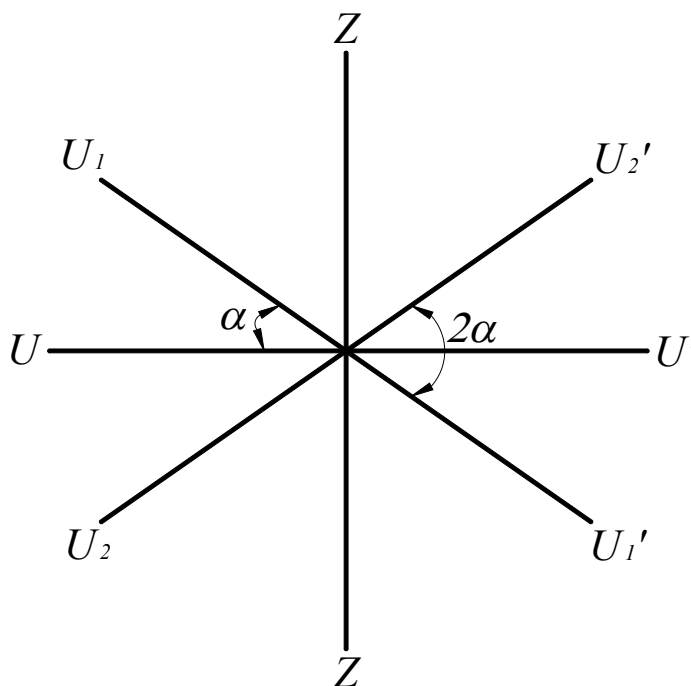


Рис.3.8.2 Поверка уровня

После поверки и юстировки уровня опять выполняют *горизонтирование лимба*.

2.Вертикальная нить сетки должна находиться в вертикальной плоскости.

На расстоянии 5...10 м от теодолита подвешивают отвес и визируют на его нить зрительную трубу. Если вертикальная нить сетки не

совпадает с изображением нити отвеса, то снимают колпачок окуляра, ослабляют на пол-оборота четыре винта, которые скрепляют окулярную часть с корпусом трубы, и поворачивают окулярную часть с сеткой нитей до совпадения вертикальной нити сетки с изображением нити отвеса. Завинчивают винты и надевают колпачок.

3. Визирная ось должна быть перпендикулярной к оси вращения зрительной трубы ($VV_1 \perp HH_1$).

Это условие необходимо для того, чтобы при вращении трубы визирная ось описывала не конические поверхности, а плоскость, которую называют коллимационной (от лат. *collinco* – «нацеливаюсь», «направляю по прямой линии»).

Представим, что визирная ось VV_1 не перпендикулярна к оси вращения трубы. Тогда при визировании на отдаленную точку М, расположенную приблизительно на одном уровне с теодолитом, при КП (*круг право* - положение вертикального круга теодолита справа от наблюдателя) на лимбе горизонтального круга отсчет будет R , а при КЛ (*круг лево* - положение вертикального круга теодолита слева от наблюдателя) - L (рис. 3.8.3). Разность отсчетов:

$$L - R = 2C, \quad (3.8.1)$$

где C - угол, на который визирная ось отклоняется от коллимационной плоскости; он называется коллимационной ошибкой:

$$C = \frac{L - R}{2}. \quad (3.8.2)$$

Величина коллимационной ошибки не должна превышать двойную точность отсчетного устройства:

$$C \leq 2t, \quad (3.8.3)$$

Если $C > 2t$, то наводящим винтом алидады устанавливают на лимбе средний отсчет:

$$\frac{R + L}{2} = L - C = R + C. \quad (3.8.4)$$

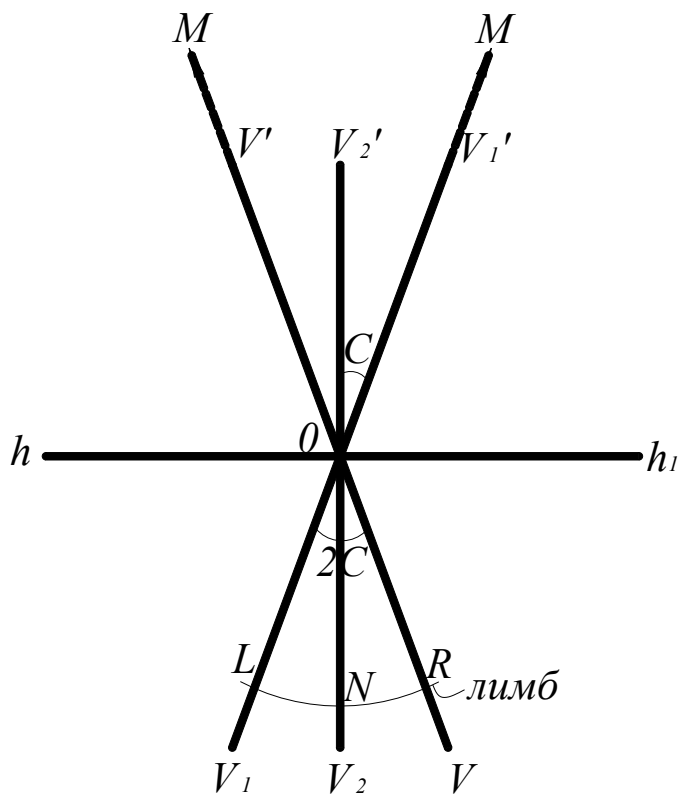


Рис.3.8.3 Проверка коллимационной ошибки

При этом алидада с трубой повернется на угол C , в результате чего изображение точки M в поле зрения трубы уклонится от пересечения нитей сетки (рис. 3.8.4). Действуя боковыми исправительными винтами сетки нитей, передвигают сетку нитей к соединению пересечения нитей с изображением точки M . После юстировки рекомендуется повторить проверку.

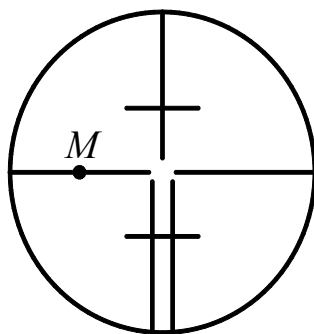


Рис.3.8.4 Исправление коллимационной ошибки

4. Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита ($HH_1 \perp ZZ_1$).

Для проверки выполнения этого условия, проверив горизонтирование лимба, наводят при КП пересечение нитей сетки на высокую точку A на стене здания (рис. 3.8.5). Наклоняя трубу, проектируют эту точку вниз и отмечают на стене её проекцию a_1 . Переведя трубу через *зенит* (точка над головой наблюдателя), наводят при КП пересечение нитей сетки на ту же точку A и аналогично, проектируя её вниз, отмечают на стене точку a_2 . Если точки a_1 и a_2 совпадают или отношение отрезка $\Delta l = a_2 - a_1$ к высоте l точки A над её проекцией отвечает:

$$\frac{\Delta l}{l} \leq \frac{4\tau''}{\rho''}, \quad (3.8.5)$$

то условие выполнено.

В формуле (3.8.5) τ'' - цена деления цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга.



Рис.3.8.5 Проверка равенства подставок

У теодолитов Т30, Т15 $\tau = 60''$. Тогда:

$$\frac{4\tau''}{\rho''} = \frac{4\tau''}{206265''} \approx \frac{1}{850} \quad (3.8.6)$$

Если это условие не выполняется, то теодолит к работе не пригоден. Обнаруженный дефект исправляется на заводе или в специальной мастерской. Лишь в теодолите Т30 дефект исправляется вращением эксцентриковой втулки *лагеры* (из нем. – «ложе») горизонтальной оси при помощи исправительных винтов.

Кроме этих четыре поверок, общих для всех технических теодолитов, в оптических теодолитах со шкаловым микроскопом необходимо выполнять такую поверку.

5. Величина одного деления лимба должна равняться длине шкалы отсчетного микроскопа.

Совмещая любой штрих лимба с нулевым штрихом шкалы микроскопа, снимают отсчет по следующему штриху лимба. Разница между отсчитанным значением и номинальным (от лат. - «именной»), то есть записанным на шкале, называется *реном* (от англ. - «пробежал»).

Величину рена определяют не меньше чем по 12 совмещениям на разных участках лимба.

Для исправления рена микроскопа необходимо снять боковую крышку подставки, слегка ослабить винты нижнего блока (для вертикального круга). Перемещая винты, а вместе с ними и оправы с линзами вдоль оси, изменяют увеличение микроскопа, достигая совпадения штрихов лимба со штрихами шкалы. Исправление начинается с перемещения верхней линзы; при этом нарушается четкость изображения и появляется параллакс (от греч. - «отклонение»). Перемещением нижней линзы устанавливают четкость изображения штрихов без заметного глазом параллакса. Закончив установку, закрепляют винты и опять проверяют рен.

В современных оптических теодолитах, в алидадной части которых вмонтирован оптический отвес, выполняется поверка отвеса.

6. Визирная ось оптического отвеса должна совпадать с осью вращения теодолита.

Для выполнения этой поверки на листе бумаги, который кладется под штатив, отмечают пересечение нитей сетки центрира. Потом поворачивают алидаду на 180° и опять отмечают на бумаге точку

визирной линии отвеса. Если полученные точки не совпадают, то с помощью исправительных винтов сетки нитей оптического отвеса совмещают пересечение нитей сетки со средней точкой между отмеченными на листе.

3.9 Измерение горизонтальных углов

После осмотра теодолита и выполнения его поверок можно приступить к угломерным работам.

Для измерения горизонтального угла ABC (см. рис 3.9.1) теодолит устанавливают в рабочее положение, то есть центрируют над вершиной угла B и горизонтируют при помощи уровня так, чтобы ось вращения теодолита заняла отвесное положение и совпала с вершиной угла B . После этого измеряют угол ABC .

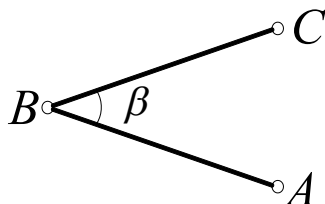


Рис.3.9.1 Горизонтальный угол ABC

Обычно при съемке измеряют внутренние (правые) углы, которые лежат справа от наблюдателя по точкам хода при измерении углов. А нумерация точек хода всегда выполняется по ходу часовой стрелки. Тогда правую от станции B точку A называют задней, а левую C - передней. Работу на станции всегда начинают при положении вертикального круга справа от наблюдателя (КП).

1.Способ приемов. Это основной способ измерения одиночных горизонтальных углов. При закрепленном лимбе наводят трубу на вежу, установленную на задней (правой относительно станции) точке A . Закрепив алидаду и трубу закрепительными винтами, наводящими винтами алидады и трубы, точно вводят основание вежи или кольцо в пересечение нитей сетки. При этом надо, чтобы наводящие винты работали на ввинчивание, поскольку при вывинчивании растяжение пружины может быть скачкообразным, что является источником ошибок. Снимают отсчет a по горизонтальному кругу.

Потом, открепив алидаду, наводят трубу на переднюю точку C и снимают отсчет c . Поскольку оцифровка делений на лимбе возрастает по ходу часовой стрелки, то величина измеряемого правого угла:

$$\beta = a - c. \quad (3.9.1)$$

Такое измерение угла называют *полуприёмом при КП*. Для контроля лимб смещают на $1^\circ \dots 2^\circ$, пользуясь закрепительным винтом лимба в подставке теодолита, а для исключения коллимационной ошибки и влияния эксцентриситета трубу переводят через зенит. Повторяют измерение угла при КЛ.

Два полуприёма составляют **полный прием**. Расхождение результатов измерения угла между полуприёмами не должно превышать $2t$ - двойную точность отсчетного устройства. Если расхождение допустимо, то из результатов полуприёмов выводят среднее значение угла.

2. Способ повторений. Этот способ иногда применяется для повышения точности конечного результата путем уменьшения ошибок отсчетов. Суть его заключается в последовательном откладывании на лимбе n раз величины измеряемого угла β . Если b - начальный отсчет по лимбу при наведении на переднюю точку, a - итоговый отсчет при наведении на заднюю точку, то искомый угол вычисляется по формуле:

$$\beta = \frac{a - b}{n} \quad (3.9.2)$$

3. Способ круговых приемов. Применяется при измерении угла между тремя и больше направлениями. Визируют последовательно на все направления по ходу часовой стрелки и снимают отсчеты. Последнее наведение делают на начальное направление, чтобы убедиться в неподвижности лимба. Эти действия составляют первый полуприём.

Во втором полуприёме лимб смещают приблизительно на $1^\circ \dots 2^\circ$, переводят трубу через зенит и последовательно визируют на все направления, но в обратном порядке - против хода часовой стрелки.

4. Способ контроля и перенесения проекта. В случае недопустимой угловой невязки в теодолитном ходе для отыскания угла,

который содержит ошибку, применяется упрощенный способ откладывания измеряемого угла на лимбе. Совмещают нули лимба и алидады и вращением лимба визируют на переднюю точку. Закрепив лимб, открепляют алидаду и, вращая ее, визируют на заднюю точку. Отсчет на лимбе равняется величине измеряемого угла.

После этого найденный ошибочный угол измеряется повторно способом приемов.

Приведенный способ применяется в строительстве при планировочно-разбивочных и работах по перенесению на местность проектного угла.

3.10 Измерение вертикальных углов

Угол ν , составленный линией визирования с ее проекцией на горизонтальную плоскость, называется *углом наклона*. Углы наклона вверх от горизонта считают положительными, а вниз - отрицательными.

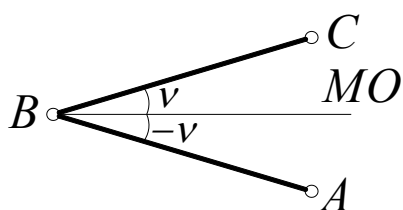


Рис.3.9.1 Вертикальный угол ABC

Измерение углов наклона выполняется с помощью вертикального круга теодолита. Отсчет по вертикальному кругу, когда визирная ось параллельна оси цилиндрического уровня (т.е. горизонтальная), называется **местом нуля – МО**.

В теодолите Т30 со штриховым микроскопом деления вертикального круга подписаны против хода часовой стрелки и из-за того, что отсчет снимается с одной стороны круга, формулы для вычисления ν и МО имеют вид:

$$\nu = \frac{КЛ - КП - 180^\circ}{2}; \quad (3.10.1)$$

$$МО = \frac{КП + КЛ + 180^\circ}{2}; \quad (3.10.2)$$

$$v = MO - КП - 180^\circ; \quad (3.10.3)$$

$$v = КЛ - MO. \quad (3.10.4)$$

В теодолите 2Т30П со шкаловым микроскопом эти же формулы имеют вид:

$$v = \frac{КЛ - КП}{2}; \quad (3.10.5)$$

$$MO = \frac{КП + КЛ}{2}; \quad (3.10.6)$$

$$v = MO - КП; \quad (3.10.7)$$

$$v = КЛ - MO. \quad (3.10.8)$$

Для удобства вычислений вертикальных углов место нуля должно быть близким к нулю. Выполнив при КП и КЛ наведения горизонтальной нити сетки трубы на отдаленную точку и сняв отсчеты, по формулам (3.10.2 или 3.10.6) вычисляют место нуля. Если MO превышает двойную точность отсчетного устройства ($2t$), то наводящим винтом трубы устанавливают на вертикальном круге вычисленное MO.

Исправление MO выполняют перемещением по вертикали оправы сетки нитей. Ослабляют один из боковых винтов сетки и, действуя вертикальными исправительными винтами оправы сетки нитей, совмещают горизонтальную нить сетки с изображением наблюдаемой точки. После закрепления оправы сетки нитей поверку повторяют.

Вертикальные углы, как правило, измеряют при двух положениях круга КП и КЛ. Правильность измерения вертикальных углов контролируется постоянством MO, колебание которого в процессе измерений не должно превышать двойную точность отсчетного устройства.

4 ЛИНЕЙНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

4.1 Общие сведения

Расстояния между закрепленными на местности геодезическими пунктами определяют:

- непосредственными измерениями с помощью рулеток, лент или проволок;
- с использованием дальномеров;
- вычислениями через другие измеренные величины, функционально связанные с искомой длиной.

Последние два способа называют косвенными, или непрямыми. Рулетки и ленты для непосредственных измерений изготавливают из стали, проволоки - из инвара (сплав с 64 % железа и 36 % никеля). Инвар имеет очень малый температурный коэффициент линейного расширения. Стальными мерными приборами измеряют расстояния с относительной погрешностью 1:1000 - 1:25 000, инварными - 1:25000 - 1:1000000.

Для обеспечения видимости между точками на них устанавливают вехи длиной 2...2,5 м с металлическими наконечниками), окрашенные в красный и белый цвета (переменно через 20 см).

Если линия, подлежащая измерению, очень длинная, то ее необходимо сначала провешивать. *Вешением линии* называется установление вех в одной вертикальной плоскости, которая проходит через конечные точки этой линии. Такую вертикальную плоскость называют *створом*. Вешение линий может выполняться на глаз или с помощью теодолита. Если есть взаимная видимость между точками *A* и *B* (рис.4.1.1), то наблюдатель становится на продолжении линии *AB* в нескольких метрах от вехи *A* или *B*. Рабочий по его указанию выставляет вехи 1-3 и т.д., так, чтобы они находились в створе линии *AB*.

Если линию провешивают прибором, то после установления теодолита над точкой *A* визируют трубу в точку *B*, и рабочий по указанию наблюдателя выставляет вехи так, чтобы на них проектировалась вертикальная нить сетки зрительной трубы.

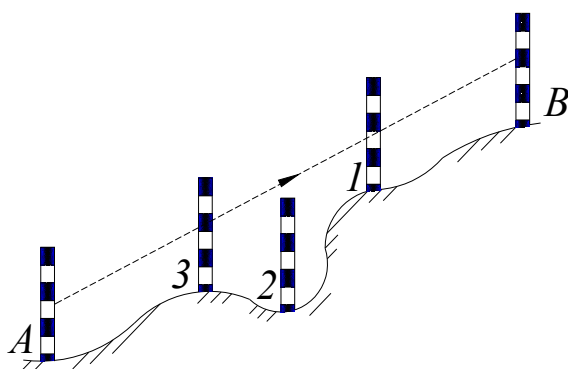


Рис.4.1.1 Вешение линии

В наше время для измерения расстояний широко применяются оптические дальномеры (нитяной), свето- и радиодальномерами, электронные тахеометры и лазерные рулетки. Относительная погрешность определения расстояния нитяным оптическим дальномером составляет 1:300, а свето- и радиодальномеры и электронными тахеометрами - 1:10000 - 1:12500000 и выше.

4.2 Непосредственные линейные измерения

Для разных измерений и разбивочных работ на строительной площадке применяют землемерные ленты со шпильками. Ленты изготавливают длиной 20, 24, 50 м из стальной полосы шириной 20...25мм и толщиной 0,4...0,6 мм. Лента разделена на дециметры, обозначенные небольшими отверстиями. Полуметры обозначены заклепками, а метровые деления – латунными пластинками с цифрами числа метров от начала ленты. Начало и конец ленты обозначены штрихами на ручках с вырезами для шпилек (рис. 4.2.1). В комплект мерной ленты входят: лента, кольцо для ее намотки, 6 или 11 шпилек на проволочном кольце для фиксирования концов ленты при укладывании в измеряемом створе линии.

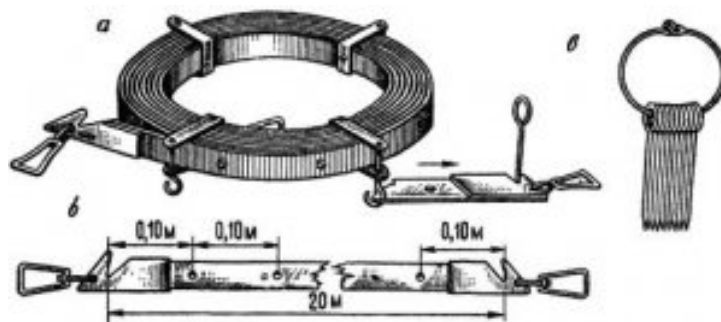


Рис.4.2.1 Землемерные ленты и шпильки:

а) вид при хранении; б) штриховая; в) комплект шпилек

Для измерения линий с повышенной точностью используют и ленты длиной 20, 24, 50 м, которые имеют около начального и конечного штрихов шкалы с сантиметровыми и миллиметровыми делениями. Длина шкаловой ленты равняется расстоянию между нулевыми штрихами на концах ленты. При измерении расстояний ленты кладут на поверхность земли.

В строительной практике для измерения линий на конструкциях сооружений и на местности более широкое применение находят стальные рулетки длиной 10, 20, 50, 100 м (рис. 4.2.2). Полотно рулеток длиной 10, 20 м прикреплено к оси футляра, в котором помещается рулетка в нерабочем положении. Полотно рулетки длиной 50, 100 м прикреплено к оси крестовины с ручкой для сматывания рулетки. Полотно рулетки имеет сантиметровые деления, а первый метр - миллиметровые. Для измерения рулетку натягивают рукой, а при очень точных измерениях - с помощью пружинного динамометра силой 10 кг. Бывают рулетки с прикрепленным динамометром.

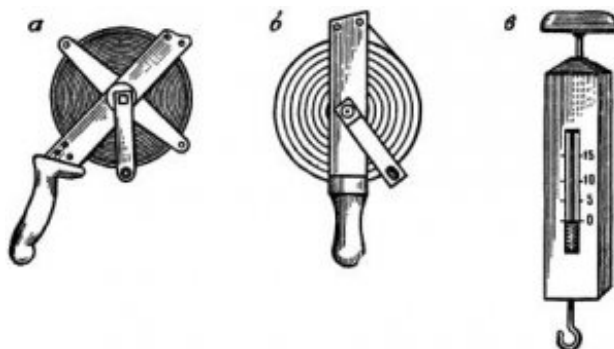


Рис. 4.2.2 Стальные рулетки:
а) РК-50; б) РВ-30; в) пружинный динамометр

Мерные приборы изменяют свою длину с изменением температуры. Фактическая длина мерного прибора при температуре t :

$$l_0 = l_H + \Delta l_K + \alpha l_H (t - t_0), \quad (4.2.1)$$

где Δl_K – поправка к номинальной длине l_H прибора за *компарирование* (компарирование - это процесс сравнения рабочего мерного прибора с эталоном);

t_0 – температура при компарировании;

α – коэффициент линейного расширения материала мерного прибора, для стали $\alpha = 12.5 \cdot 10^{-6}$.

Уравнение для определения длины стальной 20-метровой ленты, прокомпарированной при $t_0=20^\circ\text{C}$, имеет вид:

$$l_0 = 20.000 + \Delta l_K + 0.0000125(t - 20^\circ\text{C}). \quad (4.2.2)$$

Поправку мерного прибора за компарирование определяют как разницу действительной длины мерного прибора, определенной по эталону, и номинальной длины этого прибора l_H .

$$\Delta l_K = l_0 - l_H, \quad (4.2.3)$$

Например, для 20-метровой ленты формула (4.2.3) принимает вид:

$$\Delta l_K = l_0 - 20.000, \quad (4.2.4)$$

Компарирование мерных приборов в условиях строительной площадки выполняется на полевом компараторе. На ровной площадке с твердой почвой или покрытой асфальтом откладывают 120 м. Концы этого базиса закрепляют металлическими штырями с насечками на торцах. Длина полевого компаратора определяется с точностью в 3-5 раз выше точности проверяемого прибора. После многократных измерений длины D_0 компаратора рабочим прибором определяют поправку в длину рабочего прибора за компарирование

$$\Delta l_K = \frac{D_K - D_0}{n}, \quad (4.2.5)$$

где $n = \frac{D_0}{l_0}$ — количество отложений рабочего прибора на компараторе.

Иногда на строительных площадках приходится измерять линии, длина которых меньше длины мерного прибора, например строительные конструкции. В этом случае определяют поправки каждого метра. Длину метрового деления сравнивают с контрольным метром – специальной металлической линейкой, наименьшее деление которой равняется 0,2 мм. Отсчитывают эти деления с помощью лупы.

Результаты компарирования записывают в паспорт мерного прибора, а для рулеток, которые используются на строительных объектах, составляют таблицу поправок в метровые деления.

К началу измерений на измеряемых линиях создают благоприятные условия: провешивают линии, выравнивают почву по створу и убирают преграды, которые находятся в створе.

Измерение линии мерной лентой выполняют двое рабочих в такой последовательности. Задний прикладывает нуль ленты к исходной точке и закрепляет ленту шпилькой. Передний по команде заднего укладывает ленту в створе, натягивает ее и вставляет в вырез шпильку. Затем ленту снимают со шпилек, при этом задний рабочий вытягивает шпильку из земли. Ленту тянут по створу, и, дойдя до конечной точки, задний рабочий вводит шпильку в вырез ленты. Передний укладывает ленту в створе и вставляет в вырез шпильку. Когда весь комплект шпилек у первого рабочего потрачен, задний передает ему собранные 5 или 10 шпилек. Передачу фиксируют в журнале измерений.

В конце линии между последней шпилькой и конечной точкой линии измеряют остаток r . Длину линии вычисляют по формуле

$$D = nl + r, \quad (4.2.6)$$

где n — количество отложений ленты в измеренной линии.

При измерении линий рулетками конечные штрихи прибора фиксируются на местности тонкими гвоздями, а на твердом покрытии дорог - черточками.

Линии измеряют дважды в прямом и обратном направлениях, и за конечный результат принимают среднее:

$$D = \frac{D_{np} + D_{об}}{2}, \quad (4.2.7)$$

В измеренную длину вводят поправки за компарирование, температуру и вычисляют исправленное значение

$$D_{в} = D + \frac{D}{l_H} [\Delta l_K + 0,0000125(t - 20^\circ\text{C})], \quad (4.2.8)$$

Таким образом, если фактическая длина ленты меньше номинальной, то Δl_K имеет знак «-», поправка будет отрицательной и пропорциональной количеству лент в измеряемой линии. Действительно, более короткая по сравнению с номинальной лента большее количество раз поместится в измеряемой линии, и, таким образом, результат измерения будет увеличенным. А если лента длиннее номинальной, то в результате измерений получают уменьшенное значение длины линии, и поправка должна быть положительной, что и видно из формулы (4.2.8).

Для линий, угол наклона v которых к горизонту больше 2° , вычисляют их горизонтальные проекции

$$d = D_v \cos v, \quad (4.2.9)$$

Для упрощения вычислений в результат измерений вводят поправку за наклон

$$\Delta D = d - D_g = -D_g(1 - \cos v) = -2D \sin^2 \frac{v}{2}, \quad (4.2.10)$$

Окончательно длину горизонтальной проекции измеренной линии вычисляют по формуле

$$d = \left[D + \frac{D}{l_H} \Delta l_K + \frac{D}{l_H} 0.0000125(t - 20^\circ\text{C}) \right] \cos v, \quad (4.2.11)$$

Точность измерения линий мерными лентами характеризуется такими относительными погрешностями:

- 1:3000 - при благоприятных условиях измерений (ровная местность, твердая сухая почва);

- 1:2000 - при обычных условиях измерений;

- 1:1000 - при неблагоприятных условиях измерений (пересеченная местность, мелкий кустарник, высокая трава и др.).

4.3 Дальномеры

Непосредственное измерение линий точно и удобно, когда измеряемый отрезок не превышает длину мерного прибора. В противном случае снижаются скорость и точность измерений; чем больше длина линии, тем больше делается отложений мерного прибора в створе измеряемой линии. Кроме того, поверхность для укладки мерного прибора негладкая, а измерения в всячем положении неудобны. Поэтому часто используют косвенные способы определения расстояний как функций некоторых измеренных аргументов. Так, принцип измерения линии оптическим дальномером основан на определении расстояния из прямоугольного треугольника (рис.4.3.1) с известными малым парallaxическим углом и противоположной ему стороной (базисом)

:

$$D = b \cdot \text{ctg } \beta. \quad (4.3.1)$$

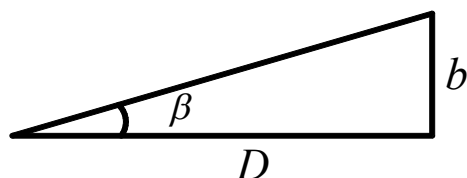


Рис. 4.3.1 Параллактический треугольник

Для упрощения измерений одну из величин треугольника принимают постоянной, а вторую измеряют. Если постоянный базис, а измеряют угол, то это *дальномер с постоянным базисом и переменным углом*. Если угол постоянен, а базис измеряется, то это *дальномер с переменным базисом и постоянным углом*. Наиболее распространен дальномер последнего типа – нитяной дальномер геодезических приборов (теодолитов, нивелиров), которые используются на строительной площадке.



Рис. 4.3.2 Нивелирная рейка

Нитяной дальномер состоит из двух горизонтальных нитей (рис.3.2.2, 3.3.4), параллельных средней нити сетки зрительной трубы теодолита или нивелира. Для измерения линии на ее конечных точках устанавливают прибор и вертикальную рейку с сантиметровыми делениями (рис. 4.3.2). При горизонтальном положении визирной оси лучи от дальномерных нитей *a* и *b* пройдут сквозь объектив и передний фокус *F* и пересекут рейку в точках *A* и *B* (рис. 4.3.3).

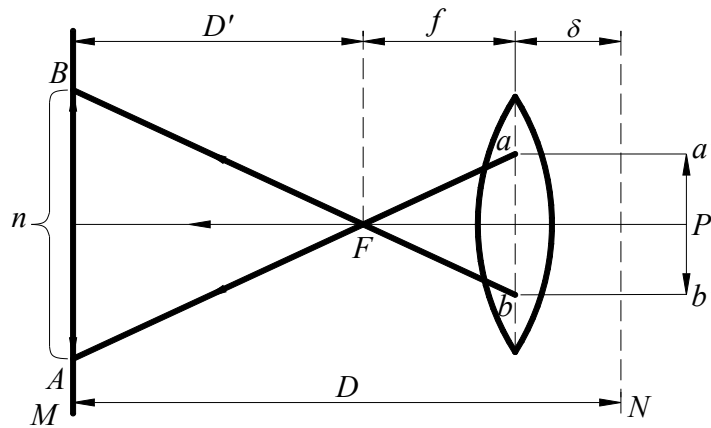


Рис. 4.3.3 К теории нитяного дальномера

Из подобия треугольников AFB и aFb имеем:

$$D' = n \frac{f}{P}, \quad (4.3.2)$$

где n — разность отсчетов по рейке;

f — фокусное расстояние объектива;

P — расстояние между дальномерными нитями.

Отношение

$$\frac{f}{P} = K, \quad (4.3.3)$$

для конкретного прибора постоянное и называется коэффициентом дальномера. Из рис. 4.3.3 видно, что

$$D = D' + f + \delta, \quad (4.3.4)$$

где δ — расстояние от объектива до оси вращения трубы. Сумма

$$c = f + \delta \quad (4.3.5)$$

является величиной постоянной, и в современных геодезических приборах мала ($< 0,3$ м). Поэтому ее для расстояний, больше 50 м, не учитывают и принимают

$$D = D' = Kn. \quad (4.3.6)$$

В современных приборах $K=100$, то есть дальномерный отсчет по рейке в сантиметрах дает расстояние до рейки в метрах.

Формула (4.3.6) получена для случая, когда рейка размещена перпендикулярно к визирной оси. При измерениях на местности это условие нарушается, поскольку при наклонном положении визирной оси рейку устанавливают вертикально (рис. 4.3.4) и вместо правильного

отсчета $M'N' = n'$ возьмут отсчет $MN = n$. Эти величины связаны соотношением

$$n' = n \cdot \cos v. \quad (4.3.7)$$

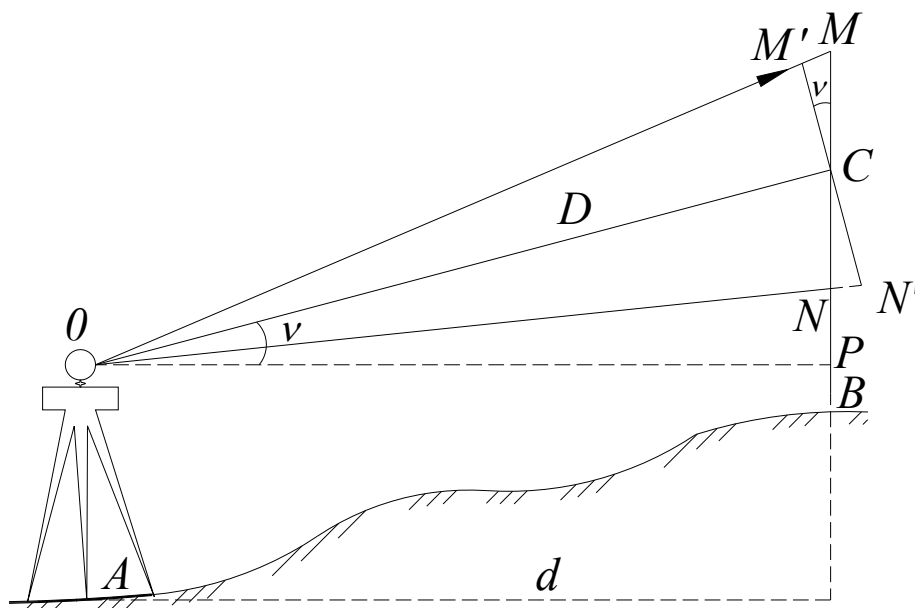


Рис. 4.3.4 Измерение расстояния нитяным дальномером

Подставляя это значение в формулу (4.3.6), получим

$$D = Kn' + c = Kn \cos v + c. \quad (4.3.8)$$

Искомая же горизонтальная проекция

$$d = D \cos v. \quad (4.3.9)$$

Следовательно

$$d = Kn \cos^2 v + c \cos v \approx (Kn + c) \cos^2 v, \quad (4.3.10)$$

Точность определения расстояния нитяным дальномером значительно ниже точности определения расстояния лентой. Относительная погрешность равняется в среднем 1:300.

В последние десятилетия в практике геодезических работ распространилось применение свето- и радиодальномеров. Светодальномером определяют расстояние между пунктами A и B , измеряя время прохождения света между этими пунктами (рис. 4.3.5).

Зная скорость V распространения света и время t , затраченное лучом света на преодоление расстояния от A к B и обратно, расстояние вычисляют по формуле

$$D = \frac{Vt}{2}. \quad (4.3.11)$$

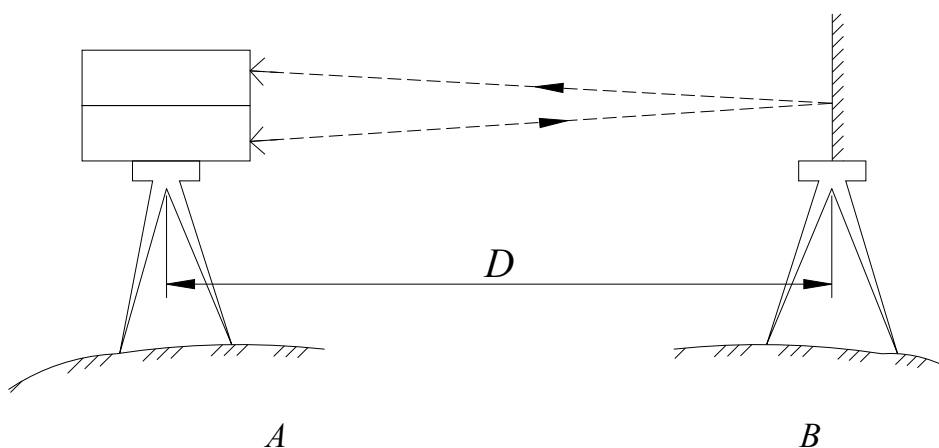


Рис. 4.3.5 Схема измерения расстояния светодальномером:

1 - приемник; 2 - передатчик; 3 - отражатель

Однако в связи с тем, что скорость света очень большая, время на прохождение его луча между пунктами исчисляется десятитысячными долями секунды. Поскольку точное измерение таких частиц времени обеспечить невозможно, то применяют не прямые способы измерения времени, в связи с чем светодальномеры разделяют на два типа: импульсные и фазовые.

В импульсных светодальномерах световой луч из пункта *A* выходит прерывистым (от импульсной лампы) и после отражения в пункте *B* возвращается опять к пункту *A* и воспринимается фотоэлементом светодальномера. Разница времени между многими импульсами (вспышками), посланными и принятыми, разделенная на их количество, дает время t . Прибор определяет расстояние в линейной мере. Но импульсные светодальномеры отмечаются сравнительно низкой точностью измерения расстояний, что мешает их широкому применению в практике инженерно-геодезических работ.

В фазовых светодальномерах световой луч также прерывист - его интенсивность изменяется с определенной частотой, то есть свет модулируют. При измерении определяют число волн модуляции светового потока. Различают светодальномеры:

- СГ - геодезические, для измерения расстояний до 15-20 км с точностью $\pm(10 \text{ мм} + 2 \text{ мм на } 1 \text{ км расстояния})$;

- СТ - топографические, для измерения расстояний до 15 км с погрешностью до 2-х см;

-СТД - топографические, которые работают за диффузным отражением и измеряют расстояния до предметов без отражателя, используя отражающие свойства самих предметов;

-СП - повышенной точности для измерения расстояния 0,3-5 км с погрешностью 2 мм и меньше.

После этих букв добавляются цифры, которые указывают на дальность действия прибора. В Украине широко используют светодальномеры:

-СТ-5 «Блеск» (рис.4.3.6) с точностью измерения расстояний $\pm(10\text{мм} + 5 \text{ мм/км})$;

-2 СТ-10 - с точностью измерения линий $\pm(5 \text{ мм} + 5D)$, где D - расстояние, км.

В инженерной геодезии используют высокоточные светодальномеры «Топаз СП-22», СП-03 (ДК-001) с точностью измерений $(1+D, \text{км})$ мм и $(0,8+1,5D, \text{км})$ мм соответственно (РФ).



Рис. 4.3.6 Светодальномер В-5 «Блеск»

Для измерения расстояний до 50-150 м с погрешностью 2...3 мм на строительных площадках и в помещениях используют лазерные рулетки (рис.4.3.7), которые не нуждаются в отражателе. Ими достаточно удобно и высокоэффективно осуществлять *исполнительные съемки* помещений, измерять расстояния между смонтированными элементами конструкций и т.п.

Длины линий эффективно измерять современными электронными тахеометрами (см. п.6.1). Они обеспечивают измерение расстояний от нескольких сотен метров до нескольких километров с высокой

точностью. В инженерно-строительном деле применяют электронные тахеометры, которые обеспечивают точные линейные измерения в пределах 1...10 км.



Рис. 4.3.7 Лазерные рулетки

Радиодальномеры работают по такому же принципу, что и светодальномеры, только вместо световых волн используют радиоволны. Радиодальномеры имеют большие размеры и массу. Сегодня самый распространенный радиодальномер геодезический - РДГ, который позволяет измерять расстояния от 200 м до 30 км с точностью 5...14 см в зависимости от расстояния.

4.4 Косвенные способы линейных измерений

На местности встречаются линии, которые пересекают преграды (реки, овраги, здания и тому подобное) и неприступны для непосредственного измерения, или отсутствуют точные приборы линейных измерений. Такие линии называются **неприступными расстояниями** и их определяют *косвенным, или непрямым, способом*. Для этого измеряют любые другие величины, функционально связанные с искомой длиной. Например, если линию AB непосредственно измерить невозможно (рис.4.4.1), то на местности разбивают и измеряют базисы $b_1=AD$, $b_2=AC$ и углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$. Решая треугольники ABD и ABC по теореме синусов, определяем расстояния

$$D' = b_1 \frac{\sin \beta_1}{\sin(\beta_1 + \beta_2)}; D'' = b_2 \frac{\sin \beta_3}{\sin(\beta_3 + \beta_4)}. \quad (4.4.1)$$

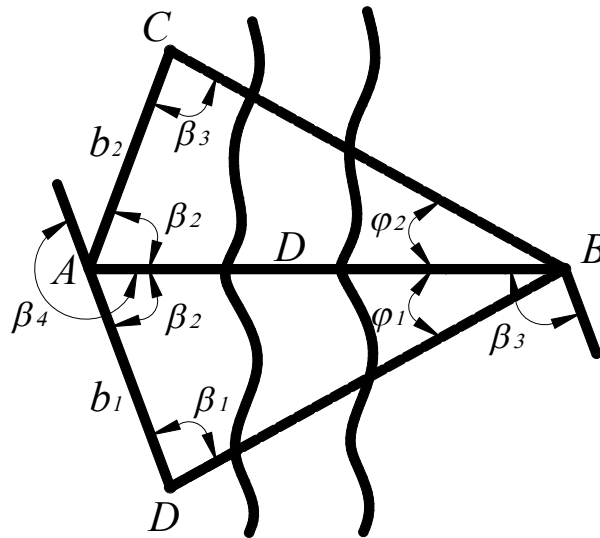


Рис. 4.4.1 Определение недоступного расстояния

Разность между двумя значениями стороны AB не должна превышать $1/1000$ ее длины. А искомая длина AB

$$D = \frac{D' + D''}{2}. \quad (4.4.2)$$

Точность определения недоступных расстояний во многом зависит от формы треугольников. Наилучшими считаются равносторонние треугольники.

Если по линии AB (рис.4.4.2) отсутствует видимость и невозможно определить углы в точках A и B , то измеряют длины сторон a , b и угол β :

$$D = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \beta}. \quad (4.4.3)$$

Самым благоприятным считается вариант, когда $a = b$, а угол β близок к 90° .

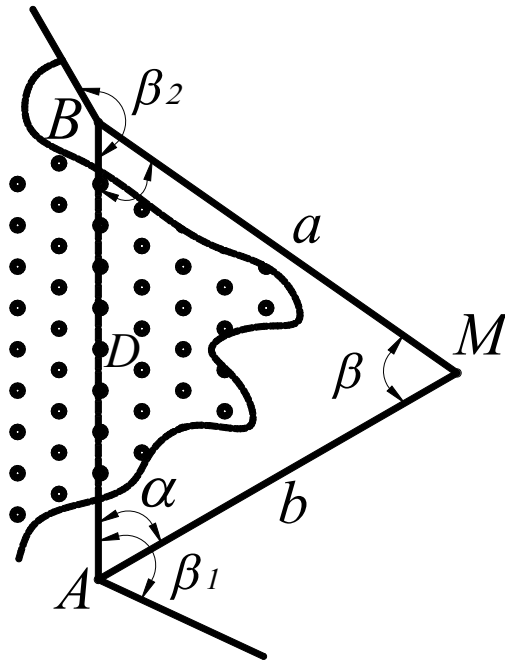


Рис. 4.4.2 **Определение расстояния при отсутствии видимости**

На практике приходится встречаться с разнообразным сочетанием измеряемых и вычисляемых элементов треугольников.

5 НИВЕЛИРОВАНИЕ

5.1 Суть геометрического нивелирования

Нивелирование (от франц. *niveler* – «выравнивать») – это измерение превышений между точками на местности и определение высот этих точек. В процессе нивелирования измеряют превышения одних точек земной поверхности над другими, а затем по известной высоте исходной точки вычисляют отметки остальных точек над принятой за отсчётную уровенной поверхностью, например абсолютные отметки H , то есть отметки над основной уровенной поверхностью, проходящей через нуль Кронштадтского футштока.

Из многих существующих *методов нивелирования* в строительстве применяются лишь геометрическое, тригонометрическое и гидростатическое, которые здесь и рассмотрим.

Основной метод нивелирования – *геометрический* – выполняется горизонтальным визирным лучом с помощью нивелира. Различают два способа геометрического нивелирования: *из середины и вперед*.

Геометрическое нивелирование из середины

Для определения превышения точки B над точкой A (рис. 5.1.1) геометрическим нивелированием из середины на этих точках устанавливают вертикально рейки, а между ними - посередине (на одинаковом расстоянии от реек) – нивелир.

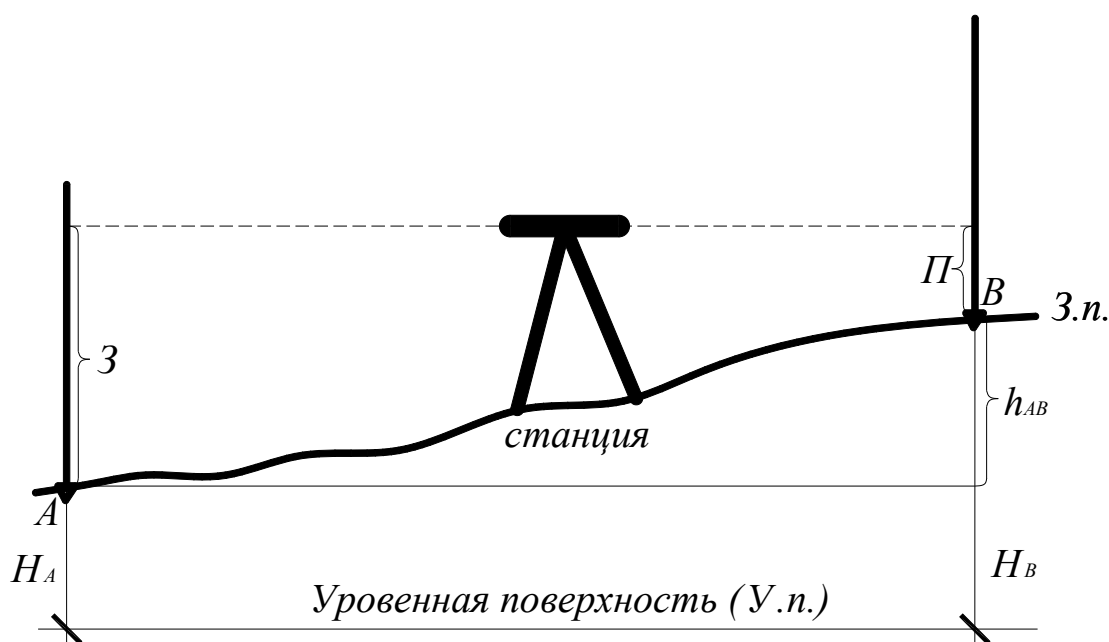


Рис. 5.1.1 Нивелирование из середины

Поскольку определяется высота точки B относительно известной высоты точки A , то есть нивелирование идёт в направлении точки B , то она считается передней, а точка A - задней. Последовательно визируя среднюю горизонтальную нить зрительной трубы на заднюю и переднюю рейки, берут отсчеты $З$ и $П$.

Из рис. 5.1.1 видно, что превышение равняется отсчету по задней рейке минус отсчет по передней рейке:

$$h = З - П, \quad (5.1.1)$$

а высота точки B

$$H_B = H_A + h. \quad (5.1.2)$$

Эти формулы действительны и для случая, когда точка B ниже точки A . Тогда передний отсчет $П$ будет больше заднего $З$, и превышение будет отрицательным.

Часто точка B с искомой высотой находится на значительном расстоянии от точки A с известной высотой, и определить превышение между точками с одной станции невозможно. В этом случае придется прокладывать *нивелирный ход* (рис. 5.1.2). Линию AB разбивают на части и нивелируют их последовательно. Сначала на станции ст.1 определяют превышение точки 1 над точкой A :

$$h_1 = З_1 - П_1, \quad (5.1.3)$$

Далее переносят нивелир на станцию ст.2, а заднюю рейку из точки A в точку 2, где она становится уже передней и, сняв отсчеты, вычисляют превышение точки 2 над точкой 1:

$$h_2 = З_2 - П_2, \quad (5.1.4)$$

Аналогично переставляя нивелир и рейки дальше, прокладывают нивелирный ход, в котором через точки 1,2 и т.д. последовательно передают высоты. Эти точки называются *связующими*. Общее превышение между точками A и B будет равняться сумме превышений:

$$h = h_1 + h_2 + \dots = \sum h. \quad (5.1.5)$$

А искомая высота точки B

$$H_B = H_A + h = H_A + \sum h. \quad (5.1.6)$$

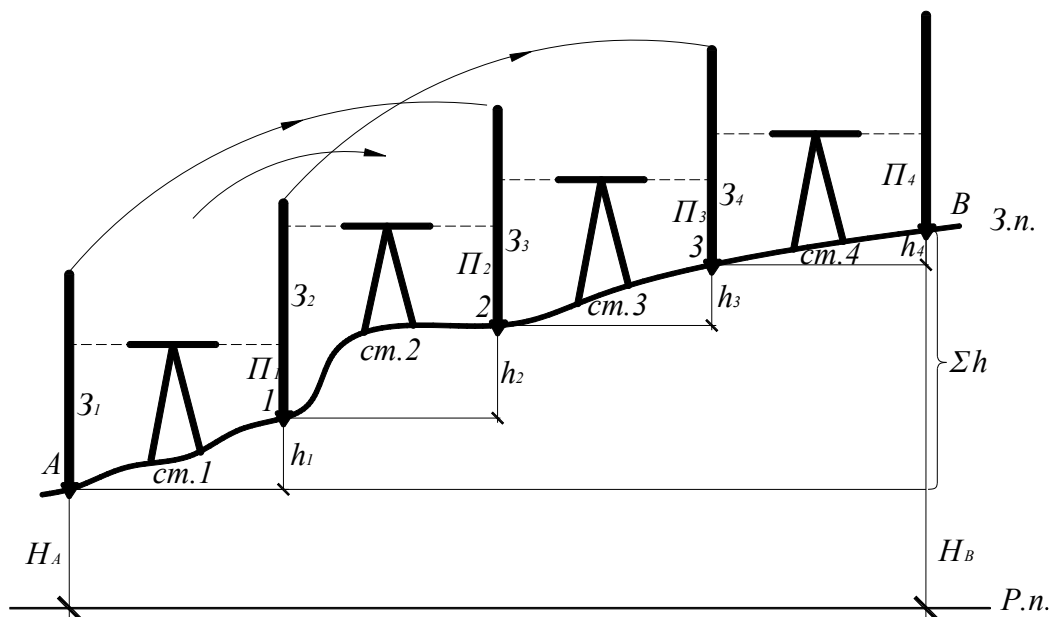


Рис. 5.1. 2 Нивелирный ход

Нивелирование вперед (через горизонт инструмента)

В практике инженерно-геодезических работ на строительной площадке часто возникает возможность с одной станции определить высоты многих точек, например при планировочно-разбивочных работах. В этом случае применяют самый распространенный в строительстве способ нивелирования – *вперед – через горизонт инструмента* (рис.5.1.3).

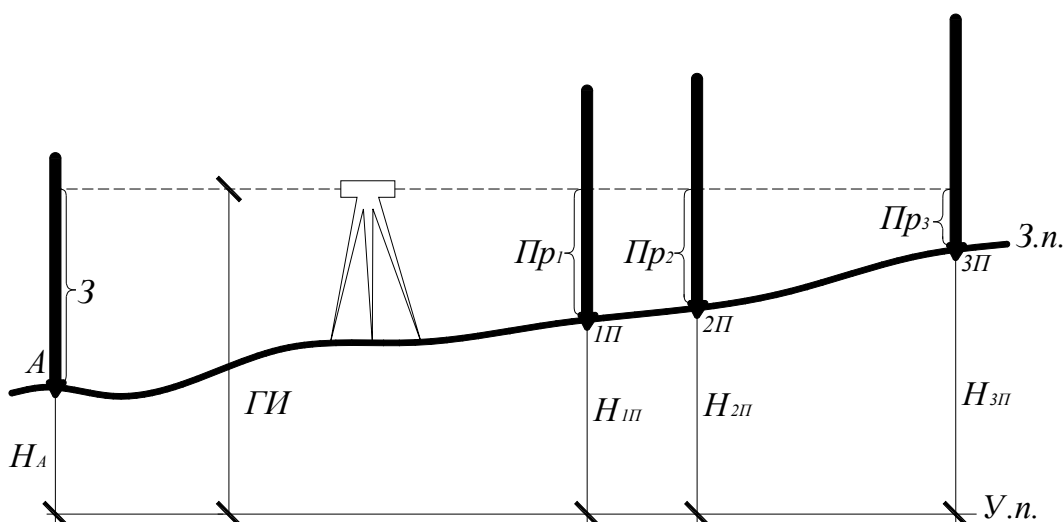


Рис. 5.1.3 Нивелирование вперед (через горизонт инструмента)

Пусть высота точки A известна, а отметки точек $1n, 2n, 3n$ - так называемых *промежуточных точек* – нужно определить. Сначала

определяют отметку визирной оси инструмента – *горизонт инструмента*

$$ГИ = H_A + З. \quad (5.1.7)$$

Далее, снимая отсчеты $Пр1, Пр2, Пр3$ по рейкам, устанавливаемым в промежуточных точках $1n, 2n, 3n$, определяют отметки этих точек через горизонт инструмента по формуле

$$H_i = ГИ - Пр_i. \quad (5.1.8)$$

где $Пр_i$ - отсчет по рейке на промежуточной точке i .

Обобщая очень важные понятия о нивелирных точках, можно сказать, что *связующими* являются точки, общие для двух смежных станций и исходная и конечная точки хода, а все другие – *промежуточными*.

При рассмотрении принципа геометрического нивелирования допускалось, что уровенная поверхность горизонтальна. Это предположение справедливо для небольших участков местности. В действительности же *уровенные поверхности* – сферические, а *горизонтальные*, касательные к ним, – визирные лучи (рис. 5.1.2.2).

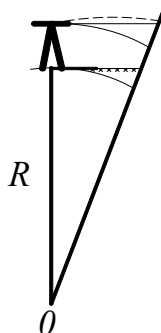


Рис. 5.1.4 К погрешности за кривизну Земли и рефракцию

В отсчет по рейке входит погрешность за кривизну Земли. Кроме того, визирный луч, проходя через слои атмосферы разной плотности, отклоняется назад и является рефракционной кривой, обращенной вогнутостью, как и кривизна Земли, к ее поверхности. Расчеты показывают, что суммарная погрешность за искривление Земли и рефракцию при расстоянии между нивелиром и рейкой 100 м достигает 0,7мм. Но, поскольку при нивелировании из середины превышение определяется как разность отсчетов по рейкам, то эта погрешность уничтожается и в превышении отсутствует. Поэтому точное

нивелирование на значительных расстояниях возможно лишь из середины.

5.2 Приборы и оборудование для геометрического нивелирование

Государственным стандартом предусмотрен выпуск трех типов нивелиров: высокоточных Н-05, точных Н-3, технических Н-10. Число в шифре нивелира означает допустимую среднюю квадратичную погрешность нивелирования на 1 км двойного нивелирного хода. Нивелиры всех типов выпускаются в двух исполнениях: с уровнем при зрительной трубе и с компенсатором углов наклона. У нивелира с компенсатором к шифру нивелира добавляется буква *K*, например Н-ЗК. Часть моделей нивелиров Н-3 и Н-10 выпускается с лимбами для измерения горизонтальных углов. В этом случае к шифру добавляется буква *L*, например Н-ЗЛ, Н-10 КЛ.

Нивелир Н-3 (рис.5.2.1) имеет увеличение зрительной трубы 30^{\times} , цену деления цилиндрического контактного уровня 15" на 2 мм. Для работы нивелир устанавливают на штативе и закрепляют станковым винтом. Подъемными винтами 6, которые опираются на упругую пластину 5 с нарезным отверстием для ввинчивания станкового винта, приводится на средину круглый уровень 8 с ценой деления 10' на 2 мм, благодаря чему ось вращения нивелира *ZZ* занимает приближенное отвесное положение. Мушкой 2 нивелир приближенно наводится на рейку и закрепляется закрепительным винтом 3. После этого наводящим винтом 4 вертикальная нить точно наводится на рейку (рис.5.2.2). Четкое изображение рейки в поле зрения трубы достигается вращением кремальеры 11, а четкое изображение сетки нитей - вращением окулярного кольца 12. Точное приведение визирной оси в горизонтальное положение выполняют элевационным винтом 9 по цилиндрическому контактному уровню 1, который находится в корпусе.

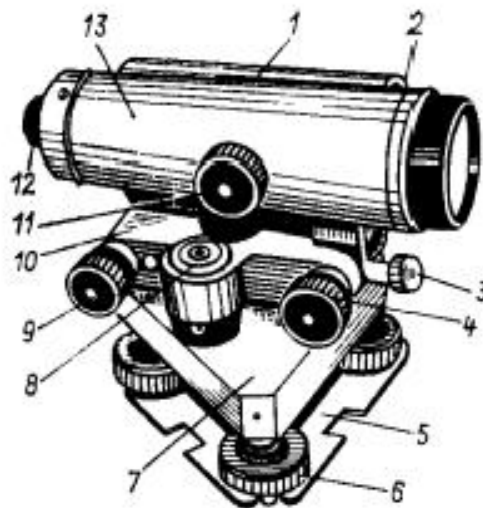


Рис. 5.2.1 Нивелир Н-3:

1 - цилиндрический уровень; 2 - мушка; 3 - закрепительный винт;
 4 - наводящий винт; 5 - упругая пластинка; 6 - подъёмные винты;
 7 - подставка; 8 - круглый уровень; 9 - элевационный винт; 10 - опорная
 площадка; 11 - кремальера; 12 - кольцо окуляра; 13 - зрительная труба

Над уровнем расположено призматическое устройство, которое передает изображение пузырька уровня в поле зрения трубы (см. рис.5.2.2). Если изображения концов половинок пузырька сливаются в овал в контакте, то пузырек находится в нуль-пункте и можно снимать отсчет по рейке. Наименьшее расстояние визирования - 2м, что обеспечивает работу в стеснённых условиях строительной площадки.



Рис. 5.2.2 Поле зрения нивелира Н-3
 отсчет по черной стороне рейки 1244 мм:

1-пузырёк контактного уровня; 2 - горизонтальная нить сетки нитей

Нивелир Н-ЗКЛ (рис. 5.2.3) имеет компенсатор для приведения визирной оси в горизонтальное положение. Верхняя призма компенсатора закреплена неподвижно, а нижняя подвешена на четырех

стальных нитях, она устанавливает визирный луч в горизонтальное положение. Время затухания колебаний подвесной системы - не больше 2с. Приближенное наведение визирного луча нивелира на рейку осуществляется рукой, а точное - вращением бесконечного наводящего винта 1. Наличие компенсатора значительно повышает производительность труда, потому что линия визирования устанавливается в горизонтальное положение автоматически.

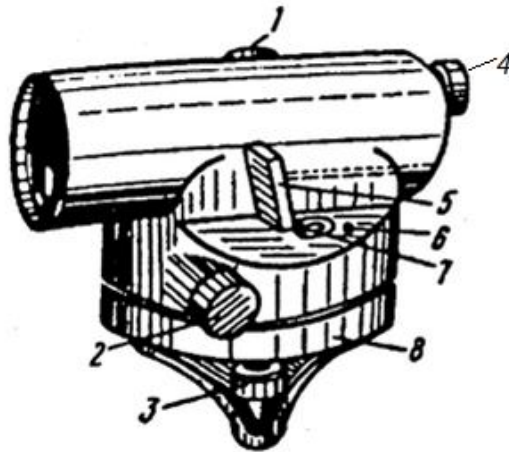


Рис. 5.2.3 Нивелир Н-ЗКЛ:

- 1 - кремальера; 2 - головка наводящего винта; 3 - подъемный винт;
 4 - окуляр; 5 - зеркало круглого уровня;
 6 - исправительный винт круглого уровня; 7 - круглый уровень; 8 - лимб

Нивелир Н-10 КЛ (рис. 5.2.4) состоит из двух основных частей: нижней неподвижной части с тремя подъемными винтами и верхней зрительной трубой, наведение которой на рейку осуществляется относительно нижней части с вмонтированным лимбом горизонтального круга и делениями через 1°.

При нивелировании строители применяют нивелирные рейки типа РН-3, РН-10. Они изготавливаются из деревянных брусков толщиной 2...3 см, длиной 3 и 4 м, складные. Для контроля отсчетов на рейках наносят: на одной стороне – основную шкалу (черную), на противоположной – дополнительную шкалу (красную) (рис.5.2.2). Черная сторона содержит переменные черные и белые сантиметровые деления-шашки, а красная сторона – красные и белые.

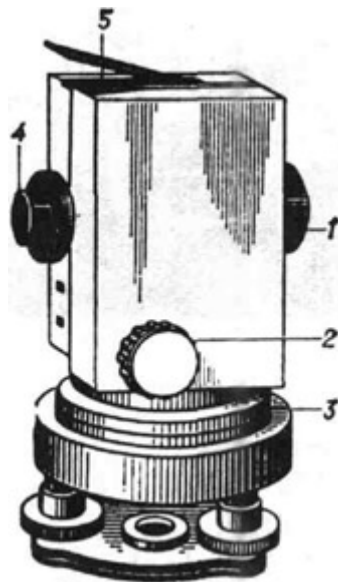


Рис. 5.2.4 Нивелир Н-10КЛ:

1 - объектив зрительной трубы; 2 - винт фокусировки трубы;
3 - горизонтальный круг; 4 - окуляр зрительной трубы; 5 - круглый уровень

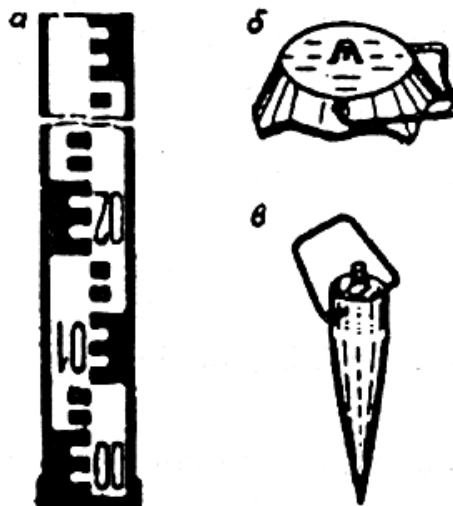


Рис. 5.2.5 Шкаловая нивелирная рейка РН-3 (а),
башмак (б) и костыль (в)

Нижнюю часть рейки, заключённую в металлическую обойму, называют *пяткой рейки*, и с ней совпадает нуль основной шкалы. На дополнительной шкале начальный отсчет выражается каким-либо произвольным числом, часто 4687 мм. Благодаря этому отсчеты по двум сторонам одной рейки не могут быть одинаковыми, а отличаются на постоянную величину. Это позволяет контролировать отсчеты по рейкам. Каждый дециметр рейки подписан перевернутыми цифрами, а в трубе нивелира видно их прямое изображение. Первые пять шашек каждого дециметра объединены вроде буквы *E*, что значительно

облегчает снятие отсчета (рис.5.2.2). К началу работы нужно убедиться в одинаковости начальных отсчетов по красным сторонам обеих рабочих реек.

Во время работы рейки ставят или на металлические башмаки, которые переносят вместе с рейками и вдавливают в почву для обеспечения их неподвижности, или на забитые в землю либо покрытие деревянные кольшки, гвозди, железнодорожные костыли, которыми закрепляют геодезические точки (рис. 5.2.5).

5.3 Поверки нивелиров

На рис. 5.3.1 изображена геометрическая схема нивелира, из которой видна необходимость выполнения определенных геометрических условий в работе прибора. Поэтому к началу работ проверяется, выполняются ли эти условия в рабочем приборе.

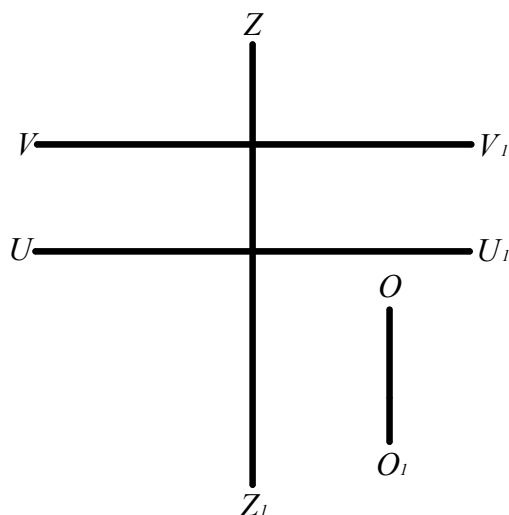


Рис. 5.3.1 Геометрическая схема нивелира

Поверки уровенных нивелиров Н-3 и Н-10

1. Поверка круглого уровня. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси нивелира ($OO_1 // ZZ_1$).

Всеми подъемными винтами приводят пузырек уровня в нуль-пункт. Если после поворота верхней части нивелира на 180° пузырек останется в нуль-пункте - условие выполнено. В противном случае, действуя исправительными винтами уровня, перемещают пузырек в направлении к нуль-пункту на половину дуги отклонения.

На вторую половину дуги отклонения пузырек перемещают, действуя подъемными винтами.

2. *Проверка правильности установки сетки нитей*: горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна оси вращения нивелира.

На рейку, поставленную на расстоянии 4...6 м от нивелира, наводят один из концов горизонтальной нити сетки и, действуя наводящим винтом, проводят по рейке горизонтальную нить ко второму ее концу. Если отсчет по рейке неизменен, то условие выполнено. В противном случае необходимо повернуть сетку нитей. Исправление выполняется в мастерской, поскольку нужно снимать окуляр, без которого изображения рейки не видно.

3. *Проверка главного условия нивелира*. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы ($UU_1 // VV_1$).

Проверяют это условие двойным нивелированием одного и того же отрезка линии AB длиной около 50 м, закрепленного гвоздями или колышками с гвоздями (рис. 5.3.2).

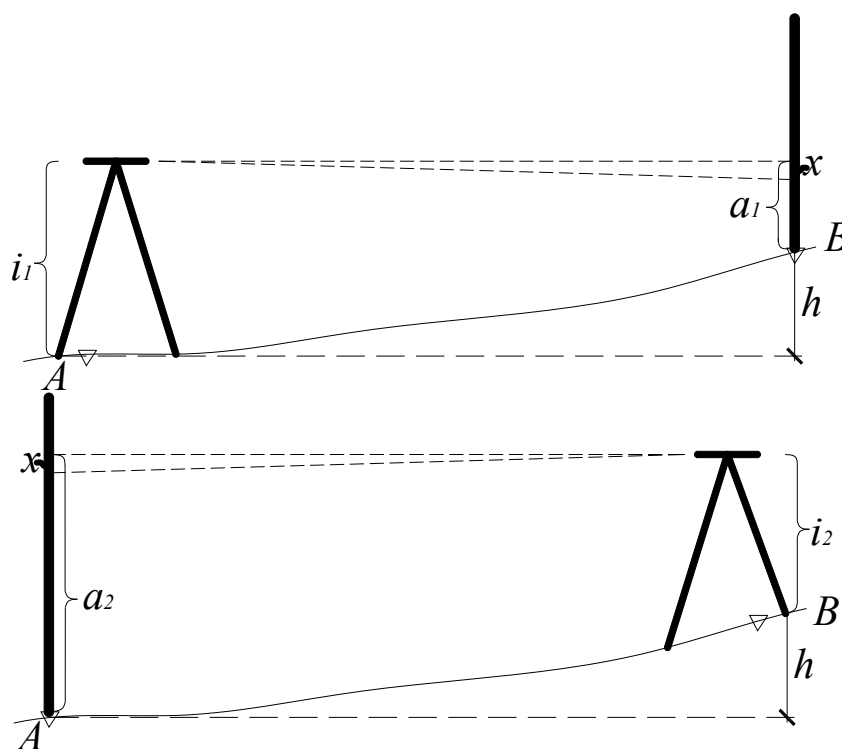


Рис. 5.3.2 Проверка главного условия нивелира

Нивелир устанавливают на станции A так, чтобы окуляр находился над точкой A , и рейкой измеряют высоту прибора i_1 а по рейке, установленной в точке B , берут отсчет a_1 . Поскольку визирная ось и ось

цилиндрического уровня никогда не будут идеально параллельными, то отсчет a_1 всегда будет ошибочен на какую-то величину x (рис. 5.3.2). Превышение между точками

$$h = i_1 - (a_1 - x). \quad (5.3.1)$$

Потом нивелир и рейку меняют местами (рис. 5.3.2), измеряют высоту прибора i_2 и снимают отсчет по рейке a_2 , который также ошибочен на ту же величину x . Превышение в этом случае вычисляется по формуле

$$h = (a_2 - x) - i_2. \quad (5.3.2)$$

Поскольку в обоих случаях измерялось одно и то же превышение, то и правые части формул равны между собой:

$$i_1 - (a_1 - x) = (a_2 - x) - i_2, \quad (5.3.3)$$

откуда погрешность

$$x = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}, \quad (5.3.4)$$

Если $x \leq 4$ мм, то главное условие выполнено. Если же $x > 4$ мм, то вычисляют отсчет по рейке $(a_2 - x)$, исправленный за погрешность x , и элевационным винтом устанавливают среднюю нить сетки на этот отсчет. Потом вертикальными исправительными винтами цилиндрического уровня совмещают изображения концов пузырька уровня в зрительной трубе. После юстировки поверку повторяют.

3. Поверка нивелиров с компенсатором Н-ЗКЛ и Н-10 КЛ.

Первые две поверки формулируются и выполняются так же, как и в уровневых нивелирах. Формулировка и выполнение третьей поверки (главного условия) отличается от соответствующей поверки уровневых нивелиров из-за наличия компенсатора и ломаной зрительной трубы, которая осложняет измерение высоты прибора.

Поверка главного условия нивелира с компенсатором: **линия визирования должна быть горизонтальной.**

На расстоянии 50 м закрепляют точки A и B . Точно посередине между ними устанавливают нивелир, берут отсчеты a_1 и b_1 по рейкам в этих точках (рис. 5.3.3) и определяют превышение

$$h = a_1 - b_1. \quad (5.3.5)$$

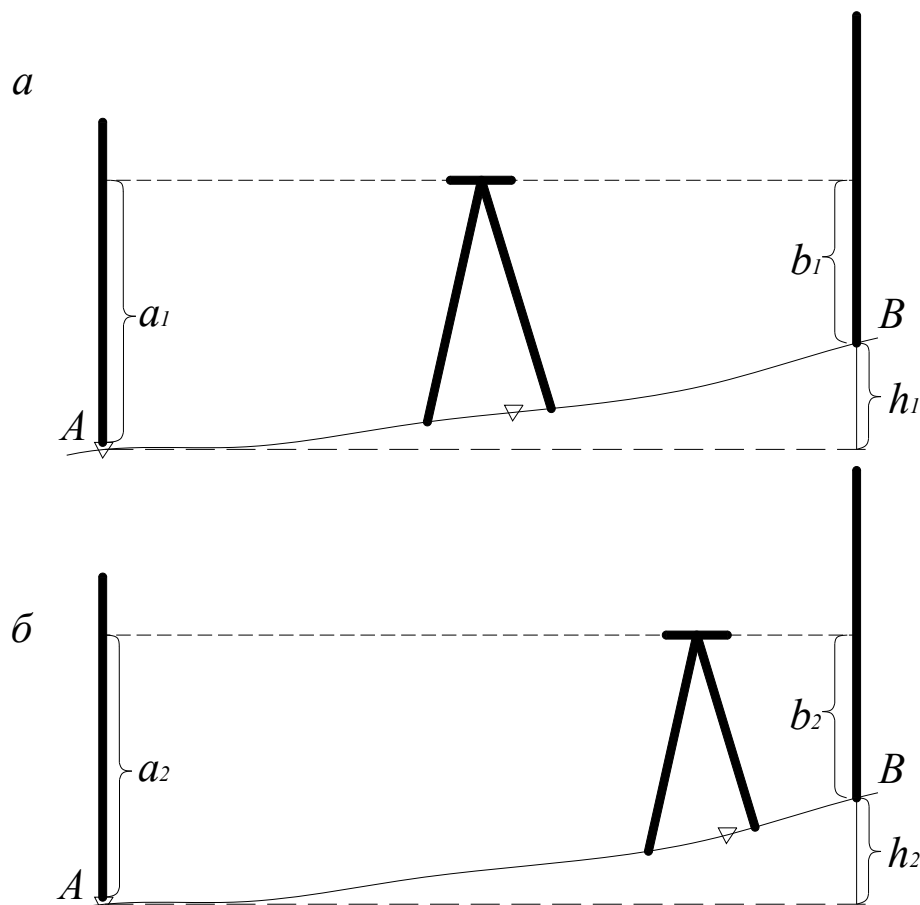


Рис. 5.3.3 Проверка главного условия нивелиров Н-ЗКЛ и Н-10КЛ

Затем переносят нивелир в точку C , расположенную на наименьшем расстоянии визирования от точки B (рис. 5.3.3) и опять определяют превышение между точками H_0 и B :

$$h = a_2 - b_2. \quad (5.3.6)$$

Если ошибка $x = (h_1 - h_2) \leq 2 \text{ мм}$, то условие выполнено. В противном случае вычисляют правильный отсчет по рейке $(a_2 - x)$, на который устанавливают горизонтальную нить сетки с помощью исправительных винтов. После исправления проверку повторяют.

5.4 Тригонометрическое нивелирование

Пусть высота H_A точки A известна, а высоту H_B точки B надо определить, то есть надо определить превышение h (рис. 5.4.1). Для этого над точкой A устанавливают теодолит, а на точке B – рейку.

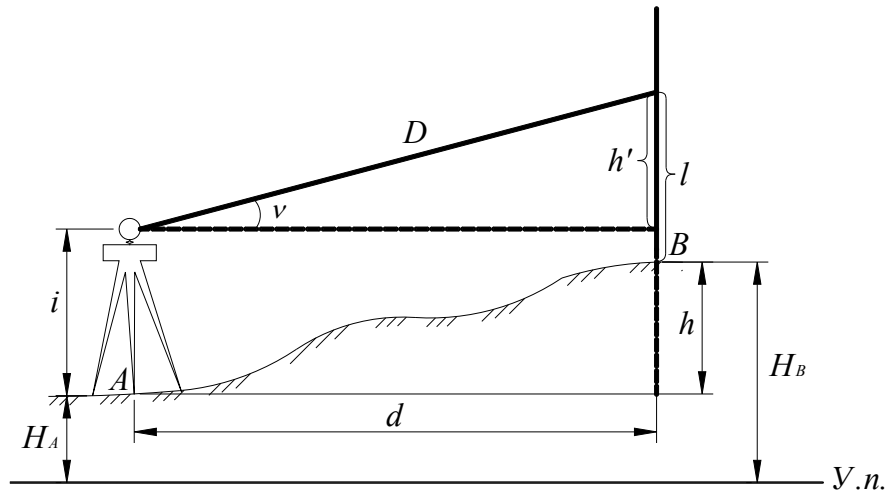


Рис. 5.4.1 Тригонометрическое нивелирование

Измеряем рейкой высоту теодолита (оси вращения зрительной трубы) и рулеткой или мерной лентой – расстояние между точками d . Далее трубу теодолита наводят на любую точку на рейке и измеряют вертикальный угол v . Расстояние l от точки наведения до пятки рейки называют *высотой визирования*. Из рис. 5.4.1 имеем

$$i + h' = h + l, \quad (5.4.1)$$

или

$$h = h' + i - l, \quad (5.4.2)$$

Поскольку

$$h' = d \operatorname{tg} v, \quad (5.4.3)$$

то искомое значение превышения

$$h = d \operatorname{tg} v + i - l, \quad (5.4.4)$$

Формула (5.4.4) называется *полной формулой тригонометрического нивелирования*.

Если обозначить на рейке высоту прибора и визировать на эту высоту, то есть принять $i = l$, то получим *сокращенную формулу тригонометрического нивелирования*

$$h = d \operatorname{tg} v, \quad (5.4.5)$$

Превышения, вычисляемые по формулам тригонометрического нивелирования, округляют до 0,01 м.

Если расстояние между точками измерено нитяным дальномером, то согласно формуле (4.3.10)

$$d = (Kn + c) \cos^2 v, \quad (5.4.6)$$

Подставив это значение в формулы (5.18) и (5.19), получим соответственно

$$h = \frac{1}{2}(Kn + c) \sin(2\nu), \quad (5.4.7)$$

$$h = \frac{1}{2}(Kn + c) \sin(2\nu) + i - l, \quad (5.4.8)$$

Превышения по формулам (5.4.4; 5.4.5) вычисляются с помощью специальных таблиц или микрокалькуляторов.

Поправку за кривизну Земли и рефракцию вводят в результаты тригонометрического нивелирования, когда расстояние между точками больше 400 м и погрешности достигают 1 см. При съёмочных работах для строительства расстояния значительно меньше, и эти поправки не учитываются.

5.5 Гидростатическое нивелирование

В сообщающихся сосудах свободная поверхность жидкости устанавливается на одинаковом уровне независимо от поперечного сечения сосудов, массы жидкости и превышений. Это свойство положено в основу оборудования гидростатических нивелиров.

Гидростатический нивелир состоит из двух наполненных жидкостью стеклянных сосудов (стаканов), соединенных гибким шлангом (рис. 5.5.1).

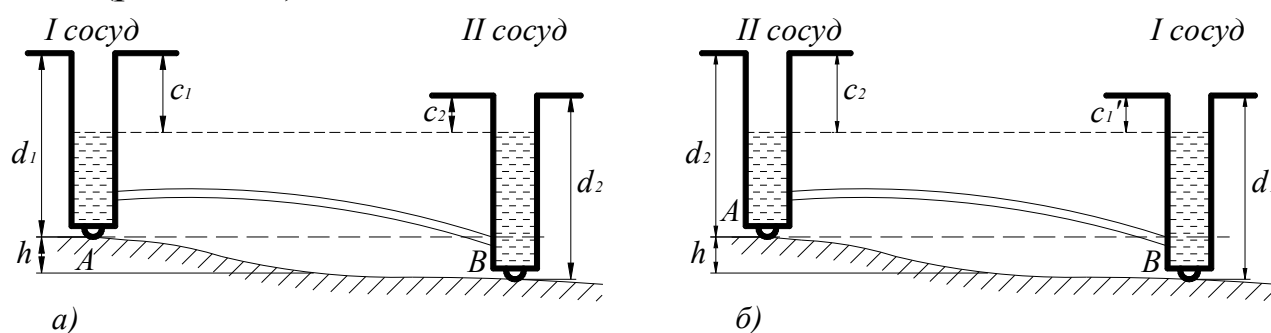


Рис. 5.5.1 Гидростатическое нивелирование

Установив сосуды в точках *A* и *B*, между которыми определяется превышение *h*, измеряют высоты *a* и *b* столбиков жидкости в каждом сосуде. Из рис. 5.5.1:

$$h = a - b; \quad (5.5.1)$$

$$\begin{aligned} a &= d_1 - c_1; \\ b &= d_2 - c_2. \end{aligned} \quad (5.5.2)$$

где d_1, d_2 — высоты сосудов;

c_1, c_2 — расстояния от верха сосудов до уровня жидкости. Поэтому

$$h = (d_1 - c_1) - (d_2 - c_2), \quad (5.5.3)$$

или

$$h = (c_2 - c_1) - (d_2 - d_1), \quad (5.5.4)$$

Для данной пары сосудов (d_2, d_1) — так называемое место нуля, величина постоянна. Обозначая ее

$$MO = d_2 - d_1, \quad (5.5.5)$$

получим формулу (5.5.4) в виде:

$$h = (c_2 - c_1) - MO, \quad (5.5.6)$$

Поменяв сосуды местами и сняв отсчеты c'_2 и c'_1 (рис. 5.5.1 б), запишем:

$$h = (d_2 - c'_2) - (d_1 - c'_1), \quad (5.5.7)$$

или

$$h = (c'_1 - c'_2) - (d_2 - d_1) = (c'_1 - c'_2) + MO. \quad (5.5.8)$$

Решаем уравнение (5.5.6) и (5.5.7) относительно превышения и места нуля соответственно

$$h = \frac{1}{2} [(c_2 - c_1) - (c'_2 - c'_1)], \quad (5.5.9)$$

$$MO = \frac{1}{2} [(c_2 - c_1) + (c'_2 - c'_1)], \quad (5.5.10)$$

Методика двойного нивелирования с взаимной перестановкой сосудов повышает точность результата, но она очень трудоемкая. При техническом нивелировании в строительстве превышения определяются по определенному заранее месту нуля. Точность измерения превышений нивелиром НШТ-1 (нивелиром шланговым техническим) составляет 0,5 мм. Гидростатическое нивелирование широко применяется при монтаже технологического оборудования. Для наблюдений за деформациями и оседанием сооружений применяются стационарные гидростатические системы повышенной точности.

6 СОВРЕМЕННЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

6.1 Электронные теодолиты и тахеометры

Электронные теодолиты и тахеометры являются современными высокоточными геодезическими средствами измерений, которые дают возможность высокоэффективно выполнять измерения в автоматизированном режиме.

Электронный теодолит – это углоизмерительный прибор, предназначенный для полуавтоматического выполнения геодезических измерений. Он может состоять из комбинаций оптических теодолитов, кодовых теодолитов, вмонтированных светодальномеров и электронных дальномерных насадок.

Кодовые теодолиты являются оптическими приборами, которые имеют лимб с нанесенным штриховым кодом, с помощью которого отсчет передается на электронное табло (дисплей).

Одним из простых видов электронного теодолита является соединение оптического теодолита со светодальномером или электронной дальномерной насадкой производства завода «ОМО» (Россия) и фирмы «SOKKIA» (Япония). При этом отсчеты по горизонтальным и вертикальным кругам берут визуально по шкаловым микроскопам, и с помощью клавиатуры вводят в память мини-компьютера. Результаты измерения расстояния вводятся автоматически.

С помощью специальных программ определяются горизонтальные расстояния, превышения, приращения координат и другие показатели с освещением результатов на световом табло.

Для автоматизации полевых измерений во время выполнения топографических съемок местности, инженерно-геодезических работ, возведения сооружений используют современные высокоточные электронные тахеометры.

Электронные тахеометры - многофункциональные геодезические приборы, которые состоят из кодового теодолита, встроенного светодальномера и специализированного мини-компьютера.

Развитые зарубежные страны – Япония, Германия, Швеция, США, Швейцария, Россия и другие – выпускают много типов электронных тахеометров, которые отличаются конструктивными решениями, точностью, назначением и надежностью.

Высокоточные электронные тахеометры дают возможность измерять углы с точностью $m_\beta = 1''$, а расстояния - до 1:3 мм. Самые современные электронные тахеометры SET-530-R фирмы "SOKKIA" (Япония) дают возможность измерять расстояния до 350 м и больше без отражателя. Это создает чрезвычайно большие возможности во время выполнения геодезических работ, исследования формы и размеров пространственных объектов.

Геодезические задачи решаются автоматически с учетом поправок за кривизну Земли, рефракцию атмосферы, температуру, давление, разницу высот установки прибора и отражателя.

Использование электронных тахеометров дает возможность автоматизировать процесс составления карт и планов местности по результатам полевых измерений.

6.2 Спутниковые навигационные системы

Самым современным *способом определения координат пунктов геодезических сетей является спутниковый* - с помощью спутниковых навигационных систем. Преимущество этого способа заключается в том, что координаты пунктов определяются независимо, поэтому в таких сетях координаты определены практически с одинаковой высокой точностью на всей территории.

Определение координат пунктов осуществляется по двум спутниковым радионавигационным системам:

1) GPS (Global Position System) - глобальная система определения местоположения (США);

2) ГЛОНАСС - Глобальная навигационная спутниковая система, которая разработана в СССР и поддерживается РФ.

Европейские государства разрабатывают навигационную спутниковую систему «Галилео» при участии и украинских ученых.

Система «Галилео» будет более современной и будет обеспечивать наивысшую точность определения координат пунктов.

Навигационная спутниковая система состоит из:

- космических аппаратов (спутников);
- подсистемы контроля и управления (координационно-вычислительный центр, станции траекторных измерений; станции управлений);
- навигационной аппаратуры пользователей (геодезических приемников спутниковых сигналов и приемников, установленных на наземных, морских и воздушных транспортных средствах).

В системе GPS в шести орбитальных плоскостях вращается по четыре спутника (рис. 6.2.1, а), в системе ГЛОНАСС - в трех плоскостях по восемь спутников (рис. 6.2.1, б) практически по круговым орбитам на расстоянии 26 600 км от центра Земли.

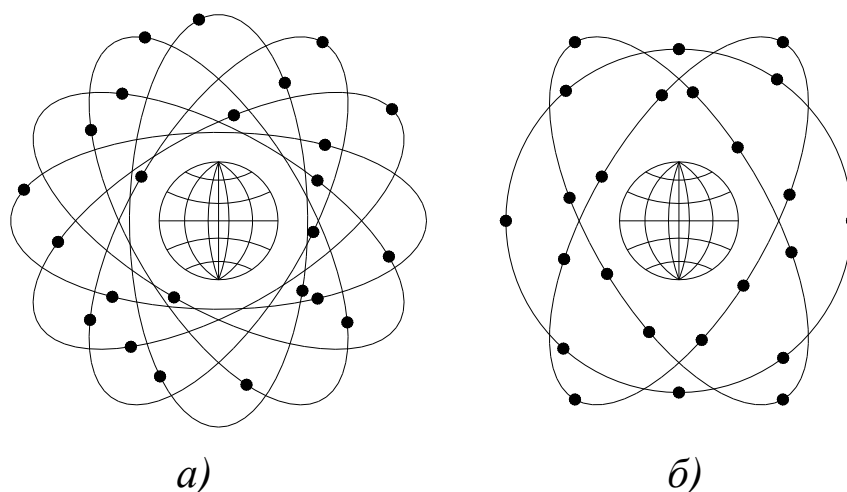


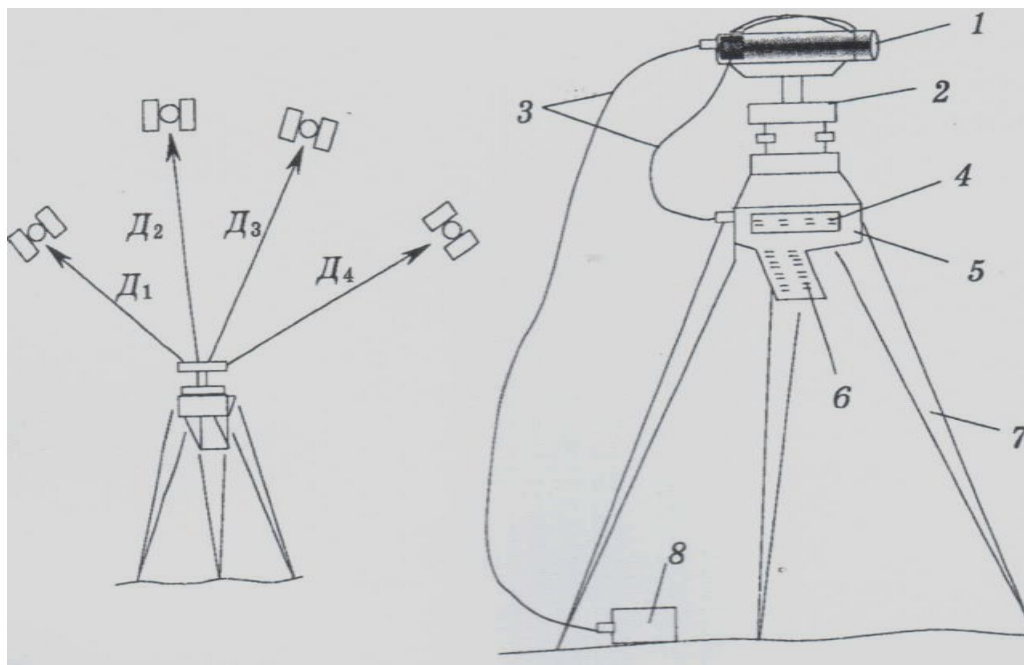
Рис. 6.2.1 Спутниковые навигационные системы:
а) NAVSTAR GPS; б) ГЛОНАСС

Такое количество и размещение спутников обеспечивает прием сигналов как минимум от четырех спутников в любой части Земли.

Период вращения спутников составляет 12 часов звездного времени, поэтому спутники каждый день появляются в том же месте звездного неба на 4 минуты раньше вчерашнего положения.

Спутники излучают сигналы на двух частотах, которые содержат информацию об их координатах. Сигналы фиксируются специальными измерительными станциями - приемниками.

Навигационная система работает надежно, если обеспечен прием сигналов не менее, чем от четырех спутников (рис. 6.2.2, а). Геодезический приемник спутниковой системы показан на рис.6.2.2, б).



а)

б)

Рис. 6.2.2 Принцип определения координат спутниковыми навигационными системами:

а) схема наблюдений; б) геодезический приемник;

1 - сенсор; 2 - подставка; 3 - соединительные кабели; 4 - дисплей; 5 - контролер; 6 - клавиатура; 7 - штатив; 8 - аккумуляторная батарея

Сенсор может одновременно принимать сигналы от 6 до 12 спутников на одной или двух частотах. Управление работой приемника осуществляется с помощью контролера или персональных электронно-вычислительных машин (ПЭВМ). Результаты измерений регистрируются в модуле памяти и переносятся в ПЭВМ через контролер или специальное устройство.

Вычисление координат выполняется по специальным программам.

С помощью спутниковых навигационных систем **координаты точек** наблюдений определяют двумя способами:

– **абсолютным**, когда одним приемником (рис. 6.2.2,а) определяются координаты антенны приемника в единственной навигационной системе;

– *относительным*, или дифференциальным – по наблюдению одновременно двух приёмников в один и тот же момент времени по одинаковым созвездиям спутников определяют проекции на оси геоцентрической системы координат базовой линии между ними — S и угол ее направления (рис. 6.2.3).

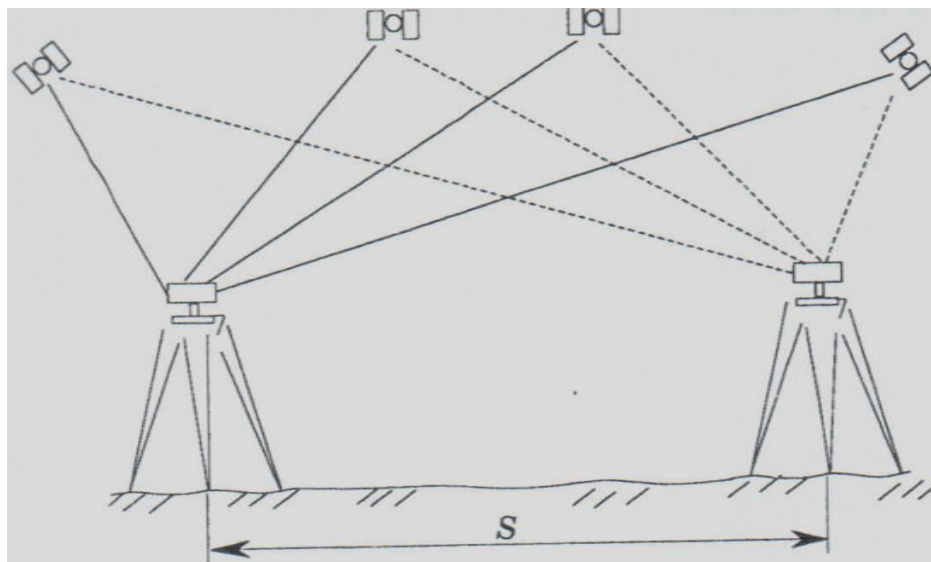


Рис. 6.2.3 Схема относительных определений

Во время геодезических измерений используют одно- и двухчастотные приемники. Наивысшую точность и эффективность измерений обеспечивают двухчастотные приемники.

Точность абсолютного метода составляет 3...5 м, что недостаточно для геодезических целей.

При условии точных геодезических измерений используют дифференциальные спутниковые наблюдения между двумя и более приёмниками, один из которых принимается за базовый.

Местоположение других передвижных приемников в процессе измерений определяется относительно базового. В зависимости от назначения, заданной точности, расстояния между точками, измерения выполняют по разным схемам.

Спутниковые методы определений местоположения точек земной поверхности используют во время построения геодезических сетей, геодезических съемочных работ, разбивки больших инженерных сооружений, наблюдения за смещениями земной поверхности и т.п.

6.3 Цифровой электронный нивелир

Цифровой электронный нивелир - это экономически эффективная измерительная система сбора и обработки данных в цифровом виде, которая обеспечивает эффективное выполнение работ благодаря использованию современных технологий.



Рис. 6.3.1 Цифровой электронный нивелир "DINI" (Германия)

На рис. 6.3.1 изображен цифровой электронный нивелир типа "DINI" (фирма «Karlzess», Германия).

Приведение визирной оси в горизонтальное положение осуществляется при помощи механического компенсатора. Автоматическое регулирование компенсатора обеспечивает установление визирной оси в пределах рабочего диапазона для визуальных и электронных измерений.

Нивелир имеет электронный лимб ($m_{\beta} \pm 5''$) и внешний горизонтальный лимб с делениями через 1° и погрешностью отсчета $0,1^{\circ}$.

Наличие электронного устройства дает возможность в автоматическом режиме снимать с высокой точностью отсчеты с помощью специальной штрихкодовой рейки. На экране дисплея отображаются отсчеты и расстояния до рейки. Наличие пакета программ дает возможность выполнять измерительные работы, обработку их результатов и разбивочные работы.

Для установки нивелира на заданную, удобную для наблюдателя, высоту используют геодезический нивелирный штатив.

Для работы с этими нивелирами используют специальные цельные рейки РН05 - деревянные с инварной полосой (рис. 6.3.2, а) и кодовые (рис. 6.3.2, б), предназначенные для высокоточного нивелирования. Инварные рейки длиной 1м и 3м имеют основную и дополнительную шкалы с ценой деления 5мм.

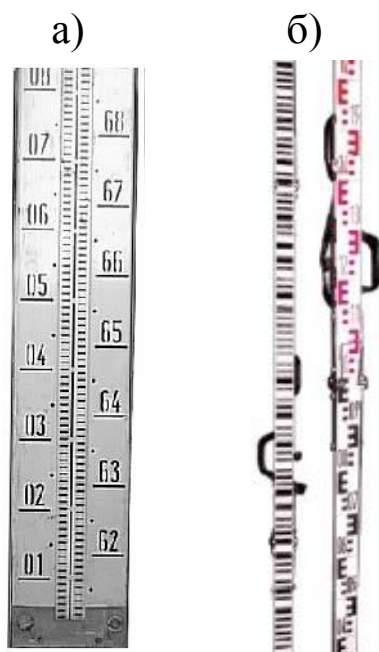


Рис.6.3.2 **Фрагменты нивелирных реек:**

- а) Рейка нивелирная цельная РН-0,5 инварная;
- б) Рейка нивелирная кодовая: с BAR-кодом и Е-градированием 4м, складная используется для работ с цифровыми нивелирами DINI.

7 ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ

7.1 Общие сведения о геодезических сетях

Основой при проведении съёмочных работ и составлении топографических планов и карт для проектно-планировочных работ в строительстве являются геодезические сети. От пунктов этих сетей выполняют также разбивочно-привязочные и исполнительно-съёмочные геодезические работы при строительстве сооружений.

Геодезическая сеть - это совокупность геодезических пунктов, закрепленных на земной поверхности. Их плановое положение определено в единой системе координат, а высотное - высотой над уровнем моря или над другой исходной уровенной поверхностью.

При этом пункты сети могут быть только плановыми или только высотными, или одновременно планово-высотными. Пункты сетей размещают согласно заранее составленному проекту и закрепляют на местности соответствующими знаками.

Закрепление геодезического пункта должно обеспечить его неизменное положение в течение использования и видимость между соседними пунктами.

Геодезические сети имеют важное значение для правильной организации геодезических работ в стране, потому что позволяют выполнять эти работы одновременно на разных участках территории. Геодезические сети обеспечивают необходимую точность геодезических работ, поскольку ошибки измерений не накапливаются в местах интенсивного выполнения работ, а равномерно распределены по всей сети на всей территории страны. Геодезические сети позволяют проводить съёмочные работы разных масштабов и в разных местах одновременно и независимо, а затем сводить все материалы в единые планы и карты.

Построение геодезических сетей происходит по принципу от общего к частному. Это значит, что сначала на больших территориях образуют редкие сети с небольшим количеством закрепленных на земной поверхности пунктов. Координаты и высоты этих пунктов определяют с высокой точностью. Потом на основе таких опорных пунктов строят сети сгущения, поэтапно переходя ко все большему

количеству геодезических пунктов с соответствующим постепенным снижением точности определения координат и высот в сетях низших классов.

Пусть, например (рис.7.1.1), координаты и высоты пунктов А, В, С определены с высокой точностью. Эти пункты могут быть опорой для определения координат и высот пунктов I, II, III, которые находятся ближе между собой. А координаты и высоты этих пунктов, в свою очередь, являются исходными для определения координат и высот точек 1,2, 3, 4 и т.д.

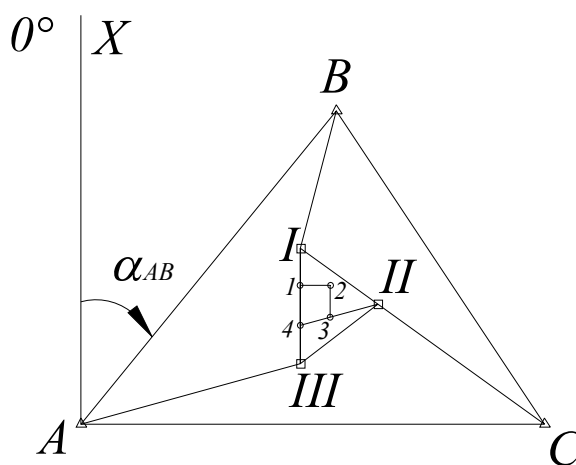


Рис. 7.1.1 Принцип перехода от общего к частному

Геодезические сети, которые служат для последующего развития от них сетей низшей точности, в том числе при проведении съёмочных и разбивочных работ для строительства, называются опорными.

Для определения планового положения пунктов сетей между ними измеряют расстояния и углы. Геодезическую сеть строят так, чтобы ее стороны образовывали простые геометрические фигуры, необходимые для математической обработки и дальнейшего определения координат.

Для **построения геодезических плановых сетей** используются такие методы:

1. **Триангуляция** (от лат. - треугольник) - построение на местности системы примыкающих треугольников с геодезическими пунктами в их вершинах (рис. 7.1.2). В треугольниках измеряют все углы А, В, С и некоторые стороны, которые называются базисными, или базисами.

2. *Трилатерация* (от лат. – треугольник - сторона) - система треугольников, аналогичных триангуляции, в которых вместо углов измеряют все стороны.

3. *Полигонометрия* (от греч. *polygonos* – «многоугольный» и *metreo* – «измеряю») – это ходы, в которых измеряются углы и длины линий (рис. 7.1.3).

От теодолитного полигонометрический ход отличается более высокой точностью измерений.

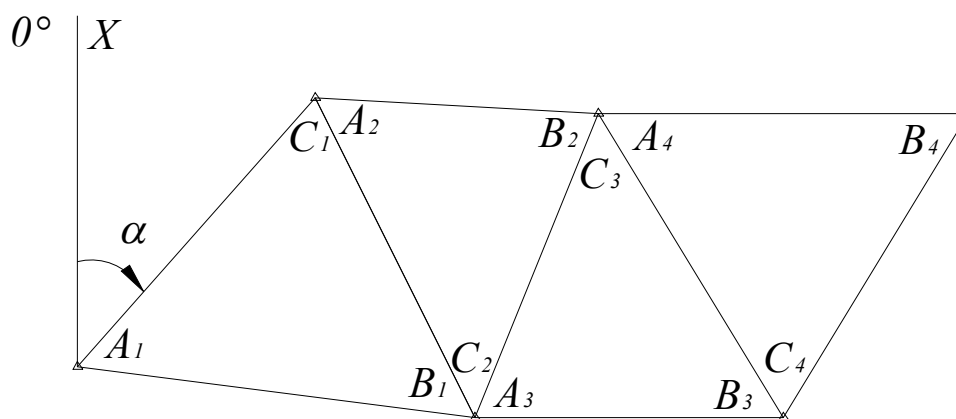


Рис. 7.1.2 Метод триангуляции

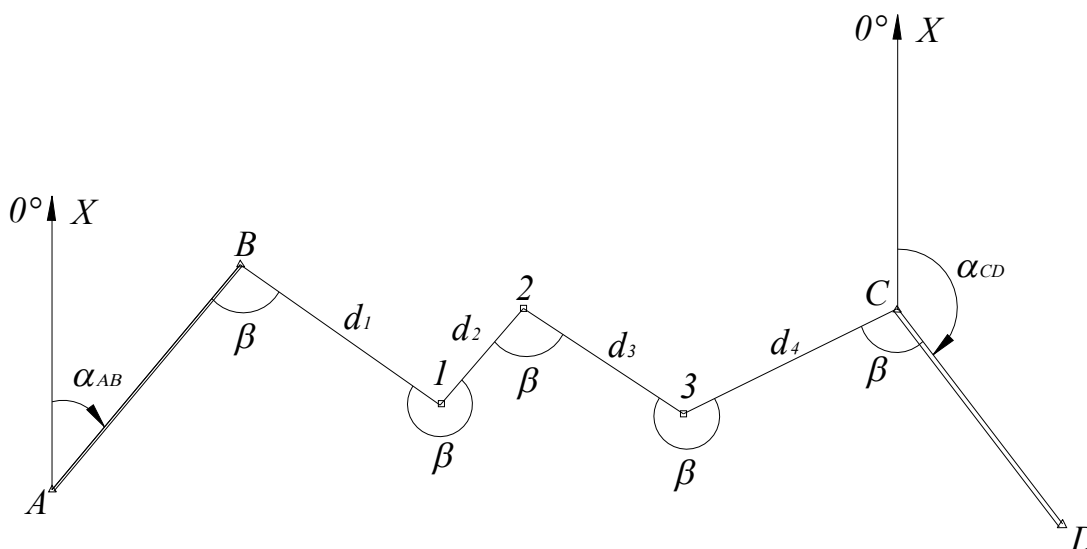


Рис. 7.1.3 Метод полигонометрии

Возможно построение геодезической сети комбинированием всех трёх методов.

Высотные (нивелирные) геодезические сети создаются методами геометрического и тригонометрического нивелирования.

Пункты плановых геодезических сетей, как правило, одновременно являются и пунктами высотной сети, то есть для них известны как координаты, так и высоты.

7.2 Государственные геодезические сети

Геодезическая сеть, которую развивают на территории всей страны и которая является исходной для построения других геодезических сетей, называется государственной геодезической сетью.

Государственные геодезические сети разделяют на *плановые* и *высотные*. Плановая сеть создается методами триангуляции, полигонометрии, трилатерации 1...4-го классов, которые различаются точностью измерений, длиной сторон и последовательностью развития сетей разных классов.

Сеть 1-го класса строится в виде системы полигонов, образуемых звеньями триангуляции (трилатерации, полигонометрии) длиной порядка 200 км вдоль меридианов и параллелей. Периметр полигона составляет 800...1000 км (рис. 7.2.1), длина сторон - 20...25 км. На концах звеньев триангуляции 1-го класса измеряют базисные стороны, которые опираются на так называемые пункты Лапласа. Астрономическую широту, долготу и азимут на этих пунктах определяют из астрономических наблюдений.

Государственная геодезическая сеть 2-го класса строится внутри полигонов 1-го класса в виде сплошной триангуляционной сети или в виде системы рядовых ходов полигонометрии. Расстояния между пунктами - 7...20 км.

Пункты государственной геодезической сети триангуляции 3-го и 4-го классов определяются относительно пунктов 1-го и 2-го классов вставками между ними. Расстояния между пунктами составляют 2...8 км. Особенную важность для строительства имеет полигонометрия 4-го класса, потому что ее пункты размещены на расстоянии 0,25...2,0 км между собой, а расстояния определены с относительной погрешностью не выше 1/10000.

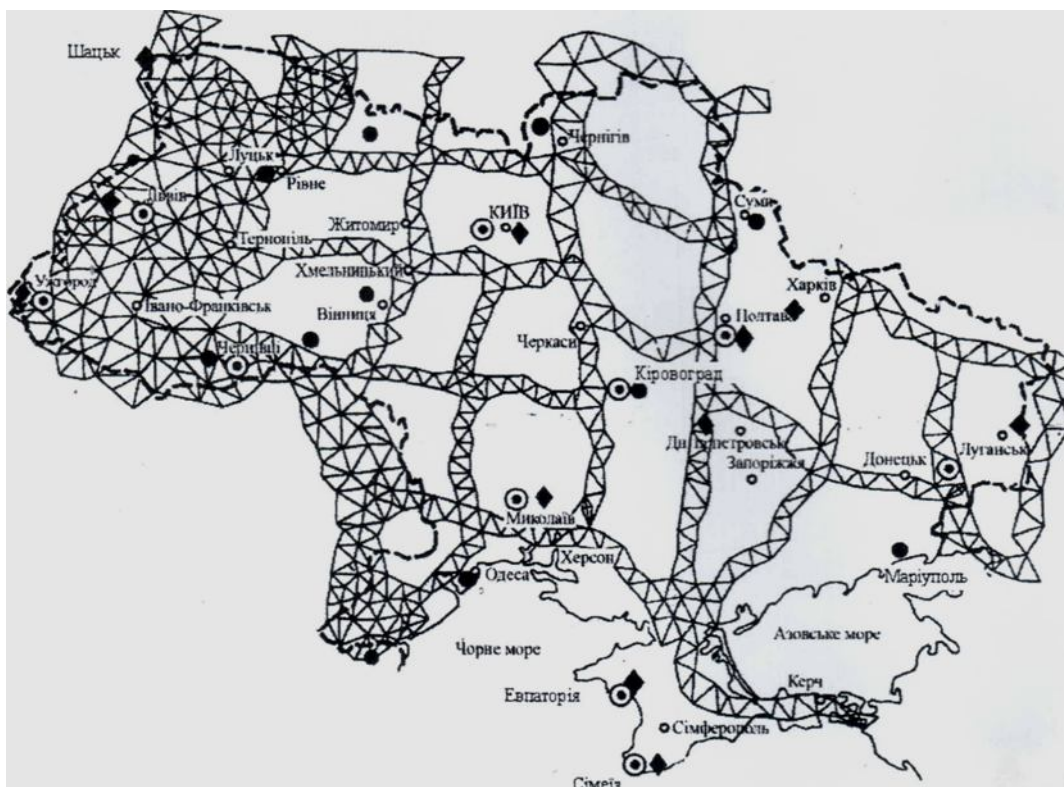


Рис. 7.2.1 Схема плановой государственной геодезической сети Украины состоянием на 1997г.

Пункты геодезической плановой основы закрепляются на местности геодезическими центрами (рис. 7.2.2) разных конструкций, которые закладывают на глубину 0,5м ниже максимального промерзания почвы. Это могут быть железобетонные монолитные сваи, асбестоцементные или металлические трубы, заполненные бетонным раствором. В верхнюю часть центров закладывают специальные чугунные марки-полусферы с отверстием-центром внутри. Координаты X, У этого центра и определяют.

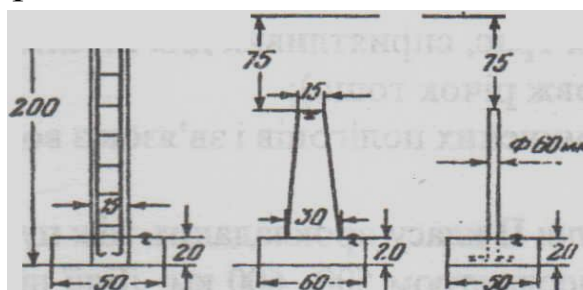


Рис. 7.2.2 Некоторые конструкции геодезических центров пунктов триангуляции

В необходимых случаях на геодезических пунктах над центрами размещают постоянные наружные знаки для обеспечения взаимной

видимости при наблюдениях с соседних пунктов. Триангуляционные наружные знаки по конструкции разделяются на сигналы (рис. 7.2.3 а) и пирамиды (рис. 7.2.3 б). В верхней части наружные знаки имеют визирные цилиндры для визирования с соседних пунктов.

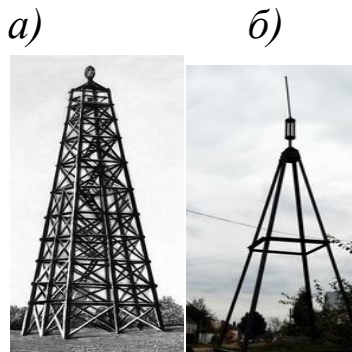


Рис. 7.2.3 Внешние знаки пунктов триангуляции

Государственная высотная (нивелирная) сеть создаётся методом геометрического нивелирования и является главной высотной основой съёмочных и нивелирных работ, в том числе для наблюдений за осадкой сооружений.

Она разделяется на нивелирную сеть I-IV классов.

Прокладка сети для I класса предполагает:

- равномерное обеспечение территории страны исходными высотными пунктами для развития в единой Балтийской системе нивелирования II, III, IV классов;

- использование трасс, благоприятных для нивелирования (железные и шоссейные дороги, вдоль рек и т.п.);

- образование замкнутых полигонов и связь с водомерными постами морей и океанов.

Линии нивелирования II класса прокладывают между пунктами I класса в виде полигонов с периметром 500...600 км. Линии нивелирования III класса прокладываются внутри полигонов I и II классов в виде отдельных ходов или полигонов, периметр которых не превышает 200 км. Линии нивелирования IV класса опираются на пункты старших классов в виде одиночных и пересекающихся ходов. Пункты пересечения называют *узловыми точками*.

Государственные нивелирные сети всех классов закрепляются на местности через 5...7 км стенными или грунтовыми постоянными

знаками – реперами (от франц. *repère* – «отметка») и марками (от нем. *Mark* – «знак»). Марки и стенные реперы закладывают в цоколе зданий и сооружений (рис.7.2.4). Грунтовые реперы по конструкции и глубине заложения аналогичны плановым геодезическим центрам. Кроме того, через 50...80 км нивелирования I и II классов устанавливаются особо устойчивые нивелирные знаки - фундаментальные (от лат. - «основной») реперы, которые закладываются в почву на глубину нескольких метров.

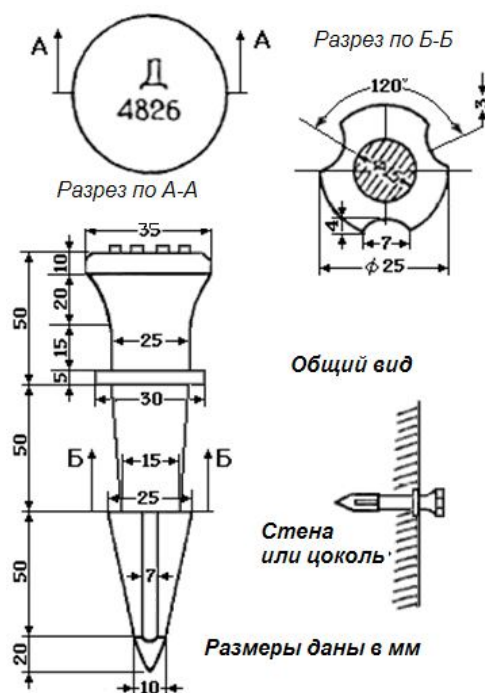


Рис. 7.2.4 Стенной репер для линий нивелирования



Рис. 7.2.5 Государственная высотная основа Украины:

- линии нивелирования I класса;
- - - - линии нивелирования II класса

7.3 Геодезические сети сгущения

В городах, поселках и на больших строительных объектах создаются геодезические сети сгущения специального назначения, которые развиваются на основе государственных геодезических сетей высших порядков. Геодезические сети сгущения подразделяются на: а) плановые сети 1-го и 2-го разрядов, которые развиваются методами триангуляции, трилатерации и полигонометрии; исходными для определения координат пунктов этих сетей являются государственные геодезические сети 1-4-го классов; б) нивелирные сети сгущения, которые развиваются методом геометрического нивелирования III и IV классов. Показатели точности этих сетей, которые развиваются на объектах строительства, те же, что и для государственных нивелирных сетей соответствующего класса.

Как и пункты государственных геодезических сетей, пункты сетей сгущения закрепляются постоянными аналогичными знаками.

7.4 Геодезические съёмочные сети

Съёмочной геодезической сетью называют геодезическую сеть сгущения, которая создаётся для проведения топографической съёмки в период разведочных работ (изысканий) для строительства, а при завершении - с целью создания топографических планов.

Для обеспечения топографических съёмок используется съёмочная основа, которую составляют не только пункты съёмочных сетей, но и рассмотренные ранее государственные геодезические сети и сети сгущения.

Съёмочные сети - это последующее развитие сетей сгущения специального назначения, а там, где в период изысканий они отсутствуют, создают съёмочные сети. Съёмочная геодезическая сеть по точности в 2-3 раза ниже сетей сгущения, а количество ее пунктов на единицу площади в 3-10 раз превышает количество пунктов сетей сгущения.

Съёмочные сети разделяют на *плановые и высотные*.

Координаты пунктов съёмочных сетей определяют методами полигонометрии и триангуляции. Съёмочную сеть, которую развивают

методом триангуляции, называют *микротриангуляцией*. Ходы плановых съёмочных сетей, которые развиваются методом полигонометрии, называют *теодолитными ходами*. Длина линий в теодолитных ходах - 20...350м.

Высотные съёмочные сети создают техническим нивелированием геометрическим или тригонометрическим методами.

Выбирая метод создания съёмочных сетей, учитывают условия района работ. В открытых слабосхолмлённых малозастроенных районах развивают сети микротриангуляции и применяют тригонометрическое нивелирование. В равнинных застроенных районах прокладывают теодолитные ходы и геометрическое нивелирование.

Пункты съёмочных сетей закрепляются временными знаками: металлическими трубами со штырями, деревянными колышками и столбами с забитыми в них гвоздями. Временное закрепление пунктов съёмочных сетей отвечает их назначению - быть геодезической основой для одноразовой съёмки. В условиях городов и строительных площадок часть пунктов съёмочных сетей закрепляют постоянными знаками как основу для последующих исполнительных съёмок.

8 ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ПЛАН

8.1 Понятие о плане

Как выше отмечалось (в разделе 1), строительству предшествуют инженерно-геодезические изыскания, основным результатом которых является топографический план территории будущего строительства.

Это изображение участка земной поверхности на бумаге с отображением в условных обозначениях всех подробностей земной поверхности (ее неровностей, застройки, сельскохозяйственных угодий, путей сообщения, разных сооружений, водной поверхности и т.п.). Точки земной поверхности A, B, C, D в пределах небольшого участка земной поверхности перпендикулярами Aa, Bb, Cc, Dd проектируют на мнимую горизонтальную плоскость P (рис. 8.1.1), которая совпадает с уровенной поверхностью геоида. Такое проектирование называется ортогональным.

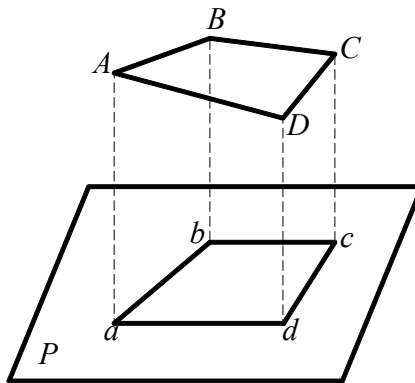


Рис. 8.1.1 Ортогональная проекция

Плоская фигура $abcd$ является горизонтальной проекцией фигуры $ABCD$, точки которой лежат в разных горизонтальных плоскостях. Так, по рис. 8.1.2 горизонтальная проекция линии местности AB :

$$d = l \cos v. \quad (8.1.1)$$

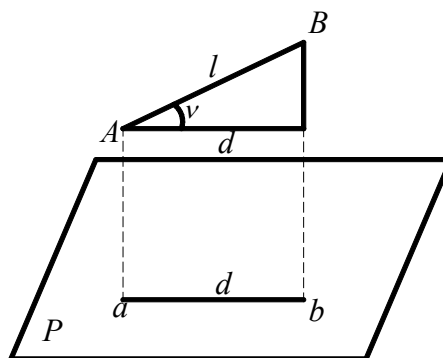


Рис. 8.1.2 Горизонтальная проекция линии

Участки земной поверхности изображаются на бумаге в уменьшенном виде, но с сохранением подобия фигур по правилам геометрии. Но эти правила могут быть применены лишь в предположении, что изображаемый участок земной поверхности рассматривается как плоский, то есть такое изображение ограничено размерами участка. Задача сводится к сравнению длины дуги $TB' = S$ с длиной касательной $TB = t$.

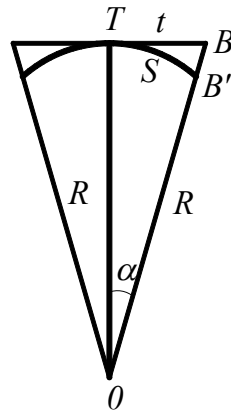


Рис. 8.1.3 Влияние сферической Земли на измерения

Из черт. 8.1.3 имеем

$$t = R \operatorname{tg} \alpha, \quad (8.1.2)$$

$$S = R\alpha. \quad (8.1.3)$$

Разность

$$\Delta t = t - S = R(\operatorname{tg} \alpha - \alpha). \quad (8.1.4)$$

Раскладываем $\operatorname{tg} \alpha$ в ряд:

$$\alpha = \alpha + \frac{\alpha^3}{3} + \dots, \quad (8.1.5)$$

тогда

$$\Delta t = R \frac{\alpha^3}{3} = \frac{S^3}{3R^3} \approx \frac{t^3}{3R^3}. \quad (8.1.6)$$

Приняв приближенно радиус Земли (как шара) $R = 6 \cdot 10^3$ км, при $S \approx t \approx 10$ км, получим:

$$\frac{\Delta t}{t} = \frac{10^2}{3 \times 36 \times 10^6} \approx \frac{1}{1000000}. \quad (8.1.7)$$

Это порядок точности современных высокоточных измерений расстояний на земной поверхности. Таким образом, участки земной поверхности размером 20×20 км можно считать плоскими и изображать их в подобном и уменьшенном виде на чертеже, который называется *топографическим планом*.

В отличие от плана на карте изображают неограниченные участки земной поверхности, но это изображение построено по определенным математическим законам. На карте показывают размещение, состояние и связь разных природных и общественных явлений. Такие явления соответствующим образом отбирают и обобщают в процессе изображения на карте, то есть генерализируют. Потребность в использовании определенного математического закона при изготовлении карты predetermined тем, что сферическую или сфероидическую поверхность развернуть на плоскости без складок и разрывов невозможно. Создавая непрерывное изображение такой поверхности, допускают геометрическое искажение контуров местности, ортогонально спроектированных на плоскость.

Математический закон, по которому создается карта, называется *картографической проекцией*. Применяя ту или иную проекцию, учитывают искажение длин линий, площадей контуров и углов. По характеру искажений различают картографические проекции: конформные (равноугольные), которые не приводят к деформации углов; эквивалентные (равновеликие), что сохраняют равенство площадей; произвольные, которые не имеют свойства конформности и равновеликости. Выбор картографической проекции predetermined назначением карты, ее содержанием, размером, формой и положением территории, которая картографируется. Так, топографические карты, которые используются для измерения углов и расстояний, целесообразно выполнять в равноугольной проекции. При этом искажения расстояний должны быть малыми и легко определяться. Таким требованиям отвечает конформная поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса.

8.2 Масштабы и номенклатура карт и планов

При изображении участков земной поверхности на планах и картах размеры этих участков уменьшают в определенное число раз. Степень уменьшения изображения на плане или карте контуров местности называется *масштабом* (от нем. *Maßstab* – «мерная палка»: *Maß* – «мера», *Stab* – «палка», «чёрточка»). *Численный масштаб* показывает

отношение длины линии на плане или карте к длине горизонтальной проекции соответствующей линии на местности:

$$M = 1:N. \quad (8.2.1)$$

Например, масштаб 1:500 означает, что линии и предметы местности при перенесении их на план уменьшаются в 500 раз. Чем меньше знаменатель масштаба, тем крупнее само изображение, то есть тем большие размеры на плане имеют одни и те же объекты местности.

Например, на плане 1:5000 дом длиной 50 м выглядит сантиметровым, а на крупномасштабном плане 1:500 – отрезком длиной 10 см со всеми деталями и подробностями сооружения.

Топографические планы разделяют на: *среднемасштабные* (1:25000, 1:10000) и *крупномасштабные* (1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500). Отмеченные масштабы называются стандартными. При проведении топографических съемок и создании топографических планов руководствуются этим масштабным рядом.

На планах изображают координатную (или километровую) сетку, которая отвечает государственной системе плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера, или условных.

Численные масштабы планов и чертежей, которые используются в строительстве: 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000, 1:25000. Масштабы 1:200 и 1:100 используются, главным образом, для изображения ответственных узлов; 1:500- 1:2000 - масштабы генпланов и разбивочных чертежей; 1:5000 - 1:25000 - используются на стадии проектного задания при составлении технической документации для проектирования.

В инженерно-геодезических работах для строительства широко используются профили местности. Это графическое изображение уменьшенного вертикального разреза местности в заданном направлении (коммуникации, дороги и тому подобное). Составляют его в двух масштабах: горизонтальном (мелком, например 1:1000) и вертикальном (крупном, например 1:100).

Зная масштаб плана, легко определить по длине линии местности соответствующую длину линии на плане, и наоборот. Например, на плане масштаба 1:1000 линия равняется 6,13 см. Соответствующая

линия на местности будет определена из пропорции: 1 см плана соответствует 10,00 м местности, 6,13 см плана соответствует X , следовательно, $X= 61,3$ м.

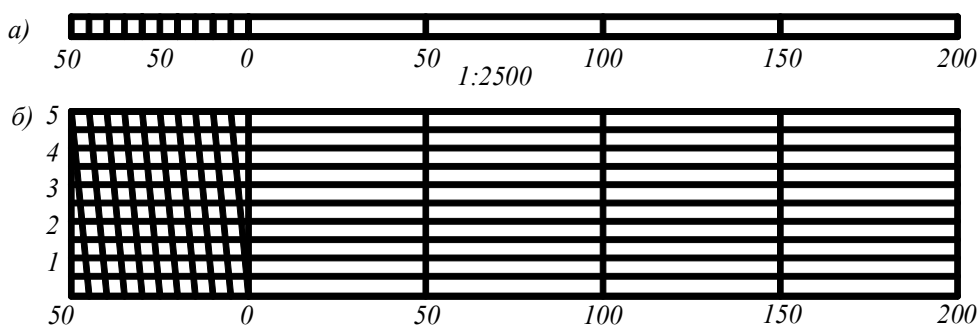


Рис. 8.2.1 Графический масштаб:

а) линейный масштаб; б) нормальный поперечный масштаб

Чтобы каждый раз не выполнять эти вычисления, на практике пользуются специальным графиком: линейным масштабом (рис. 8.2.1а). Практическая точность линейного масштаба - половина наименьшего деления, то есть 0,5 мм в масштабе плана.

Для более точных графических работ на планах пользуются поперечным масштабом. Когда за основу этого масштаба берется 2 см, то графическая точность его равняется 0,1 мм в масштабе плана, а масштаб называется нормальным поперечным (рис. 8.2.1 б).

Номенклатура топографических карт и планов. Топографические карты и планы – многолистные. Для удобства пользования многолистной картой или планом каждый их лист имеет определенное обозначение. Система разграфки и обозначения отдельных листов карты или плана называется *номенклатурой*. Номенклатура подписывается над листом карты в виде ее заглавия, а под картой или планом в так называемой сборной таблице дано расположение смежных листов.

За основу номенклатуры карт и планов разных масштабов в Украине положена государственная карта масштаба 1:1 000 000. Лист такой карты изображает сфероидическую трапецию с размерами по широте 4° и по долготе 6° (рис. 8.2.2). Обозначают его большой латинской буквой, которая указывает ряд или пояс и номер колонны, например М-35. Ряды отсчитывают от экватора к полюсам, а колонны -

от меридиана 180° против движения часовой стрелки. Такой лист содержит 144 листа карты масштаба 1:100000. Их размеры по широте - $20'$, а по долготе - $30'$. Лист карты масштаба 1:100000 содержит четыре листа карты масштаба 1:50000 (мелкомасштабные), которые имеют размеры по широте и долготе соответственно $5'$ и $7'30''$. Каждый такой лист содержит 4 листа плана масштаба 1:25000, каждый из которых вмещает 4 листа плана масштаба 1:10000. Лист плана масштаба 1:10000 содержит 4 листа плана масштаба 1:5000, каждый из которых вмещает 4 листа плана масштаба 1:2000. Однако планы масштаба 1:5000 и крупнее могут создаваться и в условной местной системе плоских прямоугольных координат.

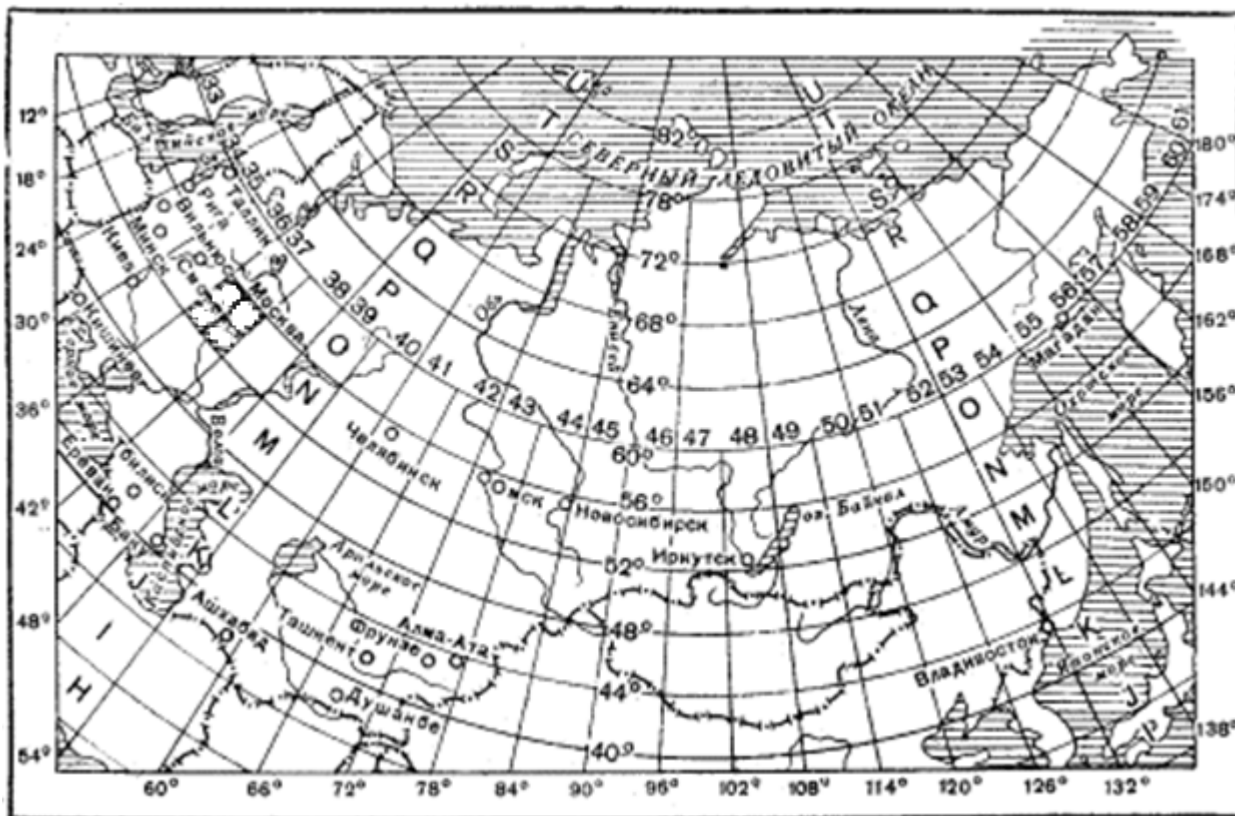


Рис. 8.2.2 Разграфка листов карты масштаба 1:1 000 000

В табл. 8.2.1 приведены данные для разграфки листа карты масштаба 1:1 000 000 на листы карт и планов больших масштабов.

Номенклатура листов карт и планов и размеры рамок трапеций




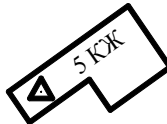

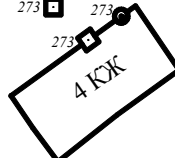









Масштаб карты (плана)	Кол-во листов исходного масштаба	Номенклатура последнего листа	Размеры рамок			Расстояние между линиями координатной сетки	
			по широте	по долготе	на плане, см	на плане, см	на местности, км
1:1 000 000	1	N-37				1	10
1:100 000	144	N-37-144	20'	30'		2	2
1:5 0000	4	И-37-144-Г	10'	15'		2	1
1:25 000	4	И-37-144-Г-г	5'	7',5		4	1
1:10 000	4	И-37-144-Г-г-4	2'30"	3'45"		10	1
1:5 000	4	N-37-144-(256)	145"	1'52",5	40 x 40	10	0,5
1:2 000	9	N-37-144-(256-и)	25"	37",5	50x50	10	ОД
1:1 000	4	256-и-IV			50 x 50	10	0.1
1:500	4	256-и-(16)			50 x 50	10	0.05

8.3 Условные знаки

Объекты местности изображаются на планах и картах **условными знаками**, которые можно разделить на две группы: масштабные, или контурные, и внемасштабные. *Масштабными условными знаками* изображаются контурные и линейные предметы местности, которые отражаются в масштабе плана или карты (например, леса, огороды, здания и тому подобное). Предметы же местности, которые не отражаются в масштабе плана или карты, изображаются *внемасштабными условными знаками* (например, геодезические знаки, провода линий электропередач и тому подобное).

Масштабные условные знаки изображают предметы подобно оригиналу, следовательно, по плану можно определить размеры таких предметов. Внемасштабные знаки определяют только точное местонахождение предметов и по ним невозможно определить точные размеры этих предметов. Существуют таблицы топографических условных знаков для топографических карт и планов разных масштабов. В таблице 8.3.1 изображены некоторые из них, связанные со строительством для планов масштаба 1:500.

Условные знаки

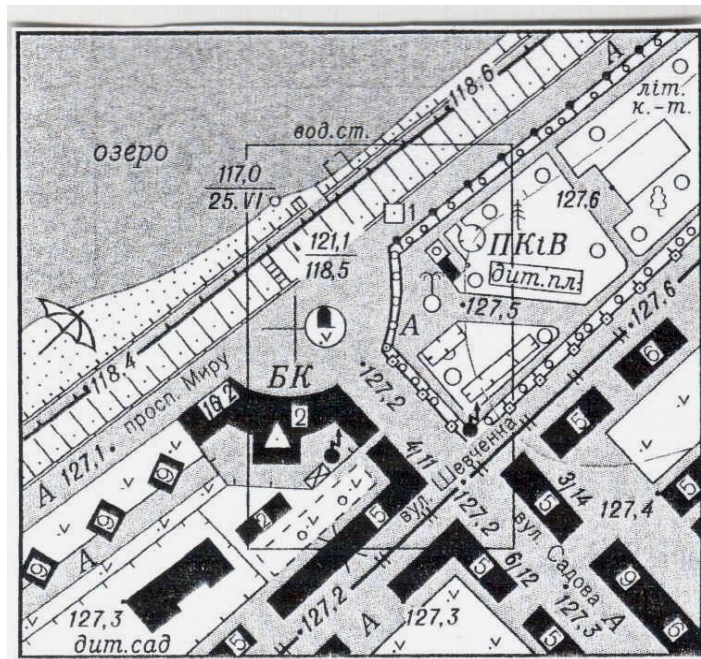
№	Название и характеристика объектов	Условные знаки
1	Пункты государственной геодезической сети (в числителе дроби - отметка центра, в знаменателе - отметка земли; слева от знака - название пункта)	Ставки  $\frac{277,02}{277,62}$ Озеро  $\frac{277,02}{277,62}$ Береза  $\frac{270,05}{270,62}$
2	Пункты государственной геодезической сети на зданиях (цифры и буквы - характеристики зданий)	 5 КЖ
3	Пункты геодезических сетей сгущения и их номера в стенах зданий (в числителе дроби - отметка центра, в знаменателе - отметка земли; слева - номер пункта)	77  $\frac{326,53}{326,92}$  4 КЖ $\frac{273}{273}$
4	Точки плановых съёмочных сетей: 1)длительного закрепление на местности; 2)временного закрепление на местности; 3)в стенах зданий; 4)на углах капитальных зданий (координатные углы)	18  $\frac{385,51}{385,60}$ 19  201,50  9 КЖ  5 КЖ
5	Пункты закрепления разбивочных сетей для строительства, поперечников и осей сооружений	35  $\frac{224,52}{224,10}$
6	Знаки нивелирные: 1)реперы фундаментальные (в числителе дроби - отметка головки, в знаменателе - отметка земли; слева - номер знака); 2)реперы грунтовые; 3)реперы грунтовые координированные; 4)реперы грунтовые строительные,	ф 28  $\frac{324,28}{325,30}$ 7  $\frac{349,80}{350,20}$ 219  $\frac{159,72}{160,10}$ крд. стр.2  $\frac{214,94}{215,30}$

<p>длительного закрепления;</p> <p>5)реперы и марки настенные;</p> <p>6)реперы временные</p> <p>7 Пересечение линий координатной сетки</p> <p>8 Здания жилые огнестойкие (кирпичные, каменные, бетонные, шлакобетонные и тому подобное):</p> <p>1)одноэтажные;</p> <p>2) многоэтажные (<i>цифры</i> - количество этажей, <i>буквы</i> - материал сооружения и назначения здания)</p> <p>9 Здания жилые неогнестойкие (деревянные, самановые, глинобитные):</p> <p>1)одноэтажные;</p> <p>2)многоэтажные</p> <p>10 Здания нежилые огнестойкие:</p> <p>1)одноэтажные;</p> <p>2) многоэтажные</p> <p>11 Здания нежилые:</p> <p>1)одноэтажные;</p> <p>2)многоэтажные</p> <p>12 Здания с разноэтажными частями</p> <p>13 Здания с колоннами вместо части или всего первого этажа</p> <p>14 Строящиеся здания</p> <p>15 Здания разрушенные и полуразрушенные</p> <p>16 Отмостка здания (<i>буквы</i> - материал покрытия) и номера домов. Отметки высот: полы первого этажа (внутри контура здания), вымощивания, земли или тротуара на углу дома</p>	<p>264</p> <p>4 КЖ</p> <p>врем.15 $\frac{617,96}{617,50}$</p> <p>+</p> <p>1) КЖ</p> <p>2) 3 КЖ</p> <p>2) 4 КЖ</p> <p>Ж 2 Ж</p> <p>3 КН 4 КН</p> <p>КН 2 КН</p> <p>5КЖ 9КЖ</p> <p>6 КЖ 6 КЖ</p> <p>3 КЖ</p> <p>стр.</p> <p>разв.</p> <p>2 КЖ ▼16,98 98 16,80 A</p>
--	--

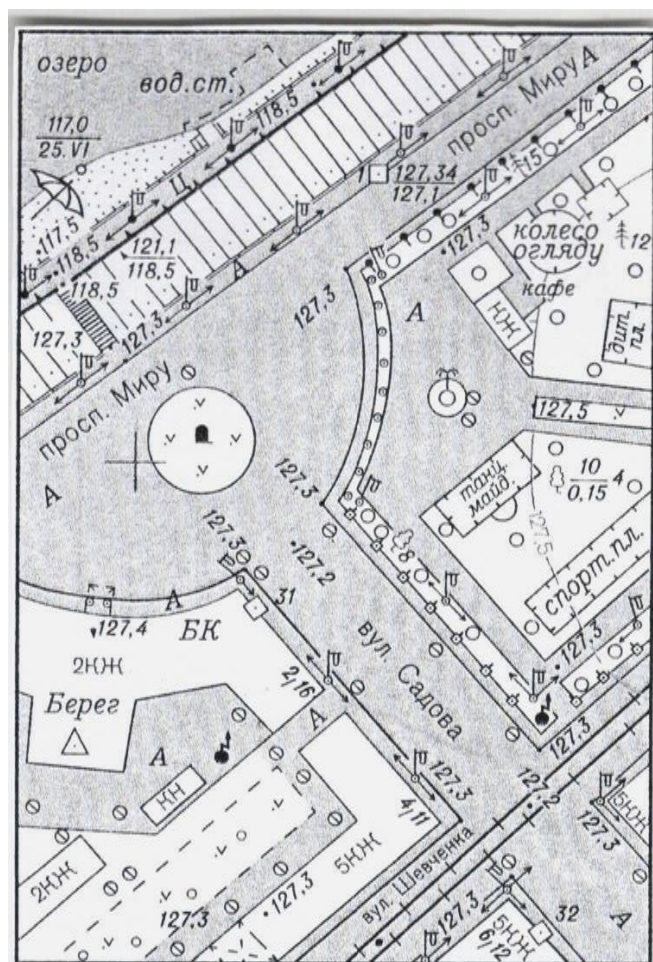
17	Въезды под арками	
18	Въезды на второй этаж (отметки высот внизу и наверху)	
19	Крыльцо закрытое: 1)каменное; 2)деревянное	
20	Крыльцо открытое, лестница наверх	
21	Входы открытые в подземные части зданий	
22	Входы закрытые в подземные части зданий	
23	Наземные части подземных сооружений	
24	Нависающие части домов, которые не имеют опоры (витрины, выступы и т.п.)	
25	Переходы между зданиями и галереи для транспортеров надземные (воздушные)	
26	Ниши и лоджии	
27	Балконы на столбах и опирающиеся на землю	
28	Веранды и террасы	
29	Навесы и перекрытия между домами	

30	Навесы для автомобильных весов	
31	Навесы 1) на столбах; 2) на подкосах и навесы-козырьки	<p>1)</p>  <p>2)</p> 
32	Приямки	
33	Колоннады	
34	Погреб и овощехранилища	 
35	Оранжереи, теплицы	
36	Парники	
37	Церкви, костелы, кирхи с куполами или без них: 1) каменные; 2) деревянные; 3) с двумя куполами одинаковой высоты	<p>1)</p>  <p>2)</p>  <p>3)</p> 
38	Памятники и монументы	

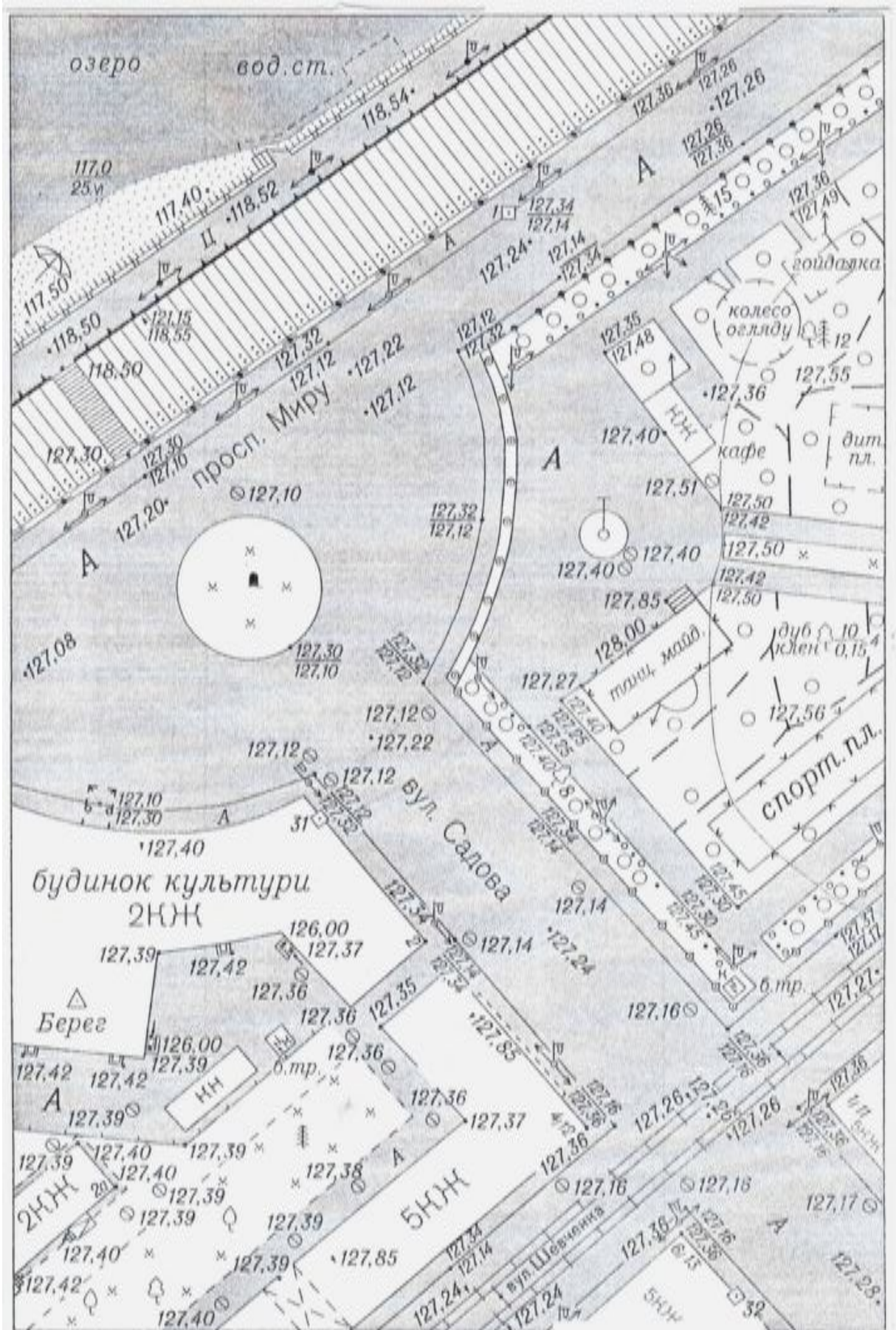
На рис. 8.3.1 изображены фрагменты планов разных масштабов.
а)



1:5 000

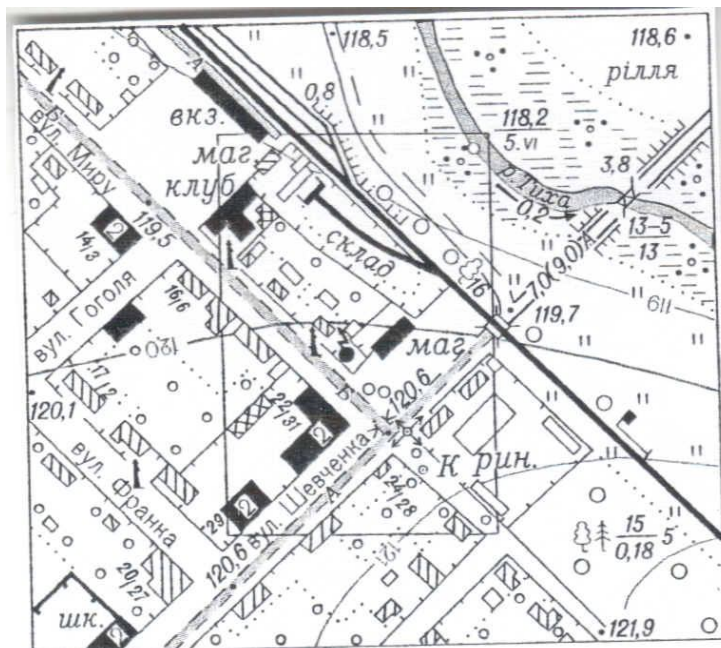


1:2 000

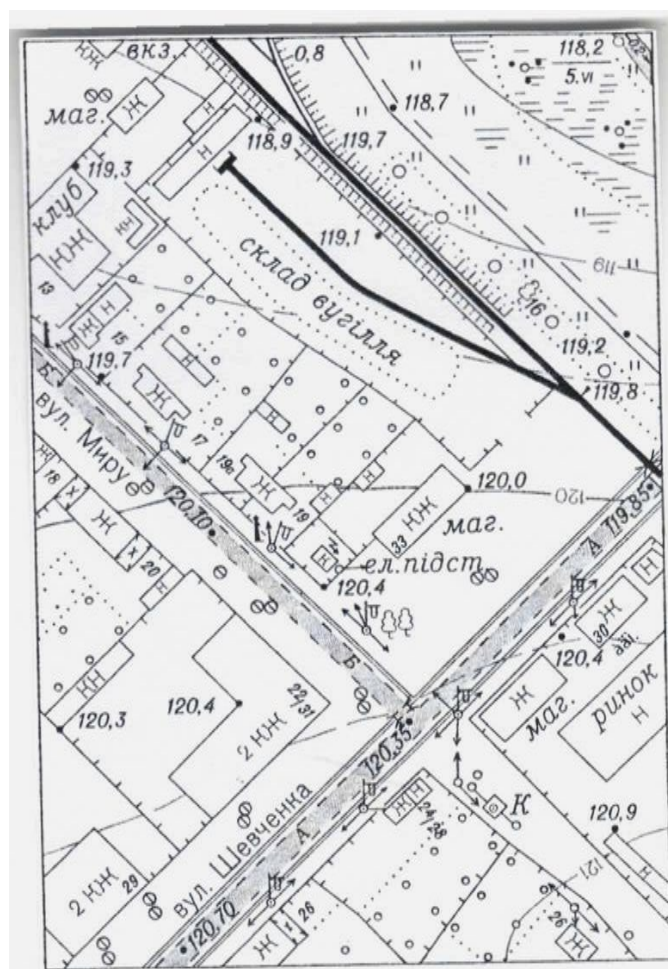


1:1 000

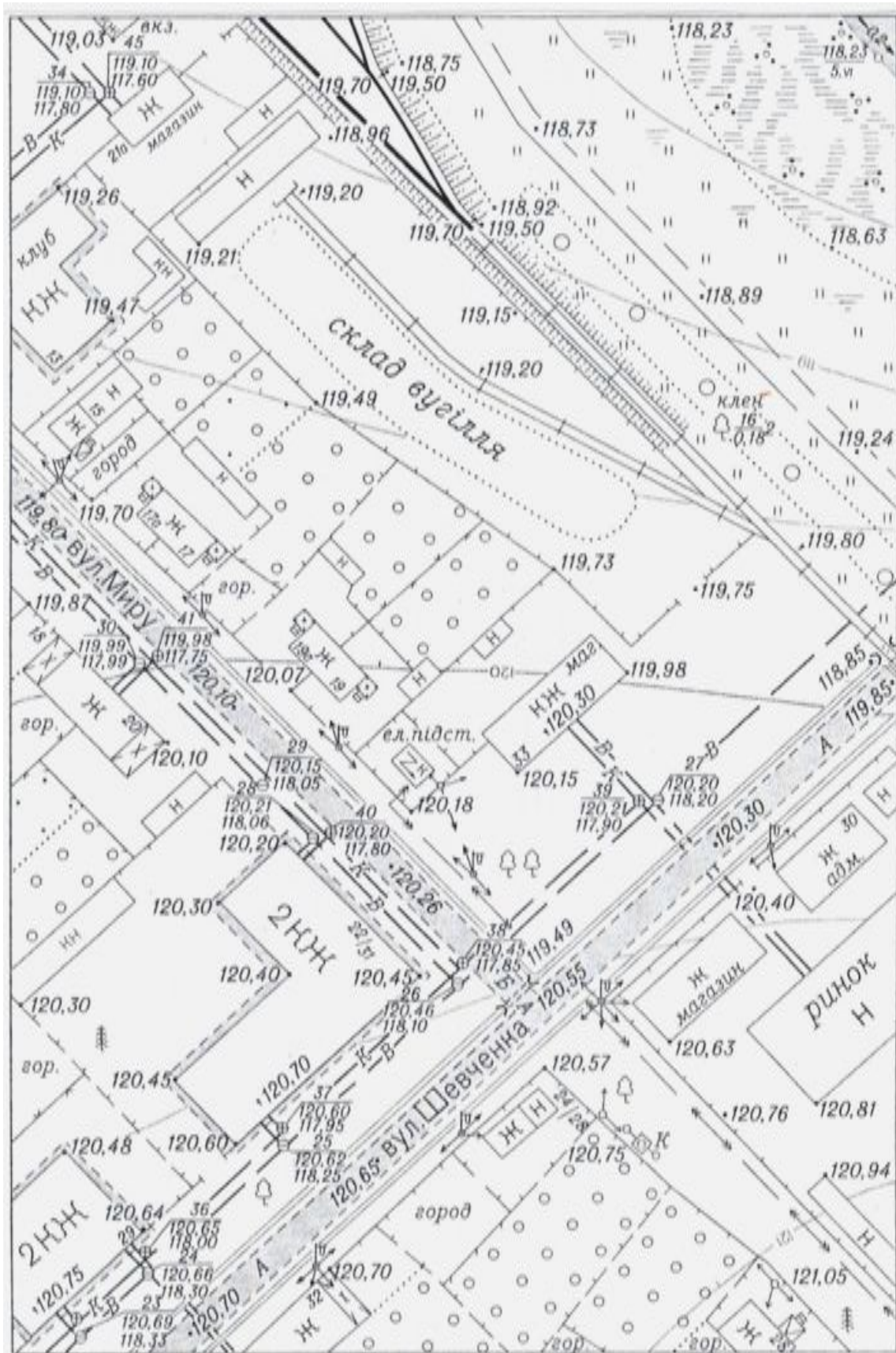
б)



1:5 000



1:2 000



1:1 000

Рис. 8.3.1 Примеры изображения населенных пунктов:

а) примеры изображения части города; б) примеры изображения поселка

Большое значение на картах и планах имеют пояснительные надписи, собственные названия, обозначенные буквами числовые данные – так называемые *пояснительные условные знаки*.

Трубопроводы показывают на топографических планах с подразделом на наземные (включая надводные), подземные и подводные. Наземные трубопроводы изображают сплошными линиями, другие – штриховыми с одинаковой длиной цепочек, проложенные над и под водой по голубому фону.

Недействующие и строящиеся трубопроводы изображают на планах (с подписью нед. или стр.) тогда, когда их положение на местности определено. Когда наземный трубопровод проходит над землей, добавляют изображение опор. Если трубопровод заключен в короб, то последний помечают двумя тонкими линиями по обе стороны знака наземного трубопровода и подписью, которая характеризует материал короба (бет., дер. и др.).

На трассах наземных трубопроводов при топографической съемке показывают компенсационные изгибы.

8.4 Изображение рельефа местности на планах и картах

Рельеф (фр. *relief*, от лат. *relevo* – «поднимаю») – это совокупность неровностей земной поверхности. В зависимости от рельефа местность подразделяется на равнинную, всхолмленную и горную.

Для изображения рельефа земной поверхности на картах и планах пользуются разными способами, в зависимости от назначения карты. На современных топографических планах и картах рельеф изображают способом отметок и горизонталей. На карте подписывают абсолютные отметки характерных точек рельефа (вершины повышенных форм рельефа, дна впадин, урезов воды и тому подобное) и относительные высоты сравнительно мелких форм рельефа (курганов, ям, обрывов, берегов). Особенности строения рельефа отображают способом горизонталей.

Горизонтали – это следы сечений земной поверхности равноудаленными уровнями поверхностями, то есть горизонталь – это линия, все точки которой имеют одинаковую отметку.

Геометрическую суть горизонталей поясним таким построением. Представим озеро, в середине которого поднимаются конусообразные подводные острова (рис. 8.4.1). Отметим береговую линию уреза воды. Будем повышать уровень воды одинаковыми ступеньками-уровнями. После каждой ступеньки береговой линии островов будут отвечать определенные замкнутые линии – горизонтали. Горизонтали обладают такими свойствами: это замкнутые кривые, которые не могут пересекаться; чем меньше расстояние между горизонталями, тем более крутой склон на местности.

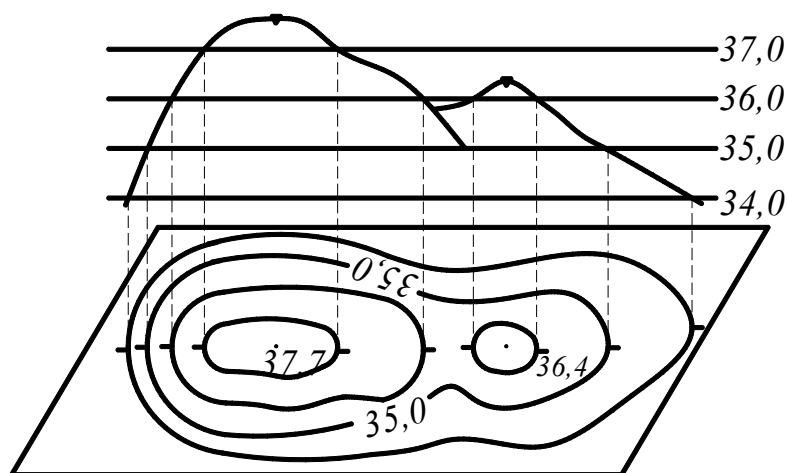


Рис. 8.4.1 Построение горизонталей

Расстояние между секущими поверхностями называется *высотой сечения рельефа* h_n , или просто *сечением рельефа*. В зависимости от масштаба карты или плана и характера рельефа земной поверхности пользуются разными сечениями рельефа. На планах, которые создаются в масштабе 1:10000, $h_c = 2,0$ м; 2,5 м и 5,0 м, 1:5000 – $h_c = 1$ или 2 м, 1:2000 и 1:1000 – $h_c = 0,5$ або 1 м, в масштабе 1:500 – $h_c = 0,25$ или 0,5 м.

Для изображения плоскоравнинной и равнинной местности используют меньшее сечение. Сечение рельефа увеличивается при изображении холмистых, горных и высокогорных районов. Такой выбор сечения рельефа основывается на связи его с заложением a и крутизной склона ν (рис. 8.4.2):

$$h_n = a \operatorname{tg} \nu, \quad (8.4.1)$$

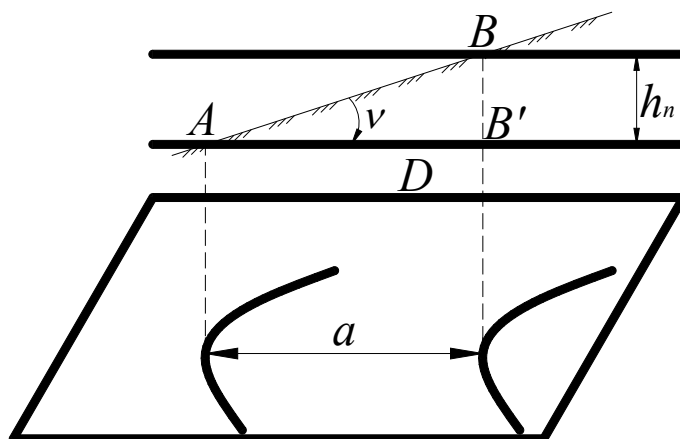


Рис. 8.4. 2 Определения элементов рельефа

Заложением a называется расстояние на плане между соседними горизонталями. Заложение не может быть меньше 0,2 мм в масштабе плана. При расчёте a исходят из больших значений v . На плане проводят не только основные горизонтали с сечением рельефа h_c , но и дополнительные полугоризонтали с сечением рельефа $0,5h_c$, четвертьгоризонтали с сечением рельефа $0,25h_c$, а также вспомогательные – с произвольным сечением рельефа. Дополнительные горизонтали проводят в случае больших заложений (свыше 2 см) для лучшей характеристики рельефа. Вспомогательные горизонтали используют, главным образом, для характеристики режима водоемов, с их помощью изображают разливы рек.

Горизонтали с отметками, кратными $5h_c$, утолщают и подписывают в местах разрыва их плавного хода. Верх подписи горизонтали всегда направлен на повышение. На крутых поворотах горизонталей направление склона показывают бергштрихами (от нем. *Berg* – гора, *Strich* – «черта», «линия»). Горизонтали обозначают коричневым цветом. Если основные горизонтали – это непрерывные замкнутые линии, то дополнительные горизонтали чертят пунктиром (от нем. *punktieren* – «отмечать точками», от лат. *punctum* – «точка») и обрывают в местах, где заложение меньше 2 см.

Проводят горизонтали по достаточно густой (через 1-2 см на плане) сети точек земной поверхности, отметки которых известны из топографической съемки (рис. 8.4.3).

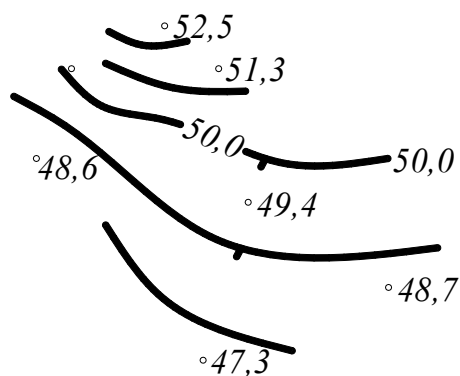


Рис. 8.4.3 Точки с отметками и горизонталы

Эта сеть должна характеризовать скелет рельефа: его характерные линии – *водораздел*; *тальвег* (от нем. *Talweg*: *Tal* – «долина» и *Weg* – «дорога») – линия, которая соединяет самые низкие точки дна речной долины, оврага, балки и т.п.; *подошву* горы, бровки и т.п. и точки (вершину горы, дно впадины и т.п.). Далее на плане сохраняют отметки лишь некоторых точек, поскольку горизонталы почти полностью передают скелет рельефа и большинство его элементов. Для обозначения элементов рельефа, которые не изображаются горизонталями (котлованы, скалы, обрывы, карьеры и др.), пользуются топографическими условными знаками.

8.5 Топографические планы для изысканий и проектирования инженерных сооружений

При изысканиях и проектировании инженерных сооружений используют топографические карты и планы разных масштабов. Мелкомасштабные карты используют для технико-экономического обоснования проекта сооружения. По планам среднего масштаба выполняют предварительные изыскания и проектирование. Крупномасштабные планы являются топографической основой для окончательного проектирования всех видов инженерных сооружений.

Для детальной разработки проектов в период окончательных изысканий выполняют крупномасштабные топографические съемки и составляют так называемые *планы изысканий*.

Эти планы имеют свои особенности. В отличие от государственных топографических планов, которые используются в течение длительного времени, планы изысканий служат только в период проектирования и

строительства сооружений. По окончании строительства изменяются элементы предыдущей ситуации и рельефа, возникает необходимость проведения новых съемок на площади застройки - исполнительных съемок.

Поэтому при составлении крупномасштабных планов изысканий к ним предъявляют требования с учетом особенностей конструкции и проектирования сооружений. Так, на застроенных территориях с высокой точностью определяют местоположение капитальных зданий, повышают точность высотной основы и детальность изображения рельефа.

Планы изысканий должны быть точными с детальным изображением ситуации и рельефа местности и отличаться полнотой.

Выбор масштабов планов изысканий определяется: стадией проектирования; сложностью решения проектных задач, связанных с решением их на плане; сложностью ситуации и рельефа местности; условиями использования существующей застройки, наглядностью выполненных проектов; точностью проектирования и вынесения в натуру проекта сооружений.

Топографические планы являются основой для составления генерального плана строительства, детального размещения его основных элементов и других задач проектирования. При проектировании на застроенной территории учитывают существующую капитальную застройку, дороги подземные и наземные инженерные сети (водопроводную, канализационную, электрическую и др.). Поэтому требования к составлению топографических планов повышаются. На незастроенной территории, или площадке с малоценной застройкой требования относительно точности, детальности и полноты могут быть несколько снижены, а масштаб - более мелким.

Используя топографический план как основу строительного проектирования, составляют *генеральный план*. Это крупномасштабный план, на котором показан весь комплекс наземных и подземных зданий и сооружений.

На генеральном плане города показывают все существующие и проектируемые здания, сооружения, дороги и тому подобное. Генеральный план промышленных предприятий содержит в себе: основные производственные и вспомогательные здания, энергетическое оборудование (трансформаторы, подстанции и тому подобное), административно-хозяйственные и бытовые здания; склады, транспортные сооружения, инженерные сети и т.д. Положение зданий и сооружений на генеральном плане определяется координатами точек осей и отметками основных монтажных горизонтов.

Отдельным видом генерального плана является ***строительный генеральный план***. На нем, кроме только что названных элементов генерального плана, указывают все вспомогательные и временные производственные здания, транспортные пути, инженерные сети, склады и др.

Запроектированные на бумаге сооружения нужно построить на местности в строгом соответствии с их положением на генеральном плане относительно существующих сооружений и пунктов геодезических сетей в плане и по высоте. Кроме того, необходимо выполнить вертикальную перепланировку участка строительства согласно проекту.

Поэтому в состав генерального плана входят и документы, разработанные геодезистами:

- *разбивочный чертеж* с указанием координат точек пересечения главных и основных осей проездов, точек поворота транспортных устройств, сетей подземных и надземных коммуникаций;

- *план вертикальной планировки* строительной площадки с картограммой земляных масс и профилями внешних и внутренних железнодорожных и безрельсовых путей.

9 ПЛАНОВАЯ И ВЫСОТНАЯ ОСНОВА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

Геодезическая съёмочная основа, созданная на строительной площадке в период изысканий, по своей точности и густоте размещения пунктов сети обеспечивает выполнение топографической съёмки в масштабе, необходимом для проектирования сооружения.

Инженерно-геодезические разбивочные работы в период строительства выполняются с наивысшей точностью. Поэтому на строительной площадке к началу строительных работ создаётся плановая и высотная основа наивысшей точности и с большей густотой пунктов. Ее называют *геодезической разбивочной основой* или специальной сетью сгущения.

Форма и точность сети зависят от типа и размеров сооружения, его конструкции и необходимой точности соблюдения геометрических параметров. Сеть может развиваться на основе пунктов государственных сетей или самостоятельно, в условной системе. Она должна обеспечить точность измерений в плановом и высотном отношениях при выполнении всех видов инженерно-геодезических работ по вынесению на местность комплекса зданий, сооружений и инженерных коммуникаций.

Геодезическая разбивочная основа на строительной площадке создается в виде сети закрепленных пунктов. При этом должна быть обеспечена связь с пунктами государственной геодезической сети, сетей местного значения, а также пунктами сетей, которые создаются при изысканиях.

Проектирование и создание сети должно выполняться в порядке и в сроки, которые отвечают стадиям проектирования и очередности строительства сооружений. Проект сети складывается на основе разработанного генерального плана объекта строительства.

Геодезическую разбивочную основу в плане создают методами: триангуляции, трилатерации, полигонометрии и теодолитных ходов. При строительстве промышленных предприятий ее создают в виде строительной сети (сетки), линии которой прокладывают параллельно планировочным осям проектируемых зданий и сооружений.

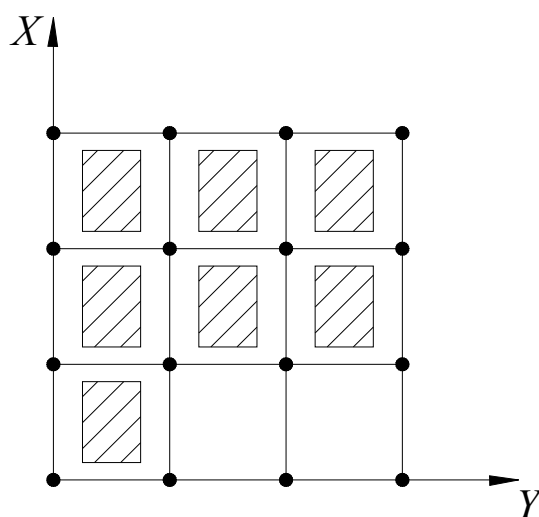


Рис. 9.1 Строительная сетка

При отсутствии на площадке пунктов государственной сети, а также на больших участках застройки могут создаваться свободные (локальные) сети в условной системе координат и высот.

Высотную разбивочную основу создают методом геометрического нивелирования в виде замкнутых и разомкнутых нивелирных ходов так, чтобы отметки пунктов были получены не меньше, чем от двух реперов государственной геодезической сети, или сети местного значения. Пункты высотной сети, в основном, совмещают с пунктами плановой сети.

Геодезическую разбивочную основу разделяют на внешнюю и внутреннюю. *Внешняя геодезическая основа* создается и закрепляется вне здания или сооружения. Она служит для выполнения строительных работ *нулевого цикла*: планирование строительной площадки, упорядочивание котлована, возведение фундаментов до отметки **строительного нуля**. Этот этап называют *возведением подземной части здания*.

Внутренняя геодезическая разбивочная основа развивается от пунктов внешней геодезической основы. Ее пункты закрепляются на уровне пола первого этажа. Взаимное положение пунктов внутренней основы должно быть получено, как правило, с точностью более высокой, чем пунктов внешней основы. Для этого выполняют геодезические измерения повышенной точности. Созданные на нулевом горизонте геодезические разбивочные сети называют *базисными*. Схема

базисных сетей зависит от конфигурации здания (рис.9.1.2). В базисных сетях измеряют все углы и линии, поэтому их называют *линейно-угловыми*.

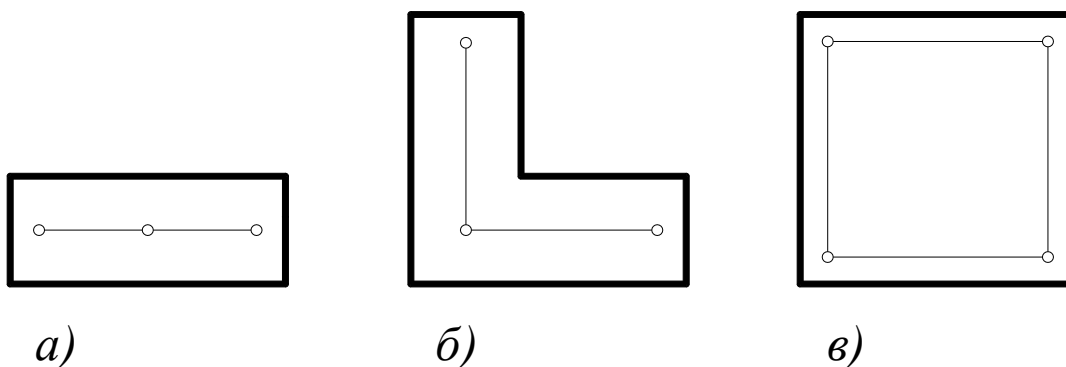


Рис. 9.2 Самые простые базисные сети

При монтаже пункты базисных сетей переносят на расположенные выше монтажные горизонты. Сеть, которая образована пунктами всех монтажных горизонтов, называется *пространственной геодезической сетью*.

Допустимые средние квадратические погрешности (точность) построения геодезической разбивочной сети строительной площадки приведены в табл. 9.1, а допуски установки элементов конструкций здания (сооружения) в проектное положение – в табл. 9.2 (согласно ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи в будівництві»).

Геодезическую разбивочную основу создают с перспективой ее использования при эксплуатации сооружения (исследование деформаций), его расширения и реконструкции.

Характеристика точности построения геодезической разбивочной сети

№ п./п.	Характеристика объектов строительства	Средние квадратические погрешности построения геодезической разбивочной сети строительной площадки, не более		
		Угловые измерения	Линейные измерения	Нивелирование на 1 км двойного хода, мм
1	Предприятия и группы зданий (сооружений) на участках площадью больше чем 1 км ² ; отдельно расположенные здания (сооружения) площадью застройки более чем 100 тыс. м ²	3"	2 мм для L до 50 м, $\frac{L}{25000}$ для L более 50 м	3 (по программе II класса в соответствии с инструкцией по нивелированию)
2	Предприятия и группы зданий (сооружений) на участках площадью меньше чем 1 км ² ; отдельно расположенные здания (сооружения) площадью застройки от 10 до 100 тыс. м ²	5"	5 мм для L до 50 м, $\frac{L}{10000}$ для L более 50 м	5 (по программе III класса в соответствии с инструкцией по нивелированию)
3	Отдельно расположенные здания (сооружения) с площадью застройки менее 10 тыс. м ² ; дороги, инженерные сети в пределах территорий, которые застраиваются	10"	10 мм для L до 50 м, $\frac{L}{5000}$ для L более 50 м	10 (по программе IV класса в соответствии с инструкцией по нивелированию)
4	Дороги, инженерные сети территорий, которые не застраиваются; земляные сооружения, а также вертикальное планирование	30"	25 мм для L до 50 м, $\frac{L}{2000}$ для L более 50 м	20 (по программе технического нивелирования)
Примечание. L – измеряемая длина.				

Характеристика точности построения геодезической разбивочной сети здания (сооружения)

Характеристика зданий, сооружений, строительных конструкций	Средние квадратические погрешности построения внешней и внутренней геодезических разбивочных сетей здания (сооружения) и других разбивочных работ, не более				
	Линейные измерения	Угловые измерения	Нивелирование на станции на исходном и монтажном горизонтах, мм	Передача отметок на монтажный горизонт относительно исходного, мм	Передача точек и осей по вертикали, мм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Металлические конструкции с фрезерованными контактными поверхностями; сборные железобетонные, которые монтируются (<i>щитов</i>) методом самофиксации в узлах; здания и сооружения высотой более 100 м или с пролётами от 30 м до 36 м	1 мм для L до 15 м, $\frac{L}{15000}$ для L более 15м	5"	1	$2 + 10 \times H$	$1 + 2 \times H$
Дома выше 15 этажей; здания и сооружения высотой от 73,5 м до 100 м или с пролётами от 18 м до 30 м	2 мм для L до 20 м, $\frac{L}{10000}$ для L более 20м	10"	2	$4 + 15 \times H$	$2 + 3 \times H$
Дома до 15 этажей; здания и сооружения высотой до 73,5 м или с пролётами от 6 м до 18м	3 мм для L до 15 м, $\frac{L}{5000}$ для L более 15м	15"	3	$6 + 20 \times H$	$3 + 5 \times H$
Дома до 5 этажей; здания и сооружения высотой до 15 м	4 мм для L до 20 м, $\frac{L}{5000}$ для L более 20м	30"	5	$10 + 50 \times H$	$5 + 10 \times H$

Примечание 1. Величины средних квадратических погрешностей (колонки 2-4) назначаются в зависимости от наличия одной из характеристик, указанных в колонке 1; при наличии двух и более характерных величин средних квадратических погрешностей назначаются по той характеристике, которой соответствует более высокая точность.

Примечание 2. Точность геодезических построений при строительстве высотных, экспериментальных, уникальных и сложных объектов и монтаже фундаментов технологического оборудования следует определять расчётами на основе специальных технических условий и с учётом особых требований к допускам, предусматриваемых проектом.

Примечание 3. H – разность отметок двух любых монтажных горизонтов, выраженная в сотнях метров (100м=1).

10 ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОЕКТОВ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ

Вертикальная планировка – это перепланирование существующего рельефа для обеспечения нормальных условий эксплуатации осваиваемой территории. В зависимости от особенностей объекта к вертикальному планированию предъявляется много требований. Для большинства объектов транспортного, промышленного, гражданского и жилищного строительства целью вертикального планирования является обеспечение поверхностного стока осадков, выпадающих на землю. А например, при выращивании риса поле заливают равномерным слоем воды толщиной 10...15 см, для чего необходимо планирование горизонтальной, а не наклонной, площади.

Кроме учета уклонов к расчетным характеристикам вертикального планирования относится требование минимального перемещения земли на осваиваемую территорию или с нее. Иногда ставится также требование, чтобы объемы выемок и насыпей были одинаковыми, то есть, чтобы был достигнут баланс земляных работ при планировочных работах.

Отметки территории застройки, которые проектируют, увязывают с существующими отметками. Для сохранения естественной среды и уменьшения объемов земляных работ при вертикальном планировании проектирование выполняют с максимальным приближением проектных отметок H_n к существующим H_3 .

В зависимости от местных условий и вида поверхности проектирование вертикального планирования выполняют методами отметок, проектных горизонталей, профилей или комбинацией этих методов. Все геодезические расчеты по составлению проекта вертикального планирования сводятся к определению рабочих отметок образуемого рельефа (насыпей и выемок):

$$h_p = H_{II} - H_3. \quad (10.1)$$

Для вертикального планирования выполняют такие работы:

- топографическая съемка земной поверхности с достаточной для проектирования точностью;
- проектирование вертикального планирования;
- геодезические работы по вынесению проекта вертикального планирования в натуру и обслуживанию строительных работ при планировании.

Съемку открытой поверхности для составления проектов вертикального планирования чаще всего выполняют методом нивелирования по квадратам или по прямоугольникам. Для этого на местности разбивают сетку геометрических фигур со сторонами длиной 10...20м, и геометрическим нивелированием через горизонт инструмента ГИ определяют отметки их вершин.

В пересеченной и полузакрытой местностях съемку выполняют нивелированием вдоль профилей, равномерно разбитых на снимаемой территории. При необходимости продольные профили сгущают поперечными. Геометрические фигуры и профили привязывают к опорным геодезическим сетям.

На закрытой пересеченной и застроенной территориях, где невозможно разбить квадраты или равномерно проложить профили, отметки точек земной поверхности определяют тахеометрической съемкой или снимают графически по крупномасштабному топографическому плану. Невзирая на сравнительно меньшую точность графического определения отметок точек по планам, это определение часто используют на практике в связи с его исключительной оперативностью.

В зависимости от необходимой точности получения проектных отметок проектирование выполняют графическим, аналитическим или графоаналитическим способом. Чаще всего применяют *графоаналитический способ*, в котором совмещается точность аналитического и оперативность графического способов.

Согласно формуле 10.1, положительные рабочие отметки отвечают насыпи, отрицательные - выемке. Точки, в которых отметки земли совпадают с проектными, называются *точками нулевых работ* (то есть отсутствуют и срезка, и подсыпка). Линии, которые соединяют точки

равных высот насыпей и равных глубин выемок, называются *изорабами* (от гр. – одинаковая работа). Отдельный вид изорабы – это *линия нулевых работ*, соединяющая точки нулевых работ (рис.10.1).

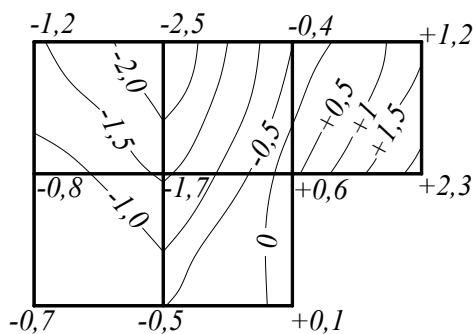


Рис. 10.1 Схема построения изораб через 0,5м

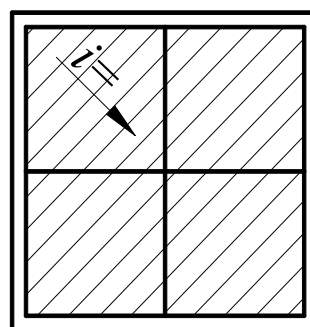


Рис. 10. 2 К проектированию вертикального планирования по методу проектных горизонталей:
 i – проектный уклон

Для проекта вертикального планирования чаще всего применяют метод *проектных горизонталей*, который заключается в проведении на плане соответствующего масштаба горизонталей, изображающих проектный рельеф. Сечение в зависимости от проектных уклонов поверхности, которая планируется, принимают небольшим, оно равняется 0,10...0,50м (рис.10.3).

При необходимости более точного определения отметок, например при небольших уклонах, проектные отметки задаются *аналитически* в виде отметки исходной точки и показателей уклонов в двух взаимно перпендикулярных направлениях, параллельных координатным осям или сторонам квадратов (рис.10. 3).

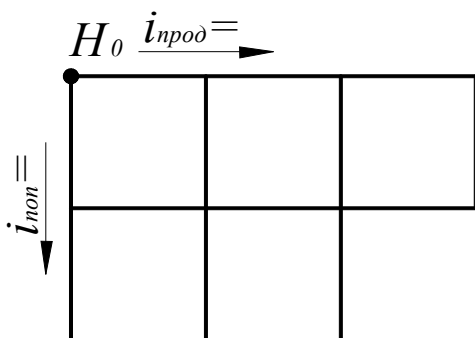


Рис. 10. 3 К определению проектных отметок наклонной плоскости через продольный и поперечный проектные уклоны

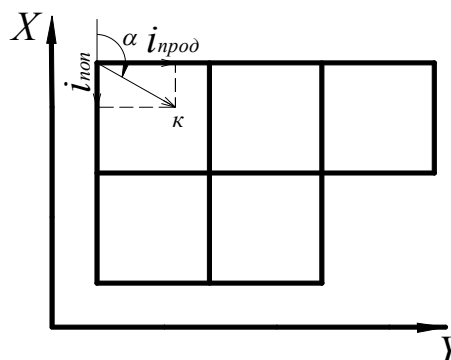


Рис. 10. 4 Переход от общего проектного уклона к продольному и поперечному по осям

Графическое расположение на плане насыпей и выемок называется *картограммой земляных работ*. Построение картограммы начинают с вычерчивания сетки квадратов и вынесения на нее отметок земной поверхности в вершинах квадратов. Проектная отметка любой точки K определяется относительно проектной отметки исходной точки по формуле:

$$H = H_0 + i_{\text{прод}}d_{\text{прод}} + i_{\text{поп}}d_{\text{поп}} \quad (10.2)$$

где H_0 – отметка исходной точки проектной плоскости планирования;

$i_{\text{прод}}$, $i_{\text{поп}}$ – проектные уклоны в направлении соответственно продольном и поперечном;

$d_{\text{прод}}$, $d_{\text{поп}}$ – расстояние от исходной к точке K , которое определяется в направлениях соответственно продольном и поперечном.

Если задан один общий уклон плоскости i под дирекционным углом α (рис.10.4), то сначала его разделяют на продольный и поперечный проектные уклоны:

$$\begin{aligned} i_{\text{прод}} &= i \sin \alpha; \\ i_{\text{поп}} &= i \cos \alpha. \end{aligned} \quad (10.3)$$

Для каждой вершины по формуле 10.2 определяют проектные отметки, а по формуле 10.1 - рабочие. Если в точках, расположенных рядом, рабочие отметки имеют противоположные знаки, то между ними находится точка нулевых работ. Это точка, в которой проектная линия пересекает существующий рельеф, ее положение определяют аналитически, вычисляя расстояние от одной из вершин фигуры (рис.10.5)

$$l = \frac{h_n}{h_n + h_e} L. \quad (10.4)$$

где h_n, h_e – рабочие отметки соседних вершин (насыпи и выемки);

L – длина стороны между этими вершинами.

Для практических целей точку нулевых работ достаточно определить графически. Для этого перпендикулярно к стороне, на которой определяется точка нулевых работ, в вершинах откладывают в произвольном масштабе в противоположных направлениях рабочие отметки. Точка пересечения линии, которая соединяет вершины

построенных перпендикуляров со стороной квадрата, укажет положение нуля земляных работ (рис.10.5).

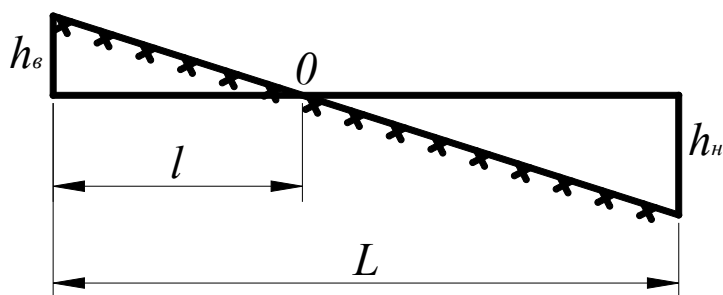


Рис. 10. 5 К определению точки нулевых работ

Соединяя соседние точки нулевых работ, получают линию нулевых работ, которая разделяет всю площадь на зоны выемок и насыпей (рис.10.6).

Для наглядности построенную картограмму земляных работ раскрашивают двумя цветами (насыпь – красным, выемку – желтым) или разной штриховкой (насыпь – вертикальной, выемку – горизонтальной).

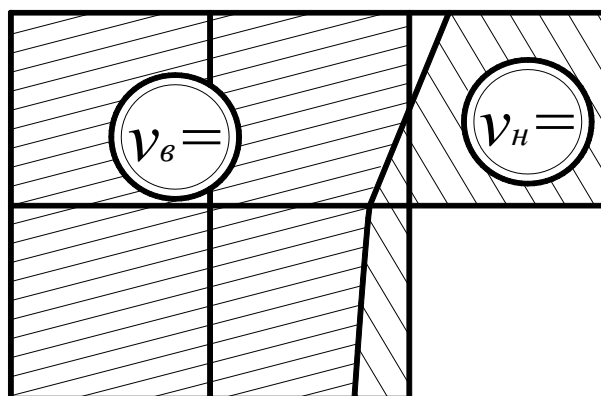


Рис. 10.6 Картограмма земляных работ

В зависимости от местонахождения линии нулевых работ квадраты различают: однородные (полные) и неоднородные (смешанные). В однородных знаки рабочих отметок всех вершин квадрата одинаковы, то есть по всему квадрату должна быть или срезка, или подсыпка. В неоднородных квадратах знаки рабочих отметок вершин не совпадают и такой квадрат делится линией нулевых работ на участки насыпи и выемки.

Для отдельного однородного квадрата объем земляных работ $V_{од}$ можно определить как объем призмы, которая имеет площадь

основания, равняющейся площади P квадрата, и высоту, которая равняется среднему арифметическому из рабочих отметок всех четырех углов:

$$V_{од} = P \frac{h_1+h_2+h_3+h_4}{4}, \quad (10.5)$$

где h_1, h_2, h_3, h_4 – рабочие отметки вершин квадрата.

Для ускорения расчета объема земляных работ по всем однородным квадратам одного знака его вычисляют сразу для всей площади, занятой этими квадратами:

$$V = P \frac{\sum h_1 + 2\sum h_2 + 3\sum h_3 + 4\sum h_4}{4}, \quad (10.6)$$

где $\sum h_i$ – сумма рабочих отметок вершин квадратов, общих с другими квадратами;

$2\sum h_2 + 3\sum h_3 + 4\sum h_4$ – суммы рабочих отметок вершин квадратов, единых для двух, трёх и четырёх квадратов.

Объемы земляных работ в неоднородных квадратах определяют после раздела такого квадрата линией нулевых работ на отдельные фигуры – треугольники, трапеции, прямоугольники и др.

Объем работ в таких отдельных фигурах:

$$V_q = P_q h_{cp}. \quad (10.7)$$

где P_q – площадь отдельной фигуры;

h_{cp} – средняя рабочая отметка отдельной фигуры (в расчет средней отметки включаются все точки, в том числе и точки нулевых работ).

При проектировании вертикального планирования для сохранения баланса земляных работ находят геометрический центр участка. Плановое положение центра тяжести определяют графически. Он лежит на пересечении линий, которые соединяют центры тяжести элементарных участков, составляющих общий участок (рис.10.7).
Отметка центра тяжести участка:

$$H_{ц.в.} = H_{min} + \frac{\sum h'_1 + 2\sum h'_2 + 3\sum h'_3 + 4\sum h'_4}{4n}, \quad (10.8)$$

где H_{min} – наименьшая из черных (фактических) отметок вершин квадратов, округлённая до метров;

$\sum h'_1, \sum h'_2, \sum h'_3, \sum h'_4$ – сумма условных отметок вершин, которые принадлежат соответственно одному, двум, трем и четырем квадратам;

n – количество квадратов.

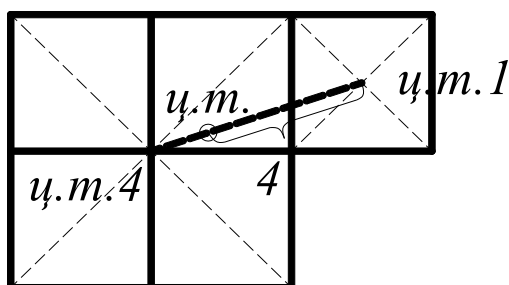


Рис. 10. 7 Схема определения центра тяжести участка графическим способом

Условные отметки вершин квадратов:

$$h'_k = H_k - H_{min}, \quad (10.9)$$

где H_k – отметка земли в k -й вершине квадратов, $k = 1, 2, 3, \dots$

Если на территории участка, который планируется, предусмотрено строительство сооружений, то необходимо дополнительно учесть объем почвы, которая будет вынута из котлована. Для возобновления нулевого баланса находят поправку к исходной проектной отметке.

11 ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ

11.1 Задание и содержание геодезических разбивочных работ

Геодезические разбивочные работы предшествуют всем видам строительных работ, сопровождают их и завершают строительство зданий и сооружений. Они являются составной частью всех технологических операций строительного производства. Разбивочные работы заключаются в вынесении на местность проекта зданий, сооружений и установлении в проектное положение элементов конструкций. Этим достигается возведение зданий и сооружений в соответствии с формами и размерами, приведенными в проекте.

Различают основные и детальные геодезические разбивочные работы. В свою очередь они разделяются на плановые и высотные.

Основные плановые разбивочные работы заключаются в создании на строительной площадке геодезической разбивочной основы и вынесении на местность положения главных или основных осей сооружений. Разбивка осей комплекса сооружений, группы зданий, промышленных сооружений и т.п. выполняется от пунктов плановой геодезической основы, которые есть на строительной площадке. Вынесение на местность осей отдельных жилищных и общественных зданий в районе существующей застройки или отдельных зданий на территории действующего промышленного предприятия иногда осуществляют от твердых местных предметов и контуров (зданий, дорог, столбов ЛЭП и т.п.). От местных предметов и контуров разрешается выносить главные оси линейных сооружений: дорог, каналов, линий ЛЭП, трубопроводов и др.

Детальные плановые геодезические разбивочные работы заключаются в вынесении основных осей (если раньше были вынесены главные), детальных монтажных осей, а также других видов работ для определения в плане положения частей и элементов конструкций относительно этих осей. Однако, это не охватывает все возможности вынесения детальных осей от пунктов геодезической основы.

Практически используют все имеющиеся возможности для того, чтобы установить элементы строительных конструкций в проектное положение с заданной точностью.

Основные высотные разбивочные работы заключаются в вынесении на территорию строительной площадки основных высотных реперов. Отметки их определяют от реперов государственных или специальных геодезических сетей. Вблизи сооружаемого здания устанавливают реперы на уровне *строительного нуля*. **Строительный нуль** - это отметка чистого пола первого этажа. От него определяются отметки всех точек здания. Точки, расположенные выше *строительного нуля*, имеют отметки со знаком «+», расположенные ниже – со знаком «-».

Детальные высотные разбивочные работы заключаются в установлении по высоте элементов конструкций зданий и сооружений в процессе монтажа. Их выполняют от основных высотных реперов или *строительных нулей*. На монтажных горизонтах (перекрытиях этажей) их выполняют относительно рабочих реперов. Рекомендуется рабочие реперы устанавливать на проектную отметку монтажного горизонта. Если при монтаже уровень верха конструкций монтажного горизонта несколько завышен, то за отметку рабочего репера принимают наивысшую точку конструкции в пределах монтажного горизонта.

Часто вынесение на местность точек или элементов конструкций сооружений выполняется одновременно в плане и по высоте.

По своему содержанию геодезические разбивочные работы противоположны измерению при съемке местности. При съемке по результатам измерений составляют топографические карты, планы и профили. Во время разбивки по проектным планам и профилям определяют на местности положение осей и других, необходимых для строительства, точек сооружений. Поэтому методы разбивочных работ отличаются от методов съемки местности, хотя и имеют одинаковые названия. Кроме того, точность разбивочных работ намного более высокая.

Для проведения геодезических разбивочных работ на стадии разработки проекта сооружения выполняют инженерно-геодезическое

проектирование или геодезическую подготовку вынесения в натуру проекта сооружения. На этой стадии составляют разбивочные чертежи со всеми данными для вынесения на местность проекта сооружения.

Вынесение проекта сооружения заключается в определении на местности характерных точек осей сооружения. Для этого на местности строят проектные углы, откладывают проектные расстояния и выносят проектные превышения (отметки). Геодезические работы, связанные с вынесением на местность угла, линии и превышения состоят из *элементов геодезических разбивочных работ*.

Разбивочные работы выполняются в такой же последовательности, как и геодезические - от общего к частному. Однако точность работ от этапа к этапу не снижается, а повышается. *Общий порядок разбивки сооружений* таков:

1. *Вынесение и закрепление на местности точек главных или основных осей сооружений*. Точность работ при этом разная. На промышленных площадках и других инженерных сооружениях, где здания и сооружения отвечают логическим процессам производства, точность разбивочных работ зависит от принятого способа проектирования, погрешностей геодезической подготовки проекта и точности требуемой технологической связи. Иногда при строительстве отдельных зданий точность вынесения отвечает графической точности масштаба генерального плана ($\Delta r = 0,2\text{мм} \cdot M$, где M - знаменатель численного масштаба плана).

2. *Детальная разбивка сооружения*. Выполняется от ранее вынесенных главных и основных осей. В зависимости от стадии выполнения строительных работ разбивают продольные и поперечные оси деталей, блоков и закладных частей, устанавливают маяки на монтажных горизонтах. Определяют плановое и высотное положение всех характерных точек, поперечников, строительных конструкций.

Точность геодезических измерений при детальной разбивке берут из табл. 9.1 или устанавливают расчетами.

3. *Разбивка монтажных осей и установка в проектное положение технологического оборудования промышленных сооружений*. На этом

этапе, как правило, выполняют геодезические измерения наивысшей точности. Она устанавливается проектом монтажа оборудования.

11.2 Классификация осей зданий и сооружений

При строительстве зданий и сооружений на местность выносят их оси. Относительно осей устанавливают элементы конструкций в проектное положение. План разбивки осей входит в состав рабочих чертежей проекта. На нем показывают: главные, основные и детальные или промежуточные оси.

Все оси зданий и сооружений разделяют на продольные и поперечные оси. *Продольные оси* размещают вдоль большей стороны здания. На рабочих чертежах их обозначают буквами А-А, Б-Б и так далее. Поперечные оси размещают перпендикулярно продольным осям и обозначают цифрами 1-1, 2-2 и т.д. (рис.11.1.1)

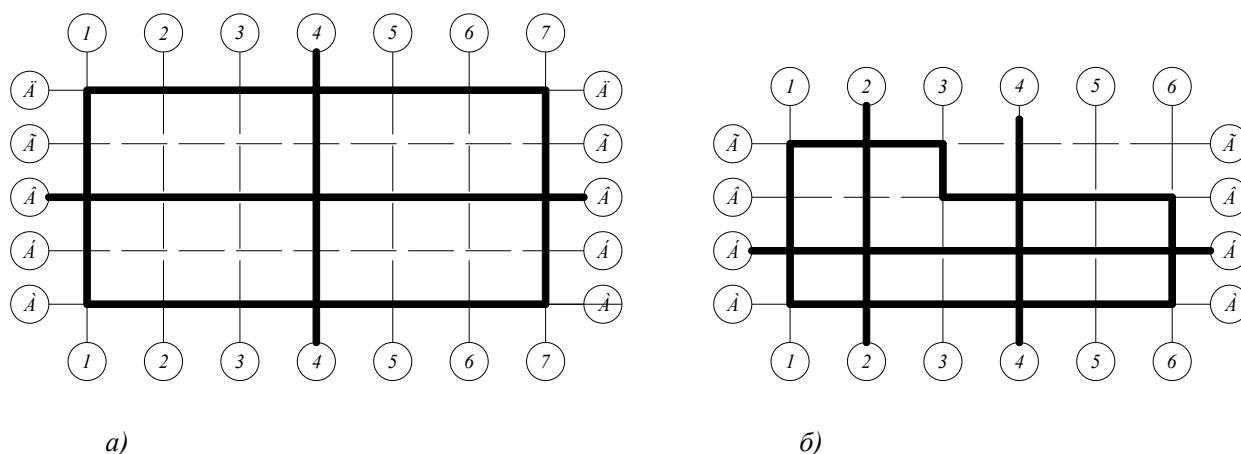


Рис. 11.1.1 Схема разбивки осей зданий

Главными осями называются две взаимно перпендикулярных оси, относительно которых здание или сооружение размещается симметрично (В-В, 4-4 на рис. 11.1.1, а и Б-Б, 2-2 на рис. 11.1.1, б). При разбивке главные оси выносят только для больших зданий и сооружений.

Основными осями называются оси, которые проходят по контуру здания или сооружения. На рис. 11.1.1, а это продольные оси А-А, Д-Д, и поперечные 1-1, 7-7. Основными осями на рис. 11.1.1, б являются А-А, В-В, Г-Г, 1-1, 3-3, 6-6.

Детальными или промежуточными осями называют все другие оси, которые определяют плановое положение отдельных элементов конструкции. Это оси Б-Б, Г-Г, 2-2, 3-3 на рис. 11.1.1,а и т.д.

Для линейных сооружений (дорог, каналов, водопроводов, канализации, газопроводов и т.п.) в проекте приводят главные и основные продольные оси этих сооружений.

Если сооружение имеет округлость, то оси повторяют ее конфигурацию.

При разбивке на местности главные и основные оси выносят от пунктов строительной сетки или от пунктов исходной геодезической основы. На застроенной территории их выносят относительно красных линий (рис.11.1.2).

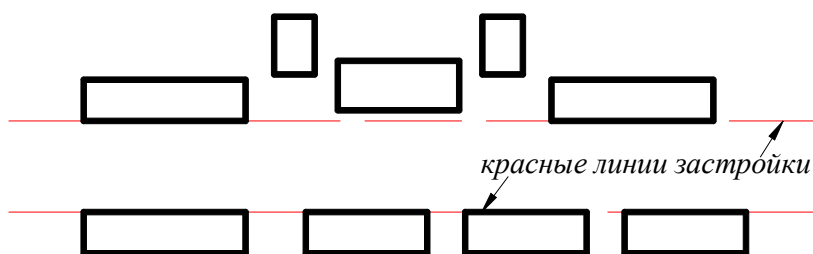


Рис. 11.1.2 Схема размещения красных линий застройки

Красной линией застройки называется линия, которая проходит по внешней стороне фасадов зданий, повернутых к проезжей части. Относительно красной линии фасады зданий могут быть смещены лишь внутрь территории кварталов, но не могут выступать за нее в сторону проезжей части. Положение красной линии показывается в проекте и устанавливается архитектором проекта или соответствующими архитектурными службами города. Вынесенные на местность оси сооружений называются разбивочными. Их закрепляют постоянными или временными знаками в зависимости от класса осей и способов выполнения строительно-монтажных работ. При проведении строительных работ разбивочные оси совпадают с осями сооружения. От них разбивают грани строительных элементов, закладные детали конструкций т.п. Для монтажа строительных конструкций, оборудования удобно пользоваться не разбивочными осями (осями

симметрии конструкций), а осями, которые проходят по их граням или немного отступают от грани элементов.

В ряде случаев монтажные оси совпадают с осями зданий и сооружений. Например, при монтаже колонн монтажные оси совпадают с осями их симметрии. При монтаже стальных панелей монтажные оси обычно разбивают в 10 см от плоскости панелей.

11.3 Геодезическая подготовка к вынесению на местность проекта сооружения

Перенесению проекта в натуру предшествует его геодезическая подготовка, в процессе которой по координатам характерных точек или осей сооружений рассчитывают разбивочные линейные и угловые элементы, определяющие положение этих точек относительно пунктов плановой инженерно-геодезической разбивочной основы (ПИГРО). При этом в зависимости от выбранного способа разбивки готовят те угловые и линейные данные, которые следует отложить на местности от пунктов ПИГРО для отыскания характерных точек сооружения. Так, для полярного способа необходимы и угловые, и линейные элементы; для способа линейной засечки - только линейные; для способа прямой угловой засечки - только угловые.

Способы проектирования. Применяют три способа проектирования: графический, аналитический и комбинированный (графоаналитический).

Графический способ наиболее простой и распространенный. Он заключается в том, что все необходимые величины берут с плана графически с помощью чертежных инструментов. Точность этих данных зависит от масштаба плана. Чем крупнее масштаб плана, тем он более точен, и наоборот. При отсутствии значительных деформаций плана точность графического проектирования можно приближенно выразить формулой

$$m = \delta M, \quad (11.3.1)$$

где δ – погрешность определения на плане соответственно положения точки и длины отрезка;

M – знаменатель численного масштаба плана.

Из формулы 11.3.1 видно, что при одном и том же значении графическая точность зависит от масштаба плана. Для плана, который имеет масштаб 1:2000; $\delta = 0,14\text{мм}$, имеем $m = 0,14\text{мм} \cdot 2000 = 0,28\text{ м}$, а для масштаба 1:500 $m = 0,14\text{ мм} \cdot 500 = 0,07\text{ м}$.

На точность проектирования существенно влияет значение δ , для уменьшения которого нужно иметь большие навыки в работе с планом.

Кроме ошибок непосредственных измерений на планах или их копиях на точность проектирования данным способом существенно влияют деформации материалов, из которых изготовлен план или копии. При этом деформации (особенно те, которые возникают при размножении планов на копировальных машинах) очень часто бывают неравномерными и значительно отличаются в разных направлениях.

Чтобы исключить или хотя бы уменьшить влияние деформаций плана, нужно к началу определения графических координат измерить действительные размеры квадратов сетки координат. Для крупномасштабных планов они должны равняться 10 см. При отклонении стороны квадрата на величину, которая превышает точность графических измерений (0,2 мм), координаты определяют так. Через точку K , координаты которой определяют по рис. 11.3.1, проводят прямые, параллельные осям координат. Измерителем и масштабной линейкой определяют расстояния a_1, a_2, b_1, b_2 и вычисляют координаты этой точки:

$$\begin{aligned} X_K &= X_1 + \Delta X \frac{a_1}{a_1+a_2} = X_2 - \Delta X \frac{a_2}{a_1+a_2}; \\ Y_K &= Y_1 + \Delta Y \frac{b_1}{b_1+b_2} = Y_2 - \Delta Y \frac{b_2}{b_1+b_2}, \end{aligned} \quad (11.3.2)$$

где $\Delta X = X_2 - X_1$; $\Delta Y = Y_2 - Y_1$.

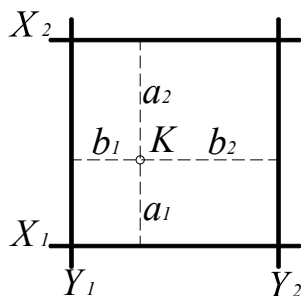


Рис. 11.3.1 Схема графического определения координат с учетом исправления за деформацию бумаги плана или его копии

Но даже при учете деформации планов и их копий погрешности определения координат могут в 2-2,5 раза превышать графическую погрешность измерения расстояний с помощью измерителя и масштабной линейки. Поэтому графические координаты в небольших пределах корректируют (изменяют) для того, чтобы они удовлетворяли некоторым требованиям: округляют их значение до целых метров, а дирекционные углы – до градусов или хотя бы минут. Это облегчает проведение расчетов при последующем проектировании.

Графоаналитический способ заключается в том, что исходные данные (положение сооружения на местности) определяют графически, а положение других отдельных элементов, жестко связанных между собой, - аналитически. Например, при определении положения здания на местности исходными будут координаты одного из углов здания и направление из этого угла на другой угол.

Аналитический способ. Графическое и графоаналитическое определения проектных координат чаще всего выполняются только на начальных этапах проектирования, при общем перенесении сооружения или комплекса сооружений. В дальнейшем оба рассмотренных способа не могут удовлетворять требованиям проектирования и их заменяют аналитическими расчетами (при необходимости решения разных задач, связанных с теми или другими геометрическими условиями). Аналитическим способом чаще всего решают такие задачи :

- прямая и обратная геодезические;
- определение координат точек в заданном створе;
- определение координат точек по периметру сооружений, которые имеют правильные геометрические формы;
- определение координат точки пересечения двух прямых.

Значительно реже определяют координаты точек, которые заданы более сложными условиями: пересечение прямой с круговой кривой; пересечение двух круговых кривых и др.

Решения большинства задач по аналитическому определению координат выполняются в обычной ведомости вычисления координат.

11.4 Элементы плановых разбивочных работ

Плановые разбивочные работы сводятся к построению (отложению) на местности проектных углов и расстояний для определения на местности (в натуре) положения проектных точек и линий главных и основных осей.

Построение проектного угла. Для построения проектного угла на местности нужно отложить от заданной исходной стороны BA (рис.11.4.1) направление, которое образует с этой стороной угол β .

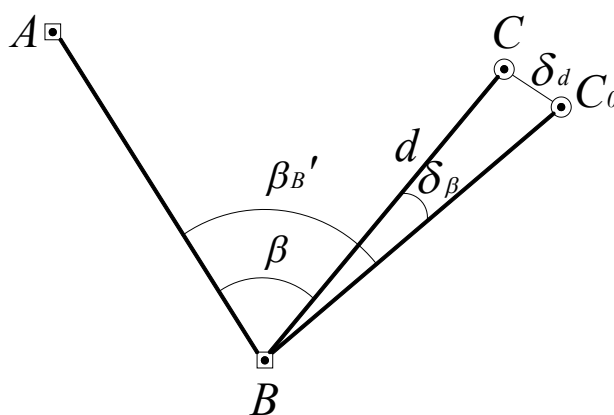


Рис. 11.4.1 Схема построения проектного горизонтального угла с повышенной точностью

После установки в пункте B теодолита, наводят его визирную ось на пункт A и снимают отсчет по лимбу (обычно около 0°). Прибавив к этому отсчету проектный угол β и открепив алидаду, устанавливают ее на вычисленный отсчет.

В створе визирной оси теодолита на соответствующем по проекту расстоянии d фиксируют на местности точку.

Такое же построение выполняют при другом положении круга, отмечая вторую точку. Из двух точек берут среднюю, принимая угол ABC за проектный.

Если необходимо построить угол с повышенной точностью, то найденный в первом приближении угол ABC измеряют несколькими приемами, определяя его более точное значение β' . Взяв разность между проектным β и измеренным β' значениями, получают поправку $\delta\beta$, которую необходимо ввести для уточнения построенного угла β :

$$\delta\beta = \beta - \beta'. \quad (11.4.1)$$

Зная из проекта, что расстояние $BC = d$, вычисляем линейную поправку: $CC_0 = \delta d$.

Из рис. 11.4.1 видно, что

$$\delta d = d \frac{\delta \beta''}{\rho''}, \quad (11.4.2)$$

где ρ – радиан; радиан в секундах равняется $\rho'' = 206265''$.

Отложив на местности от точки C перпендикулярно к линии BC величину δd , фиксируют точку C_0 . Угол ABC_0 и будет равняться проектному углу β . Для контроля угол ABC_0 измеряют полным приемом.

Точность построения на местности проектного угла зависит от погрешностей собственно измерений (визирования и отсчета на лимбе), инструментальных погрешностей и влияния внешних факторов. Погрешности центрирования, редукции и исходных данных, то есть погрешности в положении исходных пунктов A и B , на точность построения проектного угла не влияют. Однако эти погрешности вызывают смещение направления BC и точки C .

Согласно формуле 11.4.2 погрешность определения линейной редукции проектного угла:

$$m_{\delta d} = d \frac{m''_{\delta \beta}}{\rho''}. \quad (11.4.3)$$

При $d = 300$ м; $m''_{\delta \beta} = 1,5''$ получим $m_{\delta d} = 2,2$ мм. Очевидно, что с такой точностью линейную редукцию легко можно отложить на местности рулеткой или линейкой с миллиметровыми делениями.

Например, для построения угла со средней квадратической погрешностью $m_{\delta \beta} = 30''$ можно применить теодолит типа Т30, отцентрировать его нитяным отвесом, точку C зафиксировать карандашом на поверхности бетона.

Аналогично формуле 11.4.3 можно записать, что погрешность положения точки C :

$$m_c = d \frac{m_{\delta \beta}''}{\rho''}. \quad (11.4.4)$$

Если проектом задано, что погрешность положения точки C m_c не должна превышать допустимого проектного значения Δc , то согласно

формуле 11.4.4 погрешность построения угла не должна быть большей, чем

$$\Delta\beta = \Delta c \frac{\rho}{d}. \quad (11.4.5)$$

Для построения угла с погрешностью, не большей $\Delta\beta$, определяют, сколько раз нужно измерять построенный угол β :

$$n = \frac{t^2}{\Delta^2\beta}. \quad (11.4.6)$$

где t - точность отсчетного устройства теодолита.

Потом вычисляют среднее значение измеренного угла β' , определяют угловую поправку по формуле (11.4.1) и по формуле (11.4.2) - линейную поправку.

Точку C перемещают в соответствующую сторону на величину δd и фиксируют точку C_0 (рис. 11.4.1).

Построение проектной линии. Для построения на местности проектного отрезка длиной d от исходной точки A (рис. 11.4.2) в заданном направлении стальным мерным прибором откладывают расстояние, которое равняется проектной длине d , и временно фиксируют конечную точку B' .

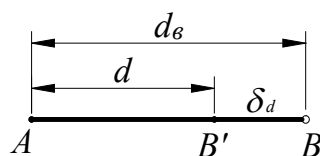


Рис. 11.4.2 Схема построения проектного отрезка

Процесс отложения расстояния таков же, как и процесс измерения. Нивелированием определяют превышение h между точками A и B и измеряют температуру прибора (если ее измерить невозможно, измеряют температуру воздуха). Вычисляют **поправки в длину линии**:

1) за компарирование

$$\delta d_k = d \frac{l-l_0}{l}, \quad (11.4.7)$$

где l - фактическая длина мерного прибора, взятая из паспорта мерного прибора или определенная непосредственно в результате компарирования;

l_0 - номинальная длина мерного прибора;

2) за температурное влияние

$$\delta d_t = d\alpha(t - t_0), \quad (11.4.8)$$

где α – коэффициент линейного расширения материала мерного прибора, для стали $\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6}$;

t, t_0 – температура соответственно измерения и компарирования;

3) *за наклон линии*

$$\delta d_h = -\frac{h^2}{2d}. \quad (11.4.9)$$

Определяют общую поправку

$$\delta d = \delta d_k + \delta d_t + \delta d_h, \quad (11.4.10)$$

и вводят ее с противоположным знаком в линию AB' .

$$d_B = d \pm \delta d. \quad (11.4.11)$$

Если поправка будет со знаком «-», то линию AB' продлевают на отрезок δd и фиксируют точку B ; если со знаком «+» - то линию укорачивают. Кроме этих факторов на точность построения проектного отрезка влияет точность фиксации точек B и B' .

Построение линий с повышенной точностью выполняют инварными мерными приборами, а также светодальномерами и электронными тахеометрами.

Например, построение проектного отрезка с относительной погрешностью $1/3000 \div 1/2000$ можно выполнить стальной рулеткой с укладкой ее в створ на глаз. Для определения поправок превышение h концов отрезка может быть оценено на глаз, температура - измерена термометром с погрешностью не больше 5°C , средняя квадратическая погрешность компарирования рулетки – не выше 1,5 мм. Концы рулетки и конечную точку отрезка фиксируют карандашом.

11.5 Способы планового перенесения проекта в натуру

Точки главных и основных осей (так называемые проектные точки) переносят в натуру разными способами, которые являются соединениями элементов разбивочных работ. Выбор способа построения проектных точек зависит от вида плановой инженерно-геодезической разбивочной основы (ПИГРО).

Способ полярных координат (рис. 11.5.1). Искомую проектную точку C определяют на местности из пункта I геодезической основы

путём построения теодолитом проектного угла β и отложения мерным прибором проектного расстояния d . При разбивке сооружений необходимо так выбирать пункты ПИГРО, чтобы угол β не превышал 90° , и расстояние d не превышало длину исходной стороны (в данном случае стороны $I-II$), то есть, чтобы выполнялось условие $d \leq b$.

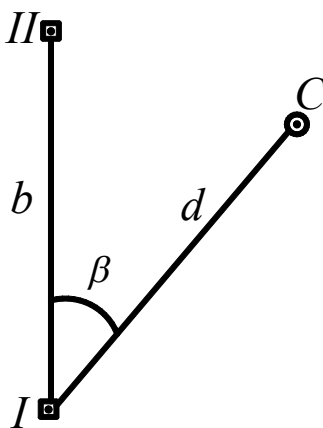


Рис. 11.5.1 Схема полярного способа

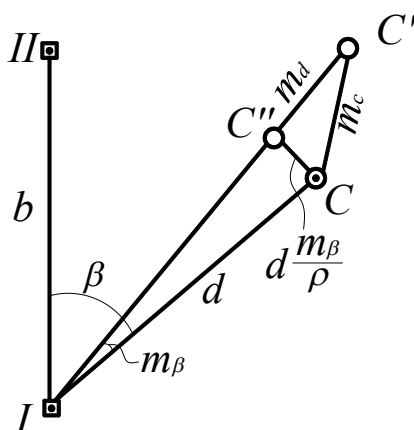


Рис. 11.5.2 Линейно-угловая погрешность перенесения проектной точки полярным способом

Рассмотрим точность перенесения точки C полярным способом. Угол β будет отложен с точностью, которая характеризуется в угловой мере средней квадратической погрешностью m_β а в линейной (рис. 11.5.2) $(m_\beta/\rho)d$. Точность разбивки линии d характеризуется средней квадратической погрешностью m_d . Согласно рис. 11.5.2 точность перенесения точки C характеризуется средней квадратической погрешностью

$$m_c = \sqrt{d^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} + d^2 \frac{m_d^2}{d^2}} = d \sqrt{\frac{m_\beta^2}{\rho^2} + \frac{m_d^2}{d^2}}. \quad (11.5.1)$$

Прямая угловая засечка. Прямую угловую засечку (рис. 11.5.3) применяют, главным образом, для разбивки гидротехнических сооружений и мостовых переходов. При применении этого способа положение проектной точки на местности находят, откладывая на исходных пунктах триангуляции или полигонометрии A и B углы β_1 и β_2 , а на пересечении полученных направлений AC и BC находят точку C .

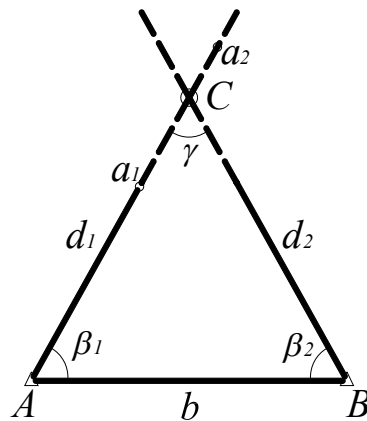


Рис. 11.5.3 Схема угловой засечки

Базисом засечки служит сторона триангуляции (полигонометрии), или специально измеренная линия.

Разбивочные углы β_1 и β_2 вычисляют как разницу дирекционных углов сторон. Последние находят из решения обратной геодезической задачи по проектным координатам точки C , которую разбивают, и известным координатам исходных пунктов A и B .

При наличии двух теодолитов их устанавливают одновременно в обеих исходных точках A и B и откладывают углы соответственно β_1 и β_2 . Перемещение визирной цели в искомую точку выполняется по очереди по команде то одного, то второго наблюдателя. При этом после установления цели в одном из направлений перемещение выполняется вдоль уже отложенного направления. При наличии лишь одного теодолита решение задачи несколько осложняется. В этом случае теодолит устанавливают сначала на пункт A и, отложив проектный угол β_1 , вблизи ожидаемого положения точки C в створе AC закрепляют две временных точки a_1 и a_2 . Потом из точки B откладывают угол β_2 и отыскивают положение точки C на пересечении с линией a_1a_2 ,

которую закрепляют на местности, натянув между точками a_1 и a_2 шнур, леску и др.

Погрешность в положении точки C , вынесенной в натуру прямой угловой засечкой,

$$m_c = \frac{m_\beta}{\rho \sin \gamma} \sqrt{d_1^2 + d_2^2}. \quad (11.5.2)$$

Из формулы (11.5.2) видно, что относительная точность угловой засечки зависит, в основном, от угла γ при пункте C , который определяется. Наиболее выгодной засечка будет при $\gamma = 90^\circ$. Если же угол будет приближаться к 0° или 180° , то погрешность m_c резко увеличится и решить задачу станет невозможно. Абсолютная погрешность засечки зависит не только от угла γ , но и от расстояния к точке C .

Чем больше это расстояние, тем большей будет погрешность. С учетом влияния угла γ и расстояния абсолютная погрешность засечки будет минимальной при $\gamma = 109^\circ 28'$.

Наиболее целесообразно определять положение проектной точки способом *прямой угловой засечки* в таких случаях, когда:

- невозможно или очень сложно провести непосредственные линейные измерения;
- точка C находится на значительном расстоянии от разбивочной основы;
- точки A, B, C находятся на разных уровнях;
- измерение выполняется через водные преграды.

Для повышения точности разбивки точки прямой угловой засечкой применяют *способ замкнутого треугольника* (рис.11.5.4).

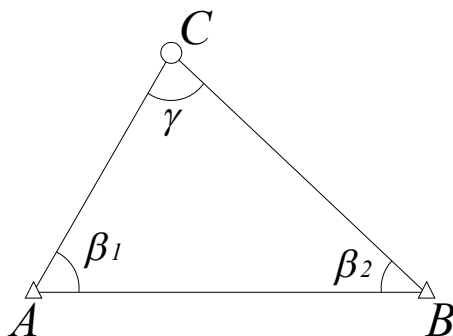


Рис. 11.5.4 Схема способа замкнутого треугольника

После определения в натуре точки C выполняют точное измерение углов во всех трех точках A, B, C . Распределив невязку в треугольнике на все углы поровну, определяют координаты точки C . Сравнив их с проектными значениями, находят поправки (редукции), по которым разбиваемую точку смещают в проектное положение.

Способ линейной засечки (рис.11.5.5). Проектная точка C определяется на местности пересечением проектных расстояний d_1 и d_2 , отложенных из пунктов I и II геодезической основы. Точность определения положения точки:

$$m_c = \frac{\sqrt{m_{d_1}^2 + m_{d_2}^2}}{\sin \gamma} = \frac{m_d \sqrt{2}}{\sin \gamma}. \quad (11.5.3)$$

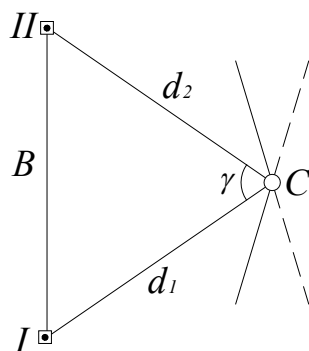


Рис. 11.5.5 Схема способа линейной засечки

Способ линейной засечки используют лишь тогда, когда проектные расстояния d_1 и d_2 меньше длин мерных приборов. При отложении проектных расстояний светодальномерами и электронными тахеометрами задачу решают *методом приближений*. Как и при использовании угловой засечки, для точности вынесения в натуре точки C имеет значение угол засечки. Лучше всего, когда значение этого угла равняется приблизительно 90° .

Способ прямоугольных координат (рис.11.5.6) применяют при наличии строительной сетки и на местности, удобной для непосредственных линейных измерений.

От пункта I в направлении пункта II в створе откладывают проектное расстояние d_1 и фиксируют точку C_0 – основание перпендикуляра на проектную точку C . В точке C_0 теодолитом строят прямой угол, откладывают проектную длину перпендикуляра d_2 и фиксируют точку C .

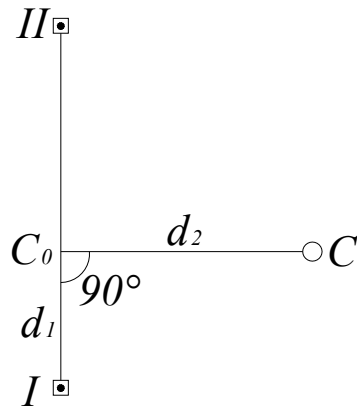


Рис. 11.5.6 Схема способа прямоугольных координат

На точность построения проектной точки указанным способом влияют погрешности отложения отрезков d_1 и d_2 и построения прямого угла. Суммарная погрешность в положении проектной точки:

$$m_c = \sqrt{m_{d1}^2 + m_{d2}^2 + d_2^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2}} = \frac{m_d \sqrt{2}}{\sin \gamma}. \quad (11.5.4)$$

Способ линейно-створной засечки (рис. 11.5.7) применяют тогда, когда точка, которую переносят, лежит на линии закрепленного створа AB и проектные расстояния d_1 и d_2 можно отложить по этой линии.

Установив теодолит над пунктом A , а визирную цель – в пункте B и сориентировав трубу теодолита в направлении AB вдоль этого направления, откладывают расстояние d_1 и на его конце фиксируют точку C . Для контроля измеряют также расстояние d_2 .

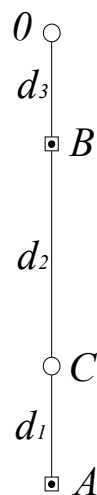


Рис. 11.5.7 Схема способа линейно-створной засечки

В некоторых случаях точка, которую определяют, например O , лежит на продолжении закрепленной исходной линии.

Тогда теодолит устанавливают на ближней к точке O исходной точке. В данном случае на точке B строят угол 180° , то есть находят точное направление продолжения исходной линии, и после откладывания проектного расстояния d_3O получают положение проектной точки O .

Точность данного способа зависит от точности линейных измерений по створу:

$$m_c = m_d. \quad (11.5.5)$$

При расчёте точности построения проектной точки указанным способом не учтена точность построения створа, которая зависит от точности центрирования теодолита m_u и точности редуцирования m_p – установления визирной цели над вторым исходным пунктом базиса. Считается, что при одинаковых условиях и приборах точность центрирования и редуцирования одинакова, то есть $m_u = m_p$. Для теодолита и визирных марок с оптическими центрами точность центрирования (редукции) равняется 1,0 мм. Для нитяного отвеса в закрытых помещениях точность центрирования составляет 2...3 мм, на открытых площадках - 3...5 мм.

В формулах (11.5.1) ÷ (11.5.5) кроме погрешностей центрирования и редуцирования не учтены такие погрешности:

-исходных данных (то есть координат исходных пунктов триангуляции, полигонометрии и других), которые используются для разбивки, например, для соседних пунктов строительной сетки погрешность исходных данных $m_g = 10 \dots 20$ мм;

-фиксации точки (проектной). Точку на знаке крепления можно зафиксировать с точностью 1...2 мм.

Совокупность указанных погрешностей является общей частью погрешностей всех рассмотренных способов разбивки проектной точки:

$$m_3 = \sqrt{m_u^2 + m_p^2 + m_g^2 + m_\phi^2} = \sqrt{2m_u^2 + m_g^2 + m_\phi^2}. \quad (11.5.6)$$

Для сравнения точности разбивки разными способами эту общую для всех способов часть погрешности разбивки можно не учитывать.

Рассмотрим, какой из способов разбивки более точный. Данные для всех способов примем одинаковыми: $d = d_1 = d_2 = 50,00\text{м}$; относительная точность линейных измерений $\frac{m_d}{d} = \frac{1}{2000}$; проектные углы $\beta = \beta_1 = \beta_2 = 45^\circ \dots 90^\circ$; точность угловых измерений $m_\beta = 30''$.

Погрешности в положении проектной точки С:

1. согласно (11.5.1) - способ полярных координат:

$$m_c = 25 \text{ мм};$$

2. согласно (11.5.2) – способ угловой засечки:

$$m_c = 10,5 \text{ мм}$$

3. согласно (11.5.3) – способ линейной засечки:

$$m_c = 35 \text{ мм};$$

4. согласно (11.5.4) – способ прямоугольных координат:

$$m_c = 35 \text{ мм};$$

5. согласно (11.5.5) – способ линейно-створной засечки:

$$m_c = 25 \text{ мм}.$$

Наиболее точным оказывается способ угловой засечки. Затем по точности идут способы полярных координат и линейно-створной засечки.

Подставив значение $m_\beta = 15 \text{ мм}$; $m_u = m_p = 3 \text{ мм}$; $m_\phi = 2 \text{ мм}$ в формулу (11.5.6), получим

$$m_z = \sqrt{2 \times 3^2 + 15^2 + 2^2} = 15,77 \text{ мм} \approx 16 \text{ мм}.$$

С учетом этой общей для всех способов части погрешностей точность способов разбивки будет составлять соответственно 30, 19, 8, 38, 30 мм

Таким образом, выбирая способ разбивки проектных точек, помимо условий местности, благоприятных для использования выбранного способа, необходимо также по формулам 11.5.1÷11.5.5 (с учетом формулы 11.5.6) определить, достигается ли выбранным способом точность перенесения регламентированная нормами. Очень часто возникает необходимость в дополнительных расчетах. Поскольку проектные точки основной или главной оси, которые выносятся, в свою очередь, будут опорной разбивочной сеткой для детальных разбивочных работ, то для больших зданий необходимо выполнять

специальные расчеты необходимой точности положения этих проектно-разбивочных точек, исходя из требований к точности вынесения в натуру ответственных частей сооружений детальными разбивками. Так, например, при вынесении в натуру здания по техническим условиям необходимо определить каждую опорную разбивочную точку со средней квадратической погрешностью $m = 15$ мм. Эта погрешность включает в себя погрешность детальной разбивки $m_{Д.Р.}$ от пунктов основной или главной оси, как опорной разбивочной сетки, а также погрешность m_p , обусловленную точностью перенесения точек основной или главной оси. Поэтому

$$m = \sqrt{m_p^2 + m_{Д.Р.}^2}. \quad (11.5.7)$$

Принимая, что точность детальной разбивки должна быть вдвое выше точности определения взаимного положения пунктов основной или главной оси, то есть

$$m_p = 2m_{Д.Р.}, \quad (11.5.8)$$

получаем

$$m = \sqrt{m_p^2 + (0,5m_p)^2} = m_p\sqrt{1,25} \approx 1,1m_p, \quad (11.5.9)$$

откуда

$$m_p = \frac{m}{1,1} = \frac{15}{1,1} \approx 13,64 \text{ мм}. \quad (11.5.10)$$

Таким образом, при наличии допусков на детальную разбивку ответственных частей сооружения следует определить необходимую точность перенесения в натуру точек основной или главной оси и сравнить с погрешностью, рассчитанной для выбранного способа перенесения по формулам 11.5.1÷11.5.5 с учетом формулы (11.5.6). Способ может быть принят при $m_p \leq m_c$.

Выбирая способ разбивки сооружения по условиям применения и точности (при прочих равных условиях), преимущество необходимо отдать такому способу, который обеспечит необходимую точность разбивки с меньшими трудозатратами и с использованием имеющихся инструментов сравнительно с теми, которые требуются согласно нормам.

11.6 Способы высотного перенесения проекта в натуру

Высотная характеристика запроектированного сооружения может определяться отметкой любой горизонтальной плоскости, например, чистого пола первого этажа. Детализация высотного положения других отдельных точек сооружения указывается так называемой условной отметкой, то есть над уровнем горизонтальной плоскости, принятой за основу. Для наклонных плоскостей показывают отметки каких-либо точек или горизонтально расположенных линий и дополнительно крутизну склона или угол наклона плоскости в заданном направлении, чаще всего в направлении максимального уклона.

Вынесение в натуру проектной отметки. Проектную отметку H_0 выносят в натуру методом геометрического нивелирования от ближайшего репера высотной основы. Нивелир устанавливают приблизительно посередине между репером и точкой, в которой нужно получить проектную отметку (рис.11.6.1). По отметке репера и отсчету по рейке, установленной на этом репере, вычисляют горизонт инструмента :

$$ГИ = H_{Rp} + a. \quad (11.6.1)$$

Для получения проектной отметки H_0 точки C необходимо, чтобы отсчет по рейке, установленной в этой точке, равнялся

$$b = ГИ - H_0. \quad (11.6.2)$$

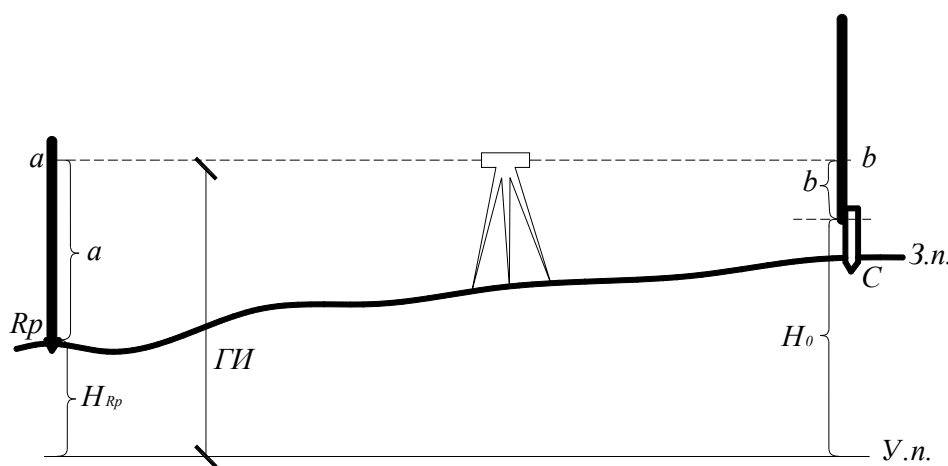


Рис. 11.6.1 Схема вынесения в натуру проектной отметки

Нивелир наводят на рейку, установленную в точке C , и поднимают или опускают эту рейку до тех пор, пока отсчет по средней нити не будет равняться вычисленному значению b . В таком положении пятка

рейки соответствует проектной отметке. Проектную отметку закрепляют на местности, забивая кол или металлический штырь так, чтобы его верх был на уровне пятки рейке. На столбе обноски проектную отметку отмечают краской.

Точность вынесения в натуру проектной отметки без учета погрешности исходного репера определяется средней квадратической погрешностью

$$m_n = \sqrt{m_a + m_e + m_\phi + m_i}. \quad (11.6.3)$$

где m_a – средняя квадратическая погрешность отсчета по рейке на репере;

m_e – средняя квадратическая погрешность установления рейки на проектный отсчет;

m_ϕ – средняя квадратическая погрешность фиксации положения пятки рейки;

m_i – средняя квадратическая погрешность за непараллельность визирной оси трубы к оси цилиндрического уровня:

$$m_i = (d_2 - d_1) \frac{v''}{\rho''}. \quad (11.6.4)$$

где d_2, d_1 – расстояние от нивелира до рейки соответственно задней и передней;

v'' – угол между визирной осью трубы и осью цилиндрического уровня;

ρ'' – радиан, $\rho'' = 206265''$.

При использовании нивелира НЗ и реек с сантиметровыми делениями можно принять $m_a = m_b = 1\text{мм}$; $i = 8''$; для технического нивелирования допускается $(d_2 - d_1) = 10\text{м}$; $m_{\text{ср}} = 2...3$ при фиксации точки колышком. Расчеты по формуле (11.6.4) показывают, что точность вынесения в натуру проектной отметки техническим нивелированием равняется 2...3 мм в зависимости от принятой точности фиксации. То есть фактически точность вынесения в натуру проектной отметки равняется точности ее фиксации.

При высотной разбивке ответственных сооружений фиксацию проектной отметки осуществляют с помощью гвоздя, который

углубляют в кол до проектной отметки. Более точную фиксацию выполняют при перенесении проектной отметки в точку, которую в дальнейшем используют в качестве репера на строительной площадке для высокоточного высотного обслуживания строительства. В этом случае фиксацию осуществляют с помощью забетонированного винта. На проектную отметку головку винта устанавливают поворотом. В условиях промышленного строительства создают густую сеть реперов, чтобы вынесение в натуру проектных отметок точек детальной разбивки можно было осуществлять с одной стоянки нивелира от ближайшего репера.

Для повышения точности и контроля проектную отметку каждой разбивочной точки необходимо переносить от двух реперов высотной основы или прокладывать по этим точкам контрольный нивелирный ход.

При сооружении водохранилища одной из основных задач является перенесение на местность проектного контура водохранилища, то есть обозначение на местности границ затапливаемой территории. Сначала на топографическом плане с учетом кривой подпора намечают пределы водохранилища по горизонталям. Потом на местности вблизи горизонтали затопления прокладывают теодолитно-нивелирный ход с привязкой к пунктам основной геодезической сети как к исходным.

Положение границы затопления определяется на местности от пунктов хода с помощью нивелира по методу вынесения в натуру проектных отметок через горизонт инструмента ГИ. Для этого нивелир устанавливают вблизи точки хода с известной высотой. По рейке на этой точке берут отсчет и по формуле (11.6.1) вычисляют горизонт инструмента. Поднимая или опуская вторую рейку по склону, находят такую точку, в которой отсчет по рейке равняется вычисленному по формуле (11.6.2). Полученную точку закрепляют на местности соответствующим знаком (колышком, столбиком или др.). Определяют ее плановое положение от пунктов теодолитного хода и наносят на топографический план. При вынесении контура водохранилища отсчеты по рейке и высоты округляют до сантиметров. Погрешность

высоты точки контура за счет округления составляет приблизительно 2см.

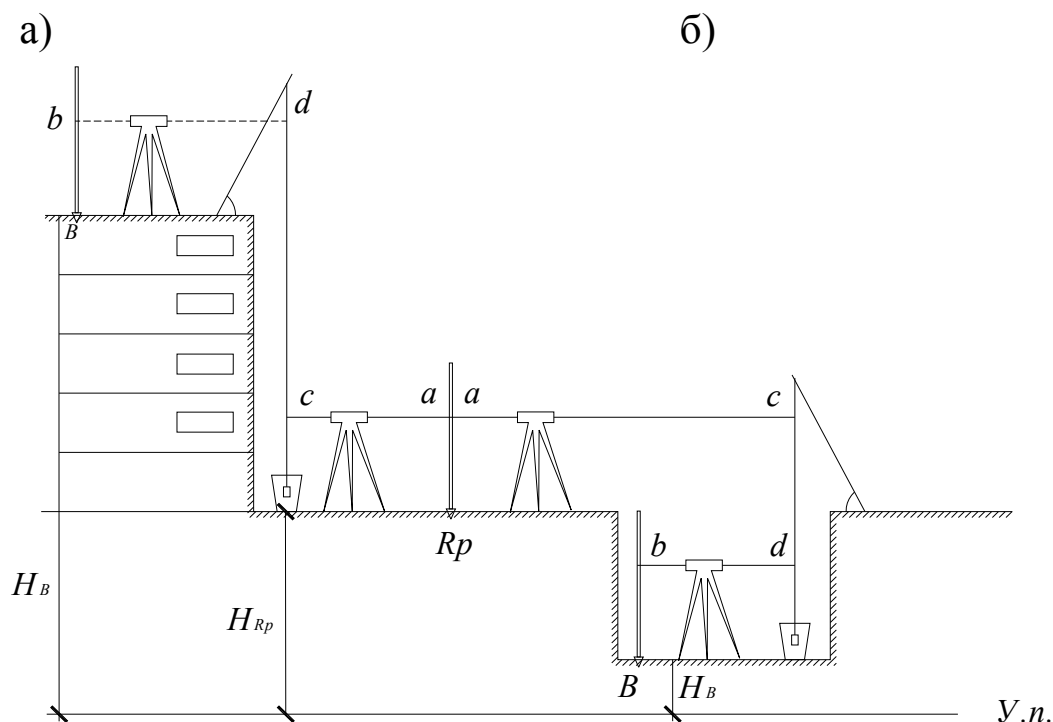


Рис. 11.6.2 Передача отметки на высоту и в котлован

В практике геодезических разбивочных работ часто возникают случаи, когда проектную отметку невозможно вынести от репера ПИГРО с одной станции из-за большой разницы высот репера и проектной точки. Например, проектная точка находится на высоком сооружении здания или в котловане. В этих случаях сначала отметку от репера необходимо передать на это сооружение или в котлован и закрепить должным образом.

При передаче отметок на высокие сооружения используют подвешенную рулетку. Наблюдения ведут на двух станциях. Отсчеты берут по рулетке и рейкам на репере, и в точке В - на высоте (рис.11.6.2,а). Тогда

$$H_B = H_{Rp} + a + (a - c) - b. \quad (11.6.5)$$

К рулетке подвешивают груз массой до 10 кг и опускают его в ведро с водой, перемешанной с опилками. Для контроля и повышения точности наблюдения повторяют, изменив горизонт инструмента на нижней и верхней станциях. На станциях нужно соблюдать равенство расстояний от прибора до рулетки и рейки.

Способ геометрического нивелирования является основным способом передачи отметок и в котлован. На бровке котлована закрепляют кронштейн или наклоненный брусок для подвешивания рулетки. К нижнему концу рулетки подвешивают груз и опускают его в сосуд с водой и опилками для предотвращения колебаний рулетки. отметку передают с помощью двух нивелиров (рис.11.6.2 б). На репер и на точку в котловане устанавливают рейки. Посередине между рулеткой и репером размещают один нивелир, а в котловане - второй. Берут отсчеты по рейкам a и b и одновременно - отсчеты по рулетке c и d . Отметку точки B вычисляют по формуле

$$H_B = H_{Rp} + a - c - (b - d). \quad (11.6.6)$$

Для повышения точности и контроля измерения повторяют, изменив высоту прибора, из двух значений H_B определяют среднее.

Для передачи больших превышений, если нет возможности применить геометрическое нивелирование, допускается использование тригонометрического нивелирования. Рассмотрим, например, передачу отметки на дно глубокого котлована с помощью теодолита.

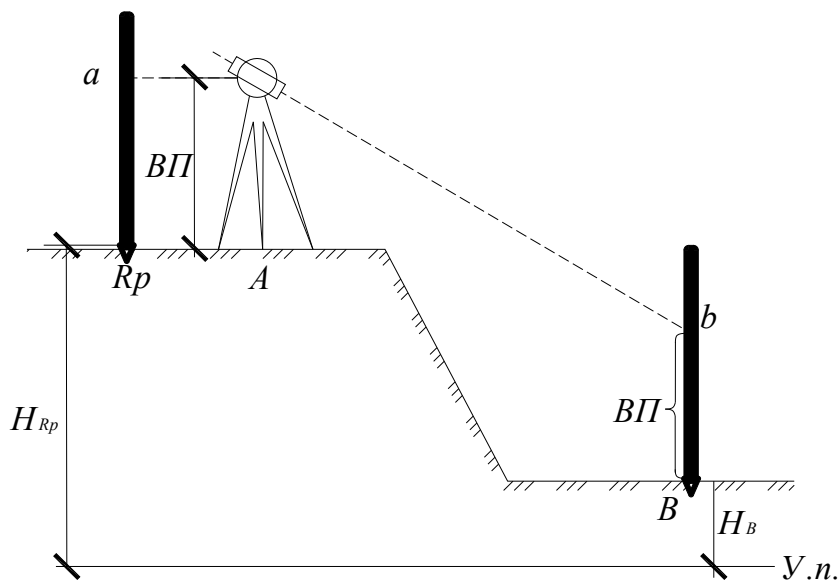


Рис. 11.6.3 Схема определения отметки дна котлована при помощи теодолита

Для этого теодолит размещают вблизи бровки котлована в точке A и горизонтируют его. Потом наводят зрительную трубу на рейку на репере и, установив трубу на отсчет по вертикальному кругу, который равняется месту нуля, а пузырек уровня вертикального круга в нуль-

пункт, берут отсчет по рейке a . Измеряют высоту $ВП$ оси вращения трубы теодолита над точкой A и наводят среднюю нить трубы на отсчет $ВП$ по рейке, установленной на дне котлована в закрепленной точке B . Отсчёты берут по вертикальному кругу и по дальномерным нитям сетки зрительной трубы. Определяют расстояние от теодолита до рейки в точке B .

$$D = (n - v)K, \quad (11.6.7)$$

где n, v – отсчеты по рейке соответственно по нижней и верхней дальномерным нитям;

$K = 100$ – коэффициент дальномера.

Отметка точки B на дне котлована

$$H_B = H_{RP} + a - 0,5D \sin 2v - ВП, \quad (11.6.8)$$

где v – вертикальный угол.

После этого трубу переводят через зенит и аналогично определяют отметку точки B при втором положении вертикального круга. Расхождение между двумя определениями не должно превышать 5 см на расстояние $D = 100$ м. За окончательное значение принимается среднее из двух определений.

Построение линии заданного уклона. Разбивка проектных наклонных линий сводится к вынесению в натуру проектных отметок точек этих линий. Для построения в заданном направлении AB (рис. 11.6.5) линии, проектный уклон которой равняется i_0 , горизонтальная проекция d , а интервал разбивки l , от точки A в направлении AB выполняют построение рулеткой горизонтального расстояния и закрепляют точку B .

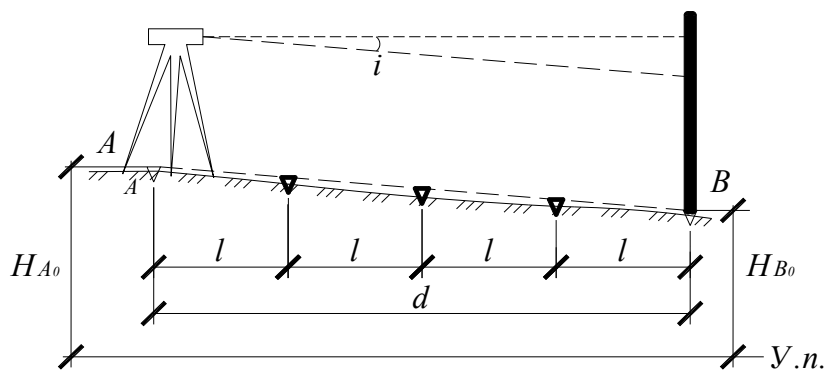


Рис. 11.6.5 К построению линии заданного уклона

На прямой AB по ее створу последовательно от точки A откладывают горизонтальные отрезки l , фиксируя кольями промежуточные точки 1, 2, 3 и др. Проектная отметка точки B :

$$H_{B_0} = H_{A_0} + i_0 d, \quad (11.6.9)$$

где H_{A_0} – проектная отметка исходной точки A .

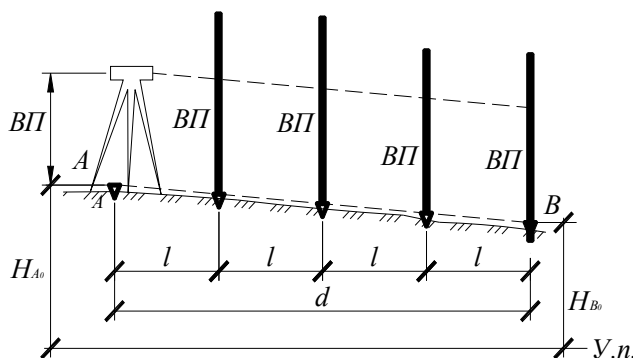


Рис. 11.6.6 Схема построения линии заданного уклона

Проектные отметки точек A и B - соответственно H_{A_0} и H_{B_0} - выносят в натуру от ближайших реперов так же, как и при вынесении в натуру проектной отметки.

Вынесение промежуточных точек 1, 2, 3 выполняют наклоном трубы нивелира до отсчета по рейке в точке B_0 который равняется высоте прибора $ВП$ в точке A (рис.11.6.6). При этом визирная линия становится параллельной проектному уклону. В промежуточных точках 1, 2, 3 кольишки забивают так, чтобы отсчет по рейки в этих точках равнялся высоте прибора $ВП$.

При разбивке горизонтальной проектной линии A_0B_0 (рис.11.6.7) труба нивелира занимает горизонтальное положение, а в промежуточных точках колья забивают так, чтобы отсчеты по рейкам в этих точках равнялись высоте прибора $ВП$.

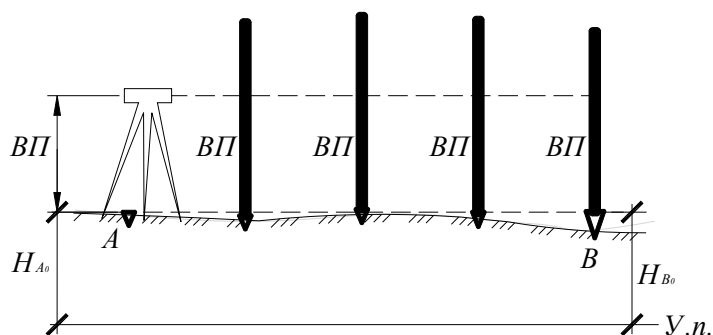


Рис. 11.6.7 Схема вынесения в натуру горизонтальной линии

При возведении земляных сооружений (траншей подземных коммуникаций, каналов, земляного полотна автомобильных путей и железных дорог и т.п.) применяют визирки (две постоянные и одну ходовую), которые имеют одинаковую высоту. Постоянные визирки устанавливают на проектную высоту точек A и B , а ходовую - последовательно на промежуточных точках так, чтобы верхний ее срез при визировании глазом проходил по линии $A'B'$ (рис.11.6.8, 11.6.9).

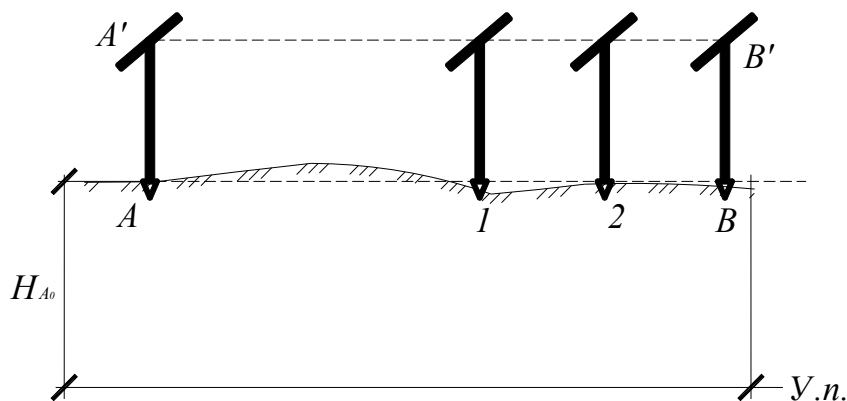


Рис. 11.6.8 Схема вынесения линии по визиркам

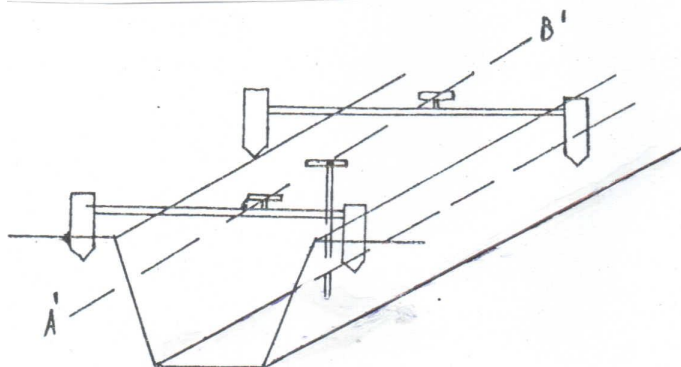


Рис. 11.6.9 Схема разбивки линии заданного уклона в траншее при помощи визирок

При строительстве, связанном с высотной разбивкой линий, используют лазерные приборы (визеры, теодолиты, нивелиры), которые дают возможность создать на трассе опорную линию заданного уклона или референтную прямую, по которой определяют в натуре ось траншеи канала или трубопровода и ее глубину, а также выполняют укладку труб.

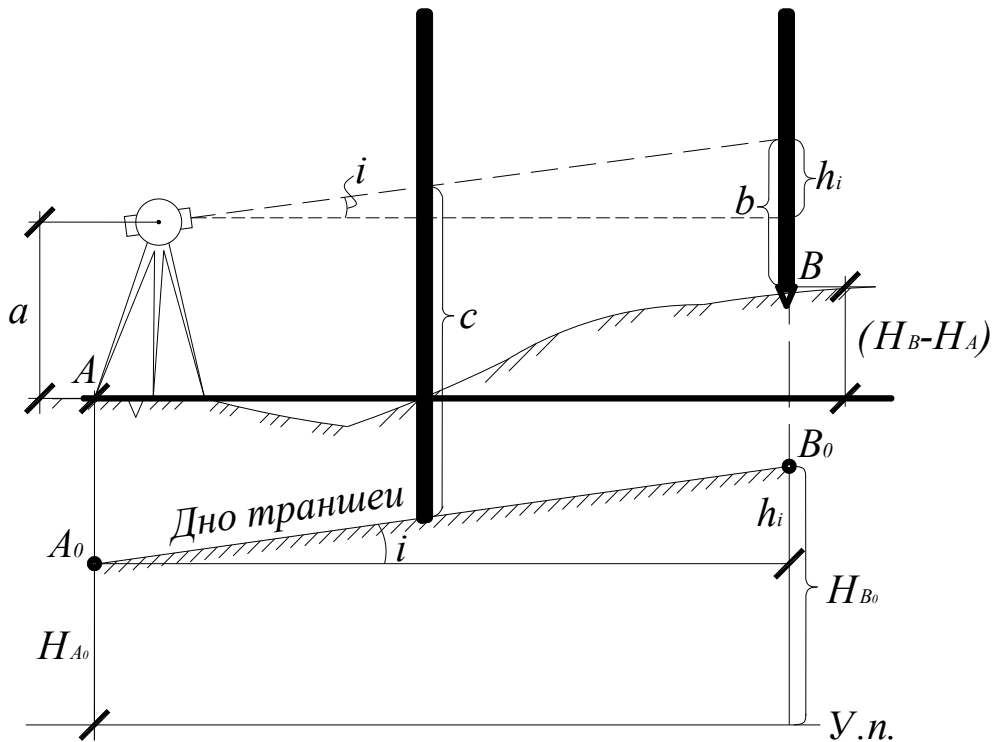


Рис. 11.6.10 Схема разбивки линии с использованием лазерного прибора

Если в исходной точке A установить лазерный прибор, а в точке B - рейку, то согласно рис.11.6.10 для того, чтобы лазерный луч был параллельным проектной линии A_0B_0 , отсчет по лазерному пятну на рейке должен равняться

$$v = a + id - (H_B - H_A), \quad (11.6.10)$$

где a – высота лазерного прибора в точке A ;

i – проектный уклон линии A_0B_0 ;

d – расстояние между точками A и B ;

H_A, H_B – высоты точек соответственно A и B ;

H_{A_0}, H_{B_0} – высоты точек соответственно A_0 и B_0 .

Чтобы во всех промежуточных точках линии AB пятка рейки отвечала проектной отметке, отсчет по центру лазерного пятна должен равняться

$$c = v + (H_B - H_{A_0}). \quad (11.6.11)$$

Контроль выполняют по формуле

$$c = v + (H_B - H_{B_0}). \quad (11.6.12)$$

Очевидно что, если точки A и B установлены нивелиром на уровень своих проектных отметок, то есть если $H_A = H_{A_0}$; $H_B = H_{B_0}$, то $c = a = b$.

Для повышения эффективности работ в землеройной машине экран устанавливают на такой высоте, чтобы его центр отвечал отсчету C . По отклонениям лазерного пятна от центра экрана регулируют управление рабочим органом машины для доведения траншеи до проектной глубины.

Точность вынесения в натуру проектного уклона линии зависит от погрешностей определения отметок точек и длины проектной линии и равняется средней квадратической погрешности вынесения в натуру линии проектного уклона i .

$$m_i = \frac{1}{d} \sqrt{m_h^2 + i^2 m_d^2}, \quad (11.6.13)$$

где m_h , m_d – средние квадратические погрешности, определения соответственно превышения между конечной и начальной точками и горизонтальной проекцией проектной линии d .

Построение плоскости заданного уклона. Для разбивки проектной плоскости по заданным проектными продольным и поперечным уклонам вычисляют проектные отметки ее четырех угловых точек A, B, C, D (рис.11.6.11) и выносят их в натуру. Нивелир устанавливают над исходной точкой A , располагая подъемные винты согласно рис.11.6.11.

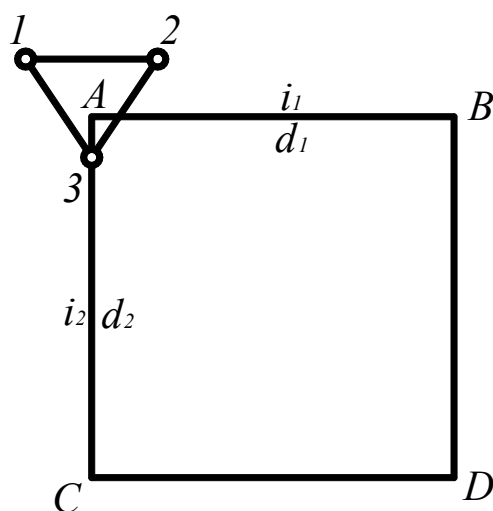


Рис. 11.6.11 Схема разбивки наклонной площадки

Действуя подъемными винтами 1 и 2, устанавливают отсчет по рейке в точке B равным высоте нивелира $ВП$ над проектной точкой A . Эти действия повторяют на рейки в точках C и D , достигая того, чтобы отсчеты по рейкам во всех трех точках B, C, D равнялись высоте прибора $ВП$. После этого плоскость, которая описывается визирным лучом нивелира, будет параллельна проектной плоскости.

Положения промежуточных точек плоскости определяют, получая такие же отсчеты ($ВП$) по рейкам в этих точках и фиксируя пятки реек на кольях, которые забивают .

Если точность определения отметок точек и расстояний одинакова, то средняя квадратическая погрешность определения уклона любого направления:

$$m_i = \sqrt{m_h^2 \left(\frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} \right) + m_d^2 \left(\frac{i_1^2}{d_1^2} + \frac{i_2^2}{d_2^2} \right)}, \quad (11.6.14)$$

12 ПЕРЕНЕСЕНИЕ ПРОЕКТА НА МЕСТНОСТЬ

12.1 Перенесение осей зданий

Строительство зданий и сооружений начинают с вынесения на местность и закрепление их осей. Основной документацией является: проект проведения геодезических работ (ППГР), генеральный план и рабочие чертежи. На местности оси зданий и сооружений выносят от пунктов государственных геодезических сетей, сетей местного значения, геодезических разбивочных сетей (строительной сетки, красных линий) и точек съемочной основы. Вынесение осей отдельных зданий на застроенной территории может выполняться от осей и плоскостей существующих зданий и сооружений.

Вынесение осей выполняется способами: прямоугольных и полярных координат; прямой угловой, линейной и створной засечек. Под вынесением оси понимают определение и закрепление на местности согласно проектному положению не менее двух точек, расположенных на ней.

Сначала на местности строят главные или основные оси. Детальные (вспомогательные) оси разбивают от вынесенных главных и основных осей.

Главные оси разбивают при сложной конфигурации зданий или значительных их размерах, а также в случаях, когда группа зданий (особенно промышленного типа) связана между собой технологическими процессами.

Основные оси разбивают при строительстве небольших по размерам отдельных зданий и сооружений.

К началу проведения полевых работ составляется рабочий чертеж в произвольном масштабе, на котором показывают: ближайшие пункты геодезической основы и другие, закрепленные на местности точки с известными координатами; основные и детальные оси здания с координатами его углов и размерами; графически изображается метод вынесения отдельных точек осей с необходимыми данными углов и расстояний, а также схема и места закрепления точек осей. Заданы размеры сооружений необходимые для контроля в процессе разбивочных работ.

Часть положения главных и основных осей промышленных зданий разбивают от ближайших пунктов строительной сетки главным образом, методами створных засечек и прямоугольных координат (рис. 12.1.1). Так, в первом случае по створу между пунктами строительной сетки по проектным расстояниям определяют на местности положение точек a, b (линия 12-5), c, d (линия 13-6) и так далее. Полученные точки a, b, \dots, q и образуют оси сооружения. *Методом створной засечки* определяют на местности положение углов зданий I, II, III, IV. Для контроля в каждом из них определяют взаимную перпендикулярность осей. Отклонения не должны превышать $1'$. Дополнительно измеряют расстояния между точками. Они должны равняться проектным.

Точки углов зданий можно получить *способом прямоугольных координат*. Для этого, например, от пункта 12 в направлении пункта 13 откладывают расстояние. Получают точку P .

В точке P устанавливают теодолит. От линии 12-13 откладывают угол 90° и вдоль полученного направления откладывают проектное расстояние $d_1 = 20,00 + 60,00 = 80,00$ и получают точки I и III. Аналогично получают точки II и IV.

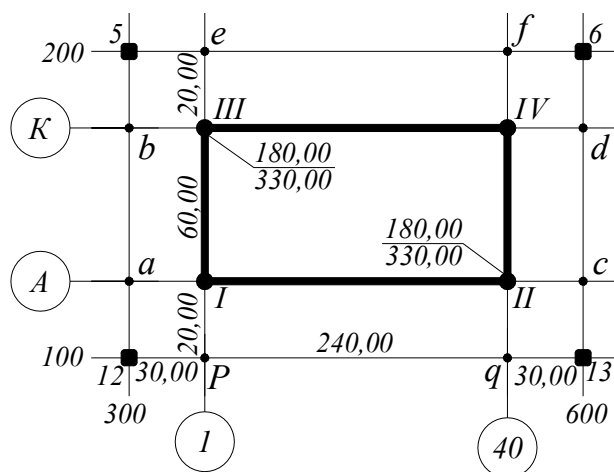


Рис. 12.1.1 Схема разбивки основных осей от пунктов строительной сетки

В ряде случаев при возведении промышленных зданий с установлением большого количества колонн для оборудования мостового крана, кроме закрепления главных и основных осей постоянными знаками закрепляют вспомогательные оси, которые проходят по осям колонн (рис.12.1.2). На каждой створной плоскости

вспомогательных осей устанавливают по два знака: их рекомендуется закреплять по створу, перпендикулярному к закрепленной оси. Точки вспомогательных осей используются при установке в проектное положение колонн в плане и по вертикали.

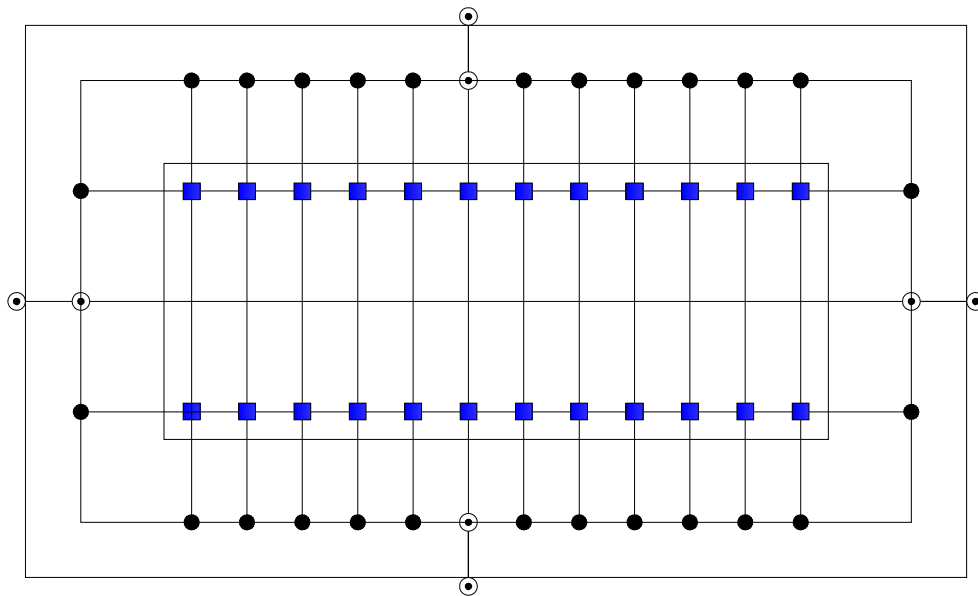


Рис. 12.1.2 Схема закрепления главных и вспомогательных осей промздания:

- – колонны, ● – точки закрепления главных осей,
- – точки закрепления вспомогательных осей

Приведенные схемы закрепления осей зданий и сооружений наиболее распространены.

В зависимости от назначения здания и условий строительной площадки могут применяться и другие схемы закрепления осей.

При строительстве внутри существующей застройки отдельных зданий их оси можно выносить от характерных точек и линий твердых контуров (рис.12.1.3, а).

На разбивочном чертеже указываются расстояния до основных осей здания от его углов или плоскости стены. При возможности положения точек осей сооружаемого дома $a, b \dots, l$ обозначают на стенах соседних существующих домов. На стене цветным карандашом проводят черточку, а по обе её стороны на одинаковом расстоянии краской наносят две широкие полосы (рис.12.1.3, б).

На местности положения точек осей получают линейными промерами вдоль стен зданий (a и b), по створам плоскостей здания (точки 1, 3, 5) и так далее. Положения точек углов здания определяют створными засечками по вынесенным осям или линейными промерами от закрепленных на местности точек осей.

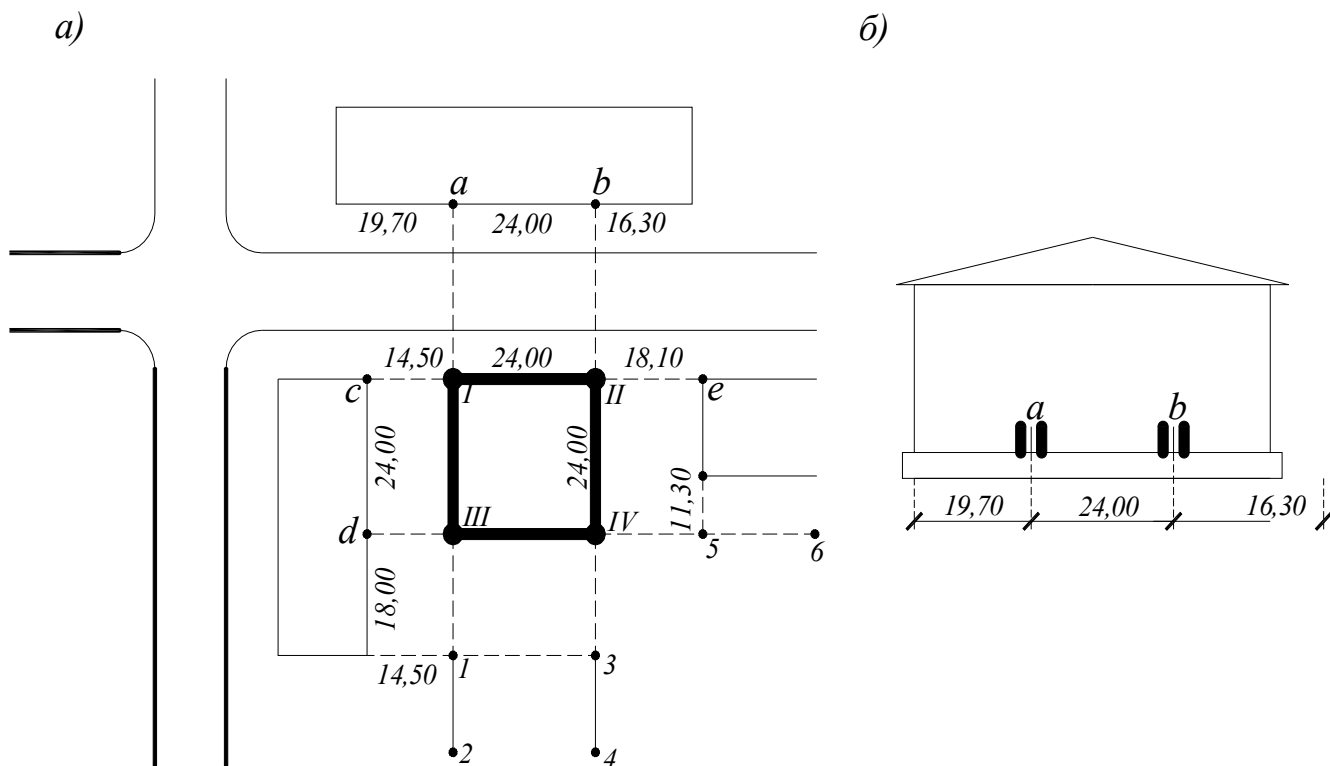


Рис. 12.1.3 Схема привязки осей зданий к местным предметам и контурам: а) план; в) маркировка осей краской.

Кроме створных знаков закрепления осей, каждое здание должно быть обеспечено не менее чем двумя рабочими высотными реперами; их называют *строительным нулем* - это репер нивелирования, установленный на уровне пола первого этажа сооружаемого здания (рис.12.2.1). Строительный нуль выносят методом геометрического нивелирования от ближайших реперов нивелирных сетей.

Место установки выбирается с учетом удобства пользования ими в период высотных разбивочных работ.

После завершения разбивки осей и установки рабочих реперов составляют исполнительную схему в произвольном масштабе. На схему выписывают все данные угловых и линейных измерений, исходные

пункты геодезических сетей, от которых выполняют разбивку, знаки закрепления осей, их привязку и расстояние между ними.

12.2 Построение обноски и вынос на нее осей

Для проведения разбивочных работ при возведении подземной части здания до уровня пола первого этажа создают обноску. Этот этап строительных работ называют *нулевым циклом*.

Он завершается устройством перекрытий на уровне пола первого этажа на нулевом монтажном горизонте.

Обноска называют специальное ограждение, которое устанавливается за внешним контуром сооружаемого здания, с вынесенными на нее осями. Обноска обеспечивает высокую точность разбивки осей (1... 2мм) и передачу их в котлован при устройстве фундаментов.

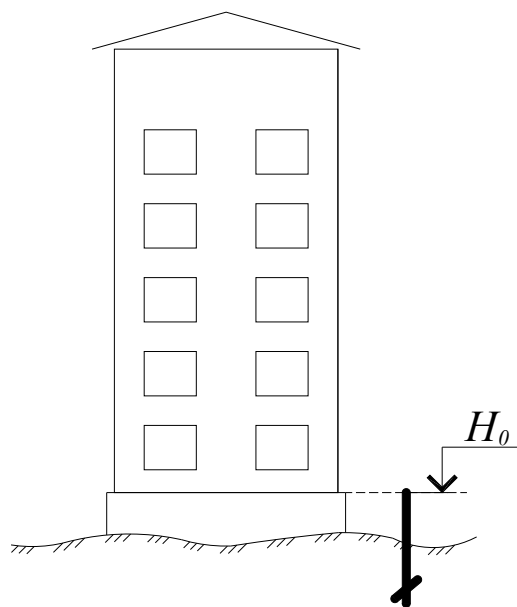


Рис. 12.2.1 Схема закрепления «строительного нуля»

Обноску проектируют на строительном генплане так, чтобы она не попадала в зоны проведения земляных работ и установки строительных кранов или на места складирования элементов строительных конструкций.

По форме строительная обноска параллельна контуру здания, отстоит от плоскости стен приблизительно на 4...8м, но не менее, чем на 1,5...2м от верхней бровки котлована. По конструкции она подразделяется на сплошную и створную (рис.12.2.2).

При сплошной обноске по всему периметру здания по створу параллельно осям приблизительно через 3...4 м на принятом расстоянии закапывают в землю столбы. С помощью нивелира на столбах делают метки на одной высоте. По нанесенной метке столбы обрезают. К ним вровень горизонтально прибивают доски толщиной 3... 4 см. В необходимых местах делают разрывы для въезда машин в котлован (рис.12.2.2).

Створная обноска (рис.12.2.2) состоит из отдельных столбов, установленных по всем осям здания. Каждая пара столбов закрепляет отдельную ось. Все столбы устанавливают по линии, параллельной осям дома. Расстояние между столбами равняется расстоянию между осями дома.

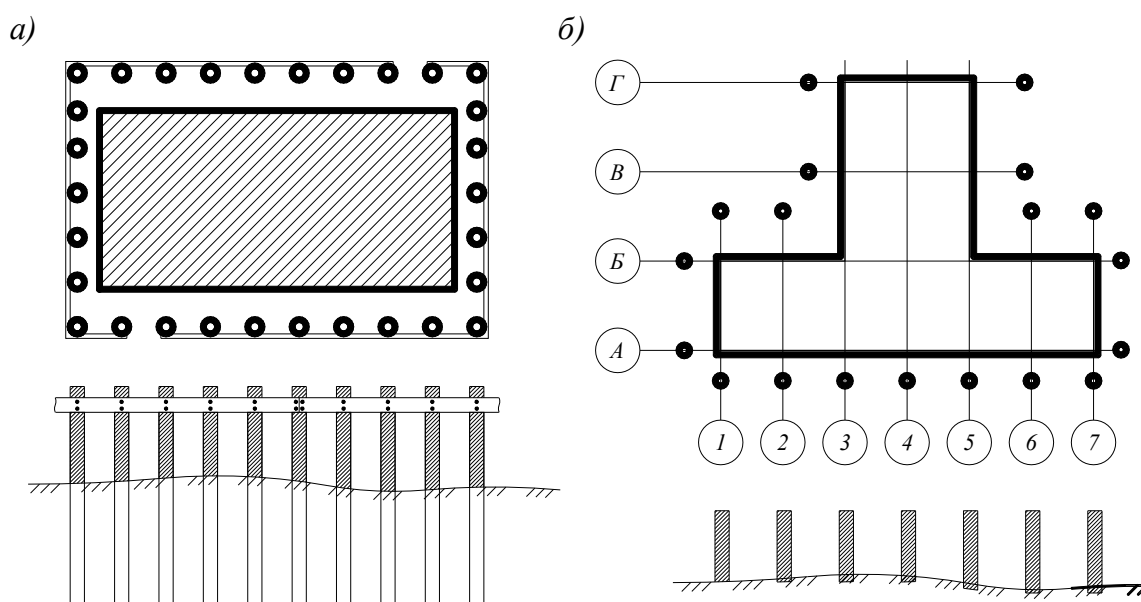


Рис. 12.2.2 Схема создания обноски:

а) сплошная обноска; б) створная обноска при сложной фигуре здания

Высота обноски должна быть около 0,5...1,2 м, удобной для проведения по ней линейных измерений и установки над ней теодолита. На местности с большим уклоном обноску строят уступами (рис.12.2.3).

В практике жилищного строительства широко используется инвентарная обноска (рис.12.2.4). Она состоит из металлических якорей (труб), которые забиваются в землю за створной линией на глубину до 0,7м на расстоянии 3...4 м. В отверстия якорей устанавливают металлические стояки с муфтами. К ним горизонтально крепят

трубчатую штангу. По штанге передвигается муфта, которая может быть закреплена в любой точке. Якоря (столбы) размещают вне осей. Ось на обноске фиксируется положением муфты.

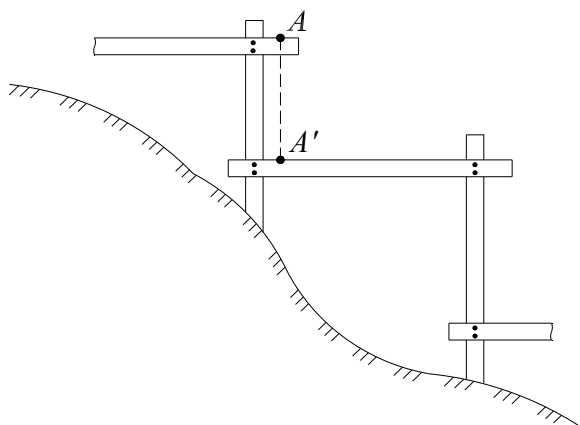


Рис. 12.2.3 Обноски уступами

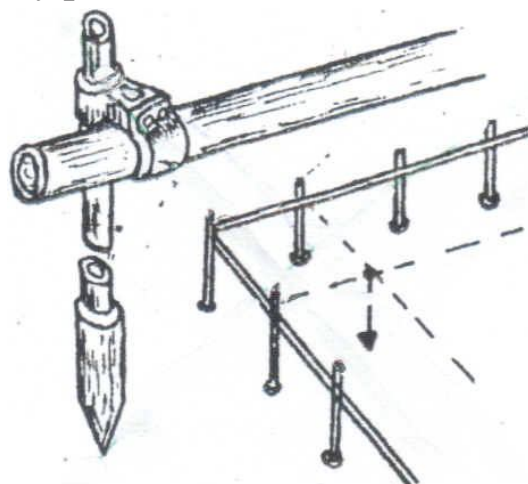


Рис. 12.2.4 Инвентарная обноски

Обноска служит для закрепления осей здания или сооружения. Относительная погрешность линейных измерений при разбивке осей по обноске составляет $1:10000 \div 1:25000$.

Разбивка обноски. На местности обноску разбивают от вынесенных главных или основных осей здания на основе рабочих разбивочных чертежей и проекта обноски.

Разбивка осей на обноске. С помощью теодолита на обноску переносят главные или основные оси, проектируя коллимационной плоскостью. Для этого, например, устанавливают теодолит на точку I , а марку или веху в точку I'' (рис.12.2.1).

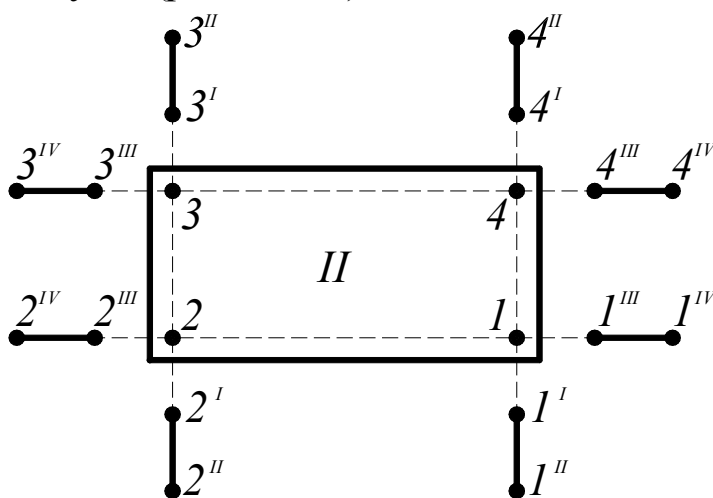


Рис. 12.2.1 Схема закрепления главных осей

Наводят визирную ось трубы на марки. Наклоняя трубу, визируют на обе стороны обноски и тонкой линией карандашом намечают точки. Перевернув трубу через зенит, визируют на марки и опять намечают точки на обноске. Из двух точек отмечают середину. Она и будет фиксировать положение визирной оси на обноске. Аналогично выносят на обноске ось 2-2".

После вынесения основных осей согласно разбивочным или рабочим чертежам на обноске определяют положение всех других осей (основных и вспомогательных).

Для этого по верху обноски с помощью стальной или инварной прокомпарированной рулетки откладывают расстояния к искомым осям. Относительная точность отложения линий не должна превышать $1:10000 \div 1:25000$. В линии вводят поправки за компарирование и температуру.

Между намеченными осями выполняют контрольные промеры. После вынесения на обноску всех осей, их закрепляют гвоздями. Против каждого гвоздя, который фиксирует ось, яркой краской прочерчивают вертикальную линию и большим шрифтом подписывают название оси.

13 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

13.1 Геодезические работы при устройстве котлованов

При устройстве котлованов под фундаменты зданий и сооружений на местности разбивают границы (линию бровки) котлована, ведут постоянный геодезический контроль за выемкой грунта. По окончании земляных работ выполняют исполнительную съемку дна котлована.

Способы разбивочных работ зависят от материала, конструкции и глубины закладки фундамента. Котлованы разбивают на основе чертежей фундаментов и разбивочных чертежей от вынесенных на местность осей сооружений

Разбивка стенок неглубоких котлованов под ленточный фундамент выполняется от основных осей здания, нанесенных на обноске 1 (рис.13.1.1). Для этого вдоль оси между точками на обноске натягивается проволока или жесткая нить 2. С помощью отвеса ось переносится на землю. Вдоль оси через 20 м и больше забивают колья. Вправо и влево от оси откладывают половину ширины фундаментной подушки ($a/2$) и также закрепляют кольями. Между кольями натягивают шнур, который и отмечает границу котлована. Иногда вдоль шнура делают небольшие углубления.

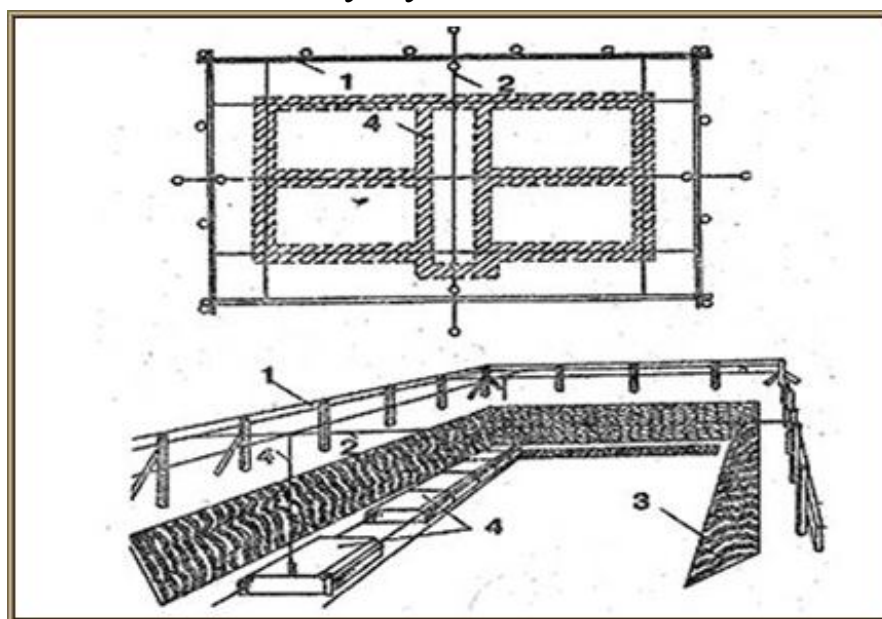


Рис. 13.1.1 Разбивка котлована под ленточный фундамент:

- 1 - обноска; 2 - шнур (провод);
3 - стена котлована; 4 - плиты фундамента

При устройстве монолитных ленточных фундаментов ширина котлована несколько увеличивается с тем, чтобы можно было без препятствий установить и закрепить щитовую опалубку.

При выемке почвы систематически проверяют глубину котлована с помощью визира или геометрическим нивелированием. Выемка грунта за 5...10 см до проектной отметки дна котлована останавливается. Перебор грунта (лишняя выемка) не допускается, поскольку это нарушает естественную структуру почвы.

Перед окончательной зачисткой дно котлована тщательным образом проверяется визирками или с помощью нивелира. На каждом пересечении строительных осей, но не реже как через 4...5 м геометрическим нивелированием или с помощью визирок устанавливают колья на проектную отметку дна котлована.

После окончательной зачистки дна котлована составляют исполнительную схему. На дне котлована от направлений продольных и поперечных осей дома разбивают сетку через 5... 8 м и нивелируют дно в вершинах сетки.

На исполнительной схеме отмечают размеры котлована от основных осей и выписывают отметки до отрытия котлована и фактические отметки его дна.

В середине схемы записывают проектную отметку. Отклонения фактических отметок дна котлована от проектной не должны превышать 2...3 см.

13.2 Геодезические работы при монтаже фундаментов

Методика проведения геодезических разбивочных работ при монтаже фундаментов зависит от конструкции фундаментов. Различают ленточные и сплошные фундаменты (фундаментные плиты).

Наиболее распространено применение ленточных фундаментов. По конструкции они разделяются на два типа: ленточные для опирания сплошных несущих стен и стаканного типа для приёма нагрузок от колонн. По оборудованию их подразделяют на сборные и монолитные.

Монтаж сборных ленточных фундаментов. Сборные ленточные фундаменты под несущие стены (рис.13.2.1) состоят из блоков внешних стен 1, внутренних стен 2 и блоков-подушек 3.

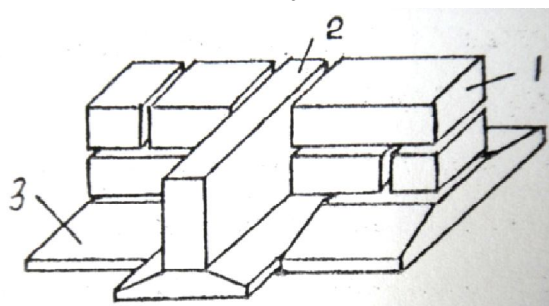


Рис. 13.2.1 Схема монтажа блоков ленточных фундаментов

После окончательной зачистки дна котлована или траншеи под блоки-подушки 3 засыпают слой песка. С помощью визирок его выравнивают и утрамбовывают.

В жилищно-гражданском строительстве фундаменты монтируют струнным способом. Для этого сначала вдоль основных осей, по обноскам здания натягивают проволоки 2 (рис.13.2.2). Подвешивают к проволокам нитяные отвесы и передают оси в котлован. Монтаж блоков фундаментов 3 выполняют по нанесенным на блоки монтажным черточкам, совмещая их с остриями груза отвесов 4.

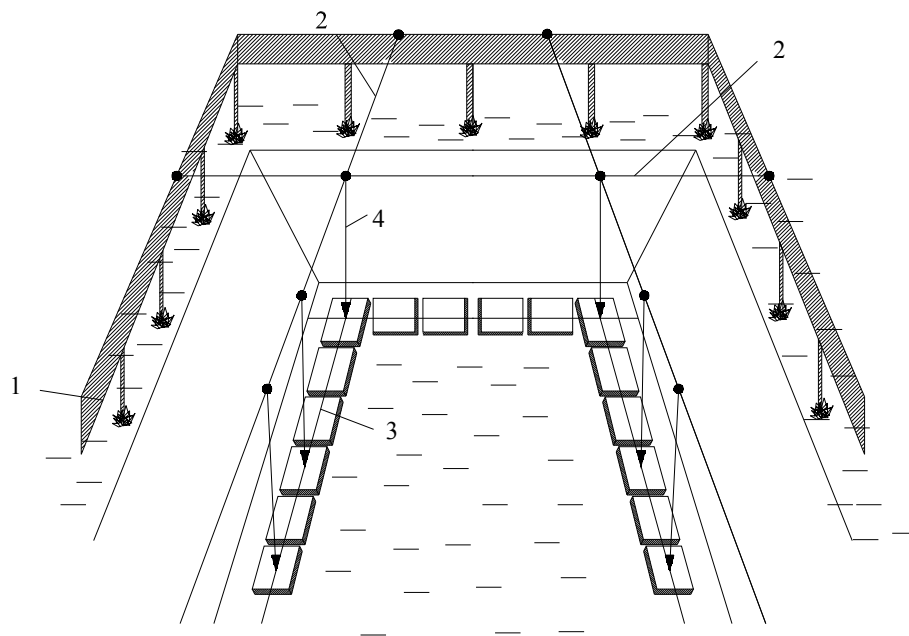


Рис. 13.2.2 Монтаж блоков ленточного фундамента

Сначала укладывают блоки на углах здания. Между ними через 15...20м устанавливают маячные блоки. Одновременно с устройством

блоков в плане нивелируют их поверхность. Рейку устанавливают на каждом блоке на осевой линии. Отклонение отдельных блоков в плане и по высоте не должны превышать ± 10 мм

Между угловыми и маячными блоками по линии фундаментов на расстоянии 5 мм от его грани натягивают проволоку. Ориентируясь по проволоке (шнуру), размечают все промежуточные блоки. После укладки ряда блоков вертикальные швы между ними заполняют бетоном. Так же монтируют следующий ряд блоков - сначала угловые и маячные, а затем промежуточные. В то же время проверяют вертикальность с помощью обычного нитяного отвеса, удерживая его вблизи вертикальной плоскости фундамента. Горизонтальность каждого блока можно проверить обычным уровнем-ватерпасом.

При монтаже блоков для ввода подземных инженерных сетей (канализации, водопровода и др.) оставляют необходимые отверстия. Высотное положение ввода определяется нивелированием от рабочих реперов, а при готовом фундаменте - от его верхнего среза (грани).

Разбивка ленточных фундаментов из монолитного железобетона. Ленточные фундаменты из монолитного железобетона выполняются в опалубке. *Опалубкой* называют специальные ограждения в виде коробов, внутренние размеры и форма которых отвечает проектным размерам и форме фундамента.

Геодезические разбивочные работы при устройстве фундаментов из монолитного железобетона заключаются в установке в проектное положение в плане и по высоте конструкций опалубки.

Аналогично монтажу блочных фундаментов вдоль осей опалубки натягивают проволоки 2 (рис.13.2.3). Подвесив отвесы 3, передают оси фундамента в котлован. Относительно отвесов устанавливают в плановом положении нижние щиты опалубки 4 и закрепляют распорками 5. Одновременно от рабочих реперов устанавливают опалубку по высоте. Установка опалубки вдоль осей в плане и по высоте выполняется отдельными секциями (блоками). В некоторых местах предусматриваются отверстия для ввода подземных инженерных сетей.

Далее положение опалубки контролируется. Смещение осей опалубки от проектного положения не должно превышать 15мм. Смещение опалубки стен, колонн, балок и пролётов допускается до 10мм. Уменьшение внутреннего размера в поперечных сечениях опалубки не допускается. Увеличение не должно превышать 5мм.

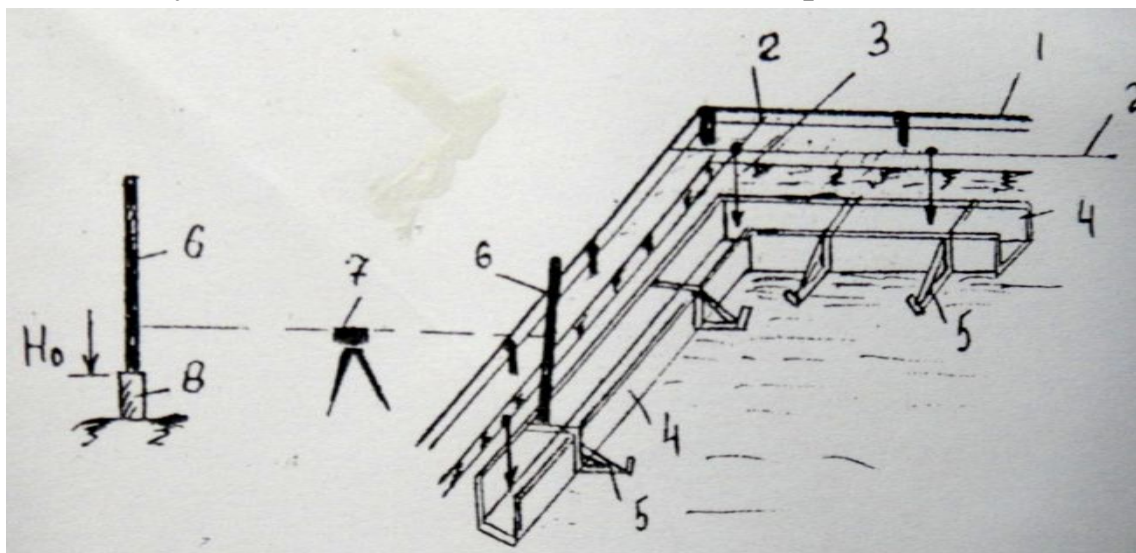


Рис. 13.2.3 Разбивка опалубки ленточных фундаментов

1 - обноска; 2 - шнур (проволока); 3 - стена котлована; 4 - опалубка фундамента; 5 - крепление опалубки; 6 - рейки; 7 - нивелир; 8 - репер.

Передачу осей на опалубку можно выполнять способом оптического визирования. Вертикальность опалубки проверяется нитяным отвесом. Допускается отклонение от вертикали ± 5 мм на 1 м высоты, но не больше чем 20мм на всю высоту конструкции.

Верхний срез фундамента выносится геометрическим нивелированием и фиксируется гвоздем. Во время укладки бетона между гвоздями натягивают шнур (проволоку).

Для придания фундаменту гладкой горизонтальной поверхности с помощью нивелира устанавливают обрезки арматуры, углубляя их в бетон до его затвердения. Потом по верхним концам арматуры «затирают» бетонную смесь.

После снятия опалубки поверхность фундамента нивелируют в точках пересечения осей и через 5...10 м в промежутке между осями. С помощью отвесов выносят положение осей на поверхность фундамента. В результате измерений составляют исполнительную схему, где указывают отклонения от проектных данных.

Разбивка при устройстве фундаментов под колонны.

Железобетонные фундаменты под колонны бывают монолитные и сборные. Фундаменты высотой свыше 35 см сооружают уступами.

Котлованы для устройства фундамента под каждую колонну, как правило, неглубокие. К началу монтажа фундаментов под каждую колонну способом оптического визирования около края каждого котлована выносят оси симметрии колонн (фундамента) и закрепляют их кольями (рис.13.2.4). При небольших размерах здания по всем осям натягивают по обноске проволоки.

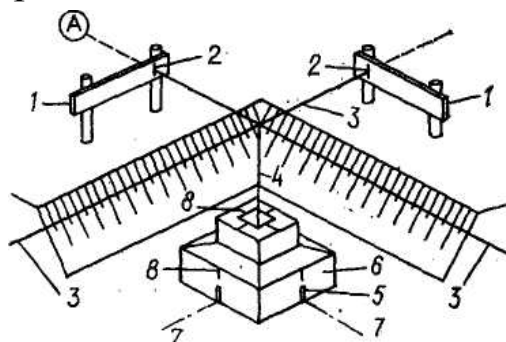


Рис. 13.2.5 Разбивка осей фундамента под колонну:

1- обноска; 2,7,8 - черточки осей фундамента; 3 - проволока, которая определяет положение осей; 4- отвес; 5-кольшки-фиксаторы; 6-фундамент.

Монтаж сборных фундаментов. Самым распространенным сборным фундаментом под колонну является блок стаканного типа (см. рис. 13.2.5).

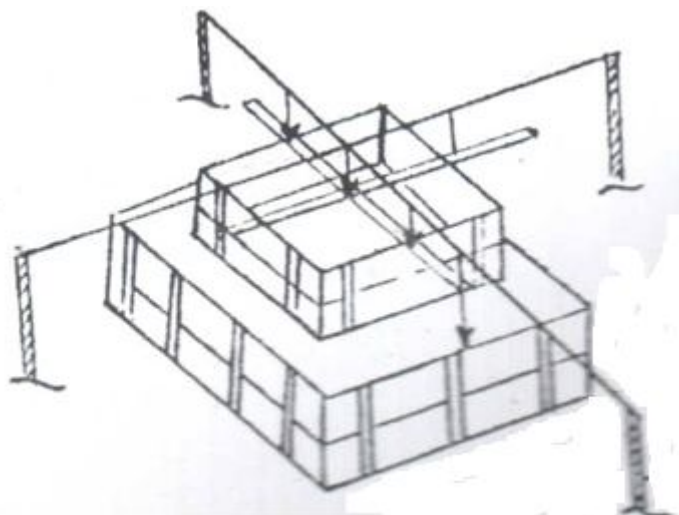


Рис. 13.2.6 Устройство опалубки для колонн

Устройство фундаментов из монолитного бетона. Технология выполнения геодезических работ при устройстве фундаментов

(рис.13.2.6) такая же. Сначала выносят оси на дно котлована. Потом устраивают опалубку. Окончательно установленную опалубку закрепляют. На стенки короба выносят проектные отметки, устанавливая их немного ниже. К проектной отметке подливают бетонную смесь или устраивают металлические прокладки под колонны.

Если фундамент предназначен для монтажа металлических колонн, то в тело фундамента забетонируют анкерные болты. Местоположение болтов в плане и по высоте должно точно отвечать размещению отверстий на башмаке металлической колонны.

Анкерные болты устанавливают при бетонировании фундамента и тщательно проверяют после укладки бетонной смеси до её затвердения.

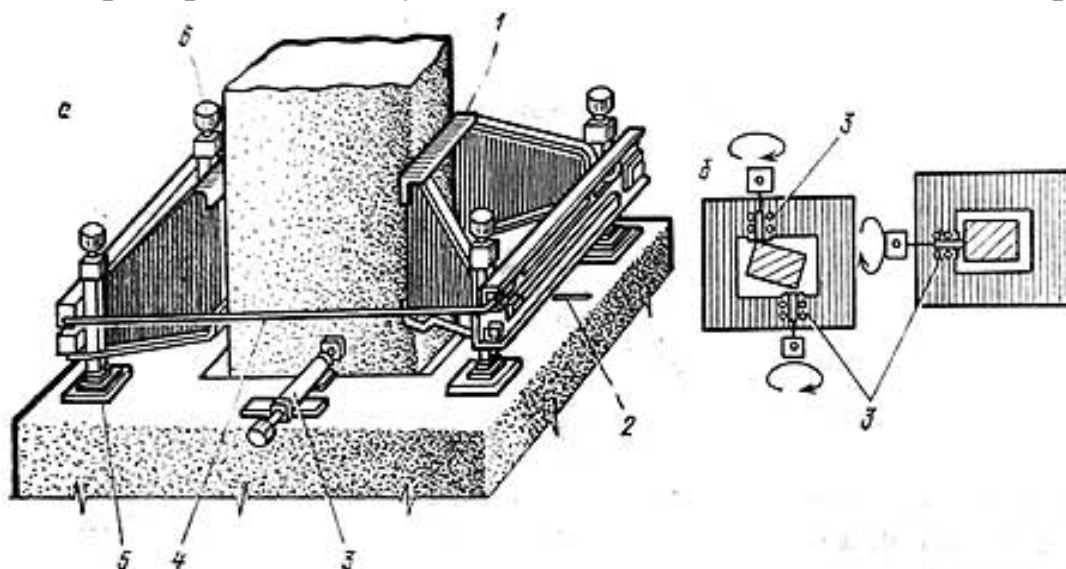


Рис. 13.2.7 Кондуктор для закрепления колонны массой до 5т в стаканы фундаментов:

- а- общий вид; б - схема рихтовки колонн в плане;
- 1 - корпус; 2 - черточки; 3 - горизонтальный домкрат;
- 4 - стяжной болт; 5 - подкладки; 6 - винтовые домкраты кондуктора.

Точного установления анкерных болтов относительно разбивочных осей *A-A* и *I-I* достигают с помощью кондукторов (рис.13.2.7). Последний представляет собой жесткую металлическую или деревянную раму с отверстиями для анкерных болтов. При строительстве фундамента кондуктор устанавливается горизонтально на проектной отметке. Оси его совмещаются с разбивочными осями и

кондуктор закрепляется. В отверстия кондуктора вставляют анкерные болты, и опалубку заполняют бетоном.

На фундаментах для монтажа технологического оборудования около каждого анкерного болта в бетоне делают небольшие углубления (колодцы). Это дает возможность при монтаже немного отгибать болт и следовательно смещать его положение.

По окончании работ составляют исполнительную схему, где в миллиметрах указывают размеры: от осей до анкерных болтов, между ними, между осями смежных фундаментов. К схеме добавляют таблицу отметок болтов и верха бетона.

Для исполнительной схемы на бетонную поверхность фундамента методом оптического визирования выносят основные оси здания. Вспомогательные оси определяют промерами рулеткой от основных осей. Если на местности закреплены вспомогательные оси, то их оптическим способом выносят на каждый фундамент. Оси на фундаменты выносят сначала в одном направлении, а затем в другом (перпендикулярном) направлении. На поверхности фундамента ось прочеркивают острым инструментом и красят масляной краской.

Расстояния до закладных деталей и отметки определяются с точностью до 1 мм. Размеры фундамента и его частей измеряют до 1 см.

13.3 Построение разбивочной сети на исходном монтажном горизонте. Передача осей на монтажные горизонты

Методика геодезических работ, изложенная в предыдущих пунктах, выполнялась на стадии возведения подземной части здания. Она завершается монтажом перекрытий пола первого этажа. В практике строительства ее называют нулевым или исходным монтажным циклом.

Состав строительно-монтажных работ, которые выполняются выше исходного монтажного горизонта, называют *возведением надземной части здания*.

Для монтажа конструкций надземной части здания на исходном монтажном горизонте создается *плановая разбивочная сеть*. Пункты этой сети по мере возведения здания используются в качестве опорных для передачи координат на расположенные выше монтажные

горизонты и для разбивки монтажных осей. *Монтажным горизонтом* называют перекрытие, которое находится в нижней основе элементов монтируемых конструкций.

Виды и точность разбивочной основы зависят от методов проведения строительно-монтажных работ, этажности здания и конструктивных решений.

Разбивочную сеть создают в виде правильных геометрических фигур. Самая простая из них закреплена створной линией (рис.13.3.1). Стороны сети должны быть параллельные осям зданий и сооружений. По форме они, как правило, повторяют конфигурацию зданий или сооружений.

В ряде случаев при небольшой этажности здания (до 9 этажей) основные оси здания непосредственно закрепляют на ее цокольной части (рис.13.3.1). Для этого от закрепленных на местности основных или главных осей на верхней части цоколя здания при помощи теодолита намечают черточки 1 с обеих сторон при двух положениях круга КП и КЛ.

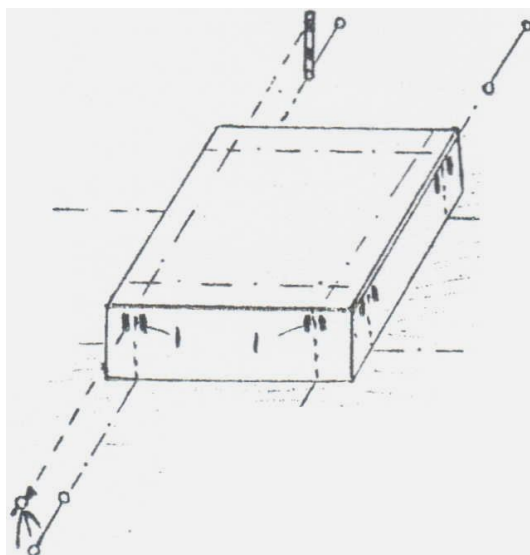


Рис. 13.3.1 Схема перенесения и закрепления осей на исходном монтажном горизонте

Масляной краской с обеих сторон на одинаковом расстоянии проводят полосы для лучшей сохранности.

По мере возведения здания видимость между точками оси закрывается. Поэтому закрепленные на цоколе здания черточки осей

служат в дальнейшем для перенесения и разбивки осей на расположенных выше монтажных горизонтах.

При возведении здания повышенной этажности или повышении требований к точности установки конструкций в проектное положение создается внутренняя разбивочная основа. Для этого на исходный монтажный горизонт выносят главные или основные оси здания или сооружения. От вынесенных осей намечают положение пунктов разбивочной основы (рис.13.3.2). Пункты основы закрепляют обрезками арматуры или используют закладные детали в фундаментах или плитах перекрытия. Центры знаков отмечают марками. Между точками сети с высокой точностью измеряют все углы и линии. Сеть уравнивают и вычисляют условные координаты точек сети. Если они не равны проектным расстояниям, то положения отдельных точек смещают. То есть делают новое накернение в соответствии с заданными проектными расстояниями между пунктами вдоль взаимно перпендикулярных осей. Местоположение пунктов выбирают так, чтобы можно было установить над ними геодезические приборы.

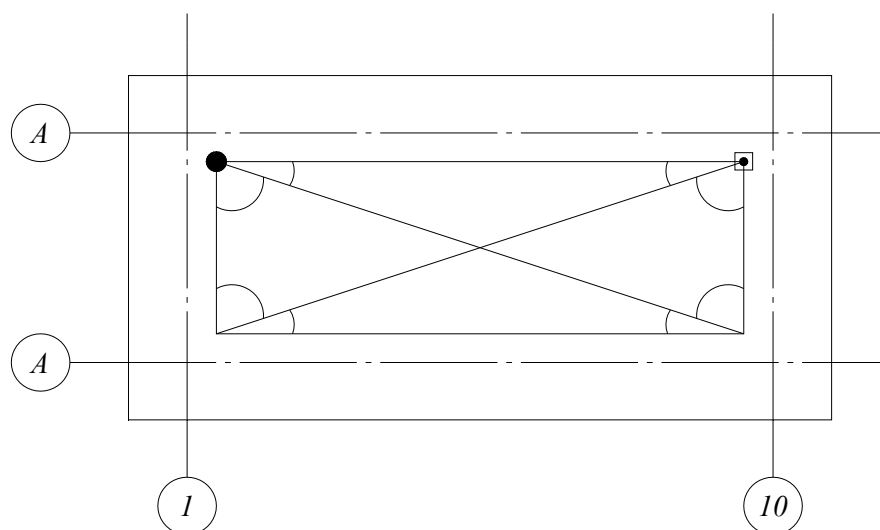


Рис. 13.3.2 Схема построения разбивочной основы

Для обеспечения требований, приведенных в табл.9.1, плановую разбивочную основу на исходном горизонте создают с более высокой точностью, чем на расположенных выше монтажных горизонтах.

По точкам плановой разбивочной основы на исходном монтажном горизонте прокладывают нивелирный ход с привязкой его к двум рабочим реперам, размещенным на строительной площадке.

На исходном монтажном горизонте от пунктов разбивочной основы выносят монтажные оси и устанавливают в проектное положение элементы строительных конструкций первого этажа. Для установки конструкций на расположенных выше монтажных горизонтах на них передают положение осей или пунктов разбивочной основы.

Передача осей на монтажные горизонты. Точки осей или пунктов разбивочной основы передают на расположенные выше монтажные горизонты двумя способами : *наклонного* и *вертикального* проектирования.

Способ наклонного проектирования применяется в случаях, когда исходные оси здания нанесены на цокольной части дома (рис.13.3.3). Он заключается в проектировании коллимационной плоскостью теодолита. Для этого на точке A закрепления оси здания устанавливают теодолит и приводят в рабочее положение. Наводят визирную ось зрительной трубы на точку A' (рис. 13.3.3). Одновременно устанавливают штатив с визирной маркой на монтажном горизонте приблизительно в створе разбивочной оси на расстоянии около 50 см от плоскости внешней стены.

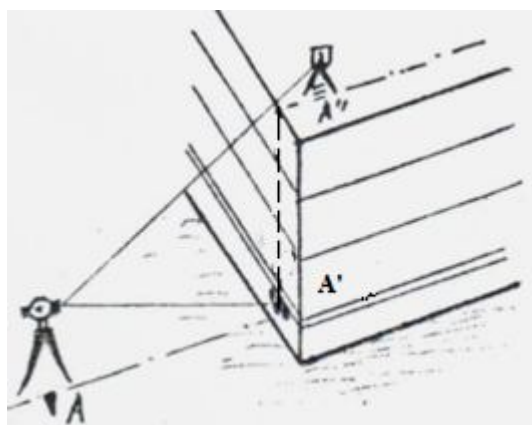


Рис. 13.3.3 Способ наклонного проектирования

Потом, поднимая трубу, наводят ее на визирную марку и совмещают визирную марку с перекрестием сетки нитей.

С помощью оптического или нитяного отвеса ось марки проектируют на перекрытие и отмечают черточкой. Такие же действия выполняют и при втором положении вертикального круга. Получают вторую черточку. Если они не совпадают, то намечают среднюю черточку в точке A'' .

Таким же способом переносят точку этой самой оси с противоположной стороны дома. Потом, установив теодолит на перекрытии вместо визирной марки, по створу точек разбивают в необходимых местах черточки оси. Так же выносят другие оси на монтажный горизонт.

Способ наклонного проектирования можно применять при перенесении осей для зданий до 12 этажей. Средняя квадратическая погрешность перенесения оси на монтажный горизонт составляет ± 2 мм.

Способ вертикального проектирования применяют для передачи осей при возведении многоэтажных домов или сооружений башенного типа. Суть способа заключается в том, что точку разбивочной основы, расположенную на перекрытии исходного горизонта, проектируют на вышерасположенные монтажные горизонты по вертикали через специальные отверстия в перекрытиях (рис. 13.3.4).

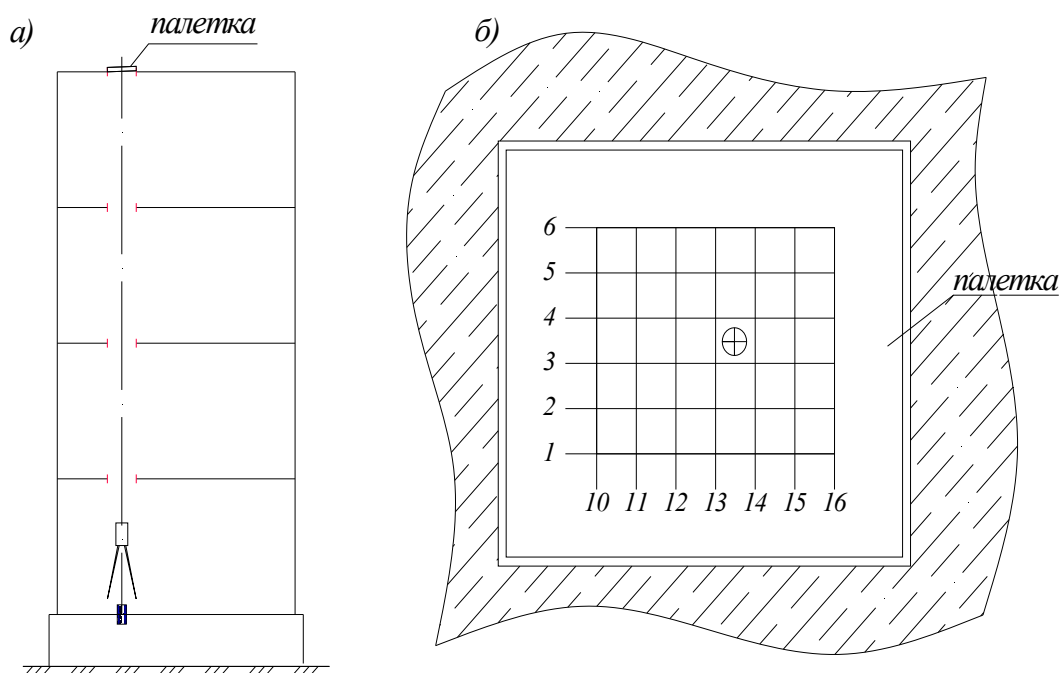


Рис. 13.3.4 Способ вертикального проектирования

Проектирования выполняют с помощью приборов вертикального проектирования ОЦП, PZL и др. Особенно эффективно применение лазерных приборов.

Для передачи осей на исходном горизонте над знаком центрируют прибор вертикального проектирования (ОЦП, PZL). На монтажном горизонте в отверстиях устанавливается прозрачная палетка (рис.13.3.4),

которая имеет оцифрованную сетку прямоугольных координат. С помощью визирного луча берут отсчеты по палетке. Они и указывают центр знака на монтажном горизонте. Аналогично переносят другие пункты разбивочной основы с исходного на монтажный горизонт.

В зависимости от технологии монтажных работ применяют метод сквозного или последовательного перенесения осей. При *сквозном проектировании* точки сети передают сразу с исходного на очередной монтажный горизонт. При *последовательном проектировании* точки сети передают с исходного горизонта на второй, со второго на третий и так далее

Передача осей методом вертикального проектирования происходит со средней квадратической погрешностью ± 1 мм на 100 м высоты.

Высотной основой на монтажном горизонте являются рабочие реперы. Для этого используют закладные детали в конструкциях, штыри, скобы, пластины и тому подобное. Отметки рабочих реперов определяют методом геометрического нивелирования.

По окончании работ создания плановой и высотной геодезической разбивочной основы составляют исполнительную схему для каждого монтажного горизонта.

13.4 Геодезические работы при возведении жилых и общественных зданий

Геодезические работы при возведении надземной части зданий заключаются в разбивке осей элементов конструкций на монтажном горизонте, установке конструкций в проектное положение и контрольно-монтажных измерениях точности монтажа конструкций. Технологическая последовательность геодезических работ тесно связана с технологией монтажных работ. Поэтому при возведении элементов сборных зданий технологические операции монтажа конструкций и геодезических работ взаимосвязаны и сопровождают друг друга.

В строительстве многоэтажных зданий широко применяется сборный железобетон. Из сборных железобетонных конструкций выполняют каркасы, лестничные марши, стены и другие части зданий.

Наибольшее развитие приобрело строительство с применением крупнопанельных конструкций.

Здания, которые возводятся из больших панелей, по конструкции разделяются на крупнопанельные бескаркасные и каркасно-панельные.

Крупнопанельные бескаркасные здания (рис.13.4.1) по конструкции подразделяются на панели, из которых состоят стены, перекрытия и перегородки комнат. Размеры панелей соответствуют высоте этажа, шагам поперечных перегородок и пролётов перекрытий. Таким образом, основным процессом при возведении крупнопанельных бескаркасных зданий является монтаж - установка панелей в проектное положение.

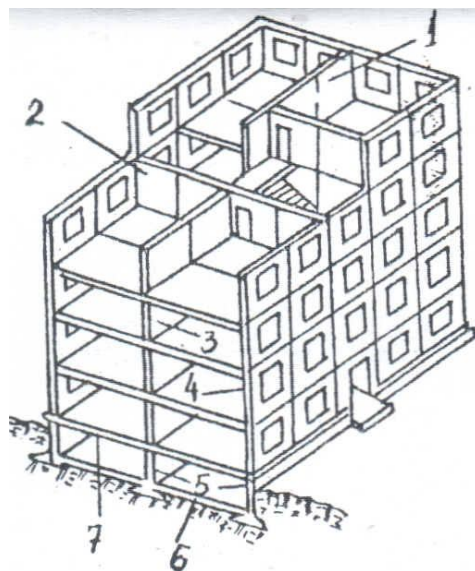


Рис. 13.4.1 Схема бескаркасного крупнопанельного здания:

- 1 - несущие стены; 2 - поперечные панели жесткости;
- 3 - несущие продольные стены; 4 - несущие внешние стены; 5 - блоки стен подвала; 6 - сборные фундаменты; 7 - перекрытие первого этажа.

Различают такие конструкции каркасно-панельных зданий (рис.13.4.2): колонны (железобетонные или металлические), ригели, междуэтажные панели и железобетонные пояса. Колонны и ригели образуют каркас здания.

На возведенный каркас монтируют перекрытие и панели внешних стен. После этого оборудуют перегородки и санитарно-технические устройства. Колонны каркаса производят высотой в два этажа. Поэтому монтаж каркаса ведется ярусами высотой в два этажа сразу. Методы геодезических работ при монтаже элементов строительных

конструкций изложены в разделе 14. Поэтому опишем только технологическую последовательность геодезических работ при возведении надземной части здания.

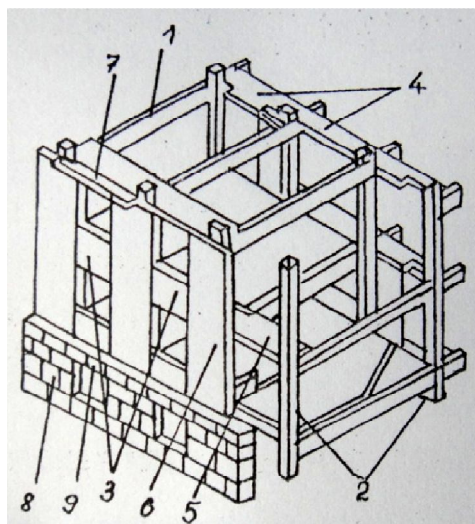


Рис. 13.4.2 Схема каркасно-панельного здания:

- 1 - ригель; 2 - колонны; 3 - междуэтажные перекрытия;
- 4 - панели перекрытия над коридором; 5 - плита перекрытия;
- 6 - междуэтажная панель; 7 - промежуточный железобетонный пояс;
- 8 - бетонный стеновой блок; 9 - железобетонный пояс.

Геодезические работы при монтаже крупнопанельных бескаркасных зданий

Монтаж панелей надземной части здания выполняется после устройства перекрытия первого этажа. Геометрическим нивелированием определяют отметки характерных точек перекрытия. В случае необходимости цементным раствором выравнивают поверхность перекрытия.

От точек закрепления осей здания на перекрытии первого этажа с помощью теодолита разбивают главные и основные продольные и поперечные оси. При строительстве высотных зданий на перекрытии первого этажа строят исходную разбивочную основу (рис. 13.3.2). Затем от нее разбивают продольные и поперечные оси здания.

От вынесенных основных осей на перекрытие переносят все детальные (монтажные) оси. Для каждой панели выносят две черточки осей в продольном направлении и одну - в поперечном направлении. Черточки наносят в направлении визирной оси трубы теодолита. Они служат для установки панелей в плановое положение.

С помощью геометрического нивелирования на перекрытии определяют отметку рабочего репера. Зная высоту панели, геометрическим нивелированием определяют толщину подкладок (маяков) под каждую панель и устанавливают их.

Монтаж начинается с установки угловых или маячных (ориентирных) панелей на цементный раствор, который расстилают на 2...3 мм выше отметки маяка. В плановом положении панель устанавливают по черточкам монтажных осей. Для повышения точности установки панелей в плане применяют фиксаторы в виде стержней из арматуры. Их размещают вертикально по обе стороны от осей стен так, чтобы панель опускалась между четырьмя стержнями, которые выступают над перекрытием. Фиксаторы монтируют по осям, которые разбивают с помощью теодолита или проволоки.

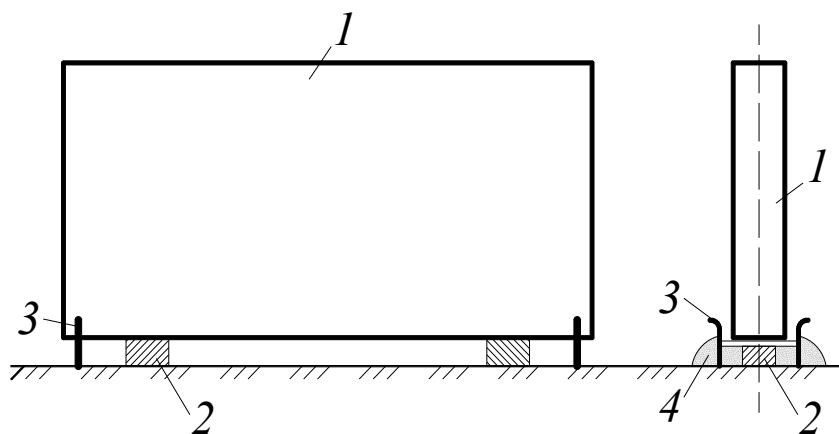


Рис. 13.4.3 Схема установки панелей:

1-панель; 2-маяк; 3-фиксаторы; 4-цементный раствор

Одновременно нивелиром контролируется правильность установки верха панели (рис.13.4.3). Затем с помощью отвеса-рейки панель устанавливают вертикально. После этого панель закрепляют монтажным устройством. Аналогично устанавливают другие панели на монтажном горизонте.

После размещения всех панелей на монтажном горизонте выполняют геодезические контрольно-монтажные измерения. Они заключаются в том, что от монтажных осей контролируют правильность установки панелей в плане, отвесом-рейкой контролируют вертикальность панелей, а геометрическим нивелированием определяют отметки их верха. Все отклонения от

проектного положения фиксируются на исполнительной схеме монтажного горизонта. Если отклонения недопустимые, то положения панелей исправляют.

Потом выполняют монтаж перекрытия 2-го этажа. В плановом положении плиты перекрытия устанавливают, ориентируясь по осям верха установленных панелей. Этим заканчивается монтаж конструкций первого этажа.

Монтаж конструкций второго этажа аналогичен. На перекрытие способом наклонного или вертикального проектирования переносят оси. Разбивают монтажные оси, устанавливают маяки, фиксаторы и выполняют монтаж панелей. Работа заканчивается контрольно-монтажными измерениями и составлением исполнительных схем. Если положение панели исправлялось, то выполняют повторный контроль. Далее методика геодезических разбивочных и монтажных работ повторяется.

Современные методы монтажа рекомендуют фиксированный монтаж панелей. Он заключается в том, что каждая панель оборудована двумя стержнями-фиксаторами и соответствующими им отверстиями внизу. Это обеспечивает центрирование верхней панели над нижней. В этом случае необходимо с высокой точностью выполнить разбивку и монтаж панелей первого этажа.

Для обеспечения высотного положения панелей фиксаторы изготавливают с винтовыми шайбами-упорами. Они выполняют роль маяков.

Геодезические работы при монтаже каркасных зданий

На перекрытии первого этажа выполняют геодезическую съемку установленных конструкций и фиксируют фактическое положение осей и отметок здания, нанесенных на смонтированных конструкциях.

К началу монтажа на металлические оголовки колонн наносят зубилом установочные черточки. На монтажном горизонте разбивают монтажные оси. С помощью теодолита на оголовки уже смонтированных колонн, которые выступают выше уровня перекрытия,

наносят черточки осей. При этом учитывают разницу /невязки/ между проектными и фактическими осями смонтированных колонн.

Геометрическим нивелированием определяют отметки выступающих оголовков, расположенных ниже колонн или площадок опирания. Сравнив их с проектными, вычисляют толщину подкладок, чтобы верх расположенной выше колонны находился на проектной отметке.

Монтаж колонн выполняют, ориентируясь по вынесенным черточкам монтажных осей и черточкам осей симметрии. После монтажа колонн с помощью стальной прокомпарированной рулетки измеряют расстояние между осями низа колонн в продольном и поперечном направлениях. При необходимости исправляют их положение и временно закрепляют.

Потом контролируют монтаж колонн по вертикали с помощью теодолита методом коллимационной плоскости или способом бокового нивелирования. Вспомогательную ось разбивают на расстоянии 1 м от проектной оси колонн. Колонны высотой в один этаж устанавливают с помощью отвеса-рейки.

Для монтажа колонн рекомендуют специальные устройства – кондукторы. Эти устройства позволяют удерживать колонну в плановом положении и по вертикали к моменту окончательного закрепления. После этого кондуктор снимают и используют для установления следующих колонн.

Потом монтируют ригели. На ригели укладывают плиты перекрытий и лестничные марши. Их монтируют со специальных передвижных площадок, которые передвигаются по перекрытиям расположенного ниже этажа.

По окончании сбора каркаса первого яруса и окончательной сварки всех его углов устанавливают стеновые панели. Монтаж начинают с размещения угловых стеновых панелей, которые служат маяками. Места установки панелей размечают на цоколе или промежуточном поясе. После монтажа простеночных панелей и панелей-вставок выполняют их выверку по вертикали.

По окончании монтажа каждого яруса нивелируют верх двухэтажных стеновых панелей. По данным нивелирования вычисляют отметку установки промежуточного железобетонного пояса.

Выверку железобетонного каркаса выполняют в такой последовательности:

1) с помощью теодолита и рулетки проверяют установку в плане угловых колонн относительно монтажных осей;

2) между угловыми колоннами натягивают проволоку и от нее проверяют расстояния между соседними внешними и внутренними колоннами;

3) проверяют отметки верха и размещение в плане ригелей и пролётов.

Внешние стены проверяют участками длиной до 30 м. Сначала совмещают основные панели с гранями панелей нижнего этажа. Потом с помощью приборов проверяют фактическое положение верха крайних панелей относительно монтажных осей. Между крайними панелями натягивают проволоку и проверяют положение промежуточных панелей.

Выполнение контрольно-монтажных измерений сопровождается составлением исполнительных схем с указанием всех обнаруженных отклонений элементов конструкций от проектного положения.

Затем приступают к монтажу следующего яруса и так далее.

13.5 Геодезические работы при монтаже промышленных зданий

Наиболее распространенными конструкциями промышленных зданий является одноэтажные здания с крановым оборудованием (например, здания домостроительного комбината, машиностроительного завода, и тому подобное).

Конструктивно одноэтажные здания состоят из фундаментов под колонны, колонн подкрановых балок, ферм, балок или ферм и панелей покрытий (рис. 13.5.1).

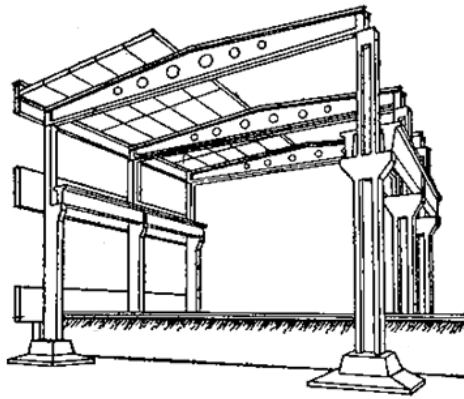


Рис. 13.5.1 Конструктивная схема промышленного здания

Применяют стальные или железобетонные колонны. В поперечном направлении они связаны балками или фермами перекрытий. Колонны устанавливают на сборные или монолитные железобетонные фундаменты. Широко распространен способ объединения колонн с фундаментом через закладные детали с закреплением анкерными винтами. Подкрановые балки железобетонные, иногда стальные таврового или двутаврового сечения.

Многоэтажные промышленные здания проектируют каркасными. Конструктивно они состоят из колонн, ригелей, панелей перекрытий стеновых панелей и лестничных маршей.

Геодезические работы при монтаже конструкций промышленных зданий ведут в такой последовательности:

1. Разбивка при устройстве блоков или опалубки фундаментов под колонны. При устройстве сборных фундаментов их опускают в подготовленный котлован и совмещают черточки на фундаменте с вынесенными осями в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Потом с помощью нивелира определяют отметку дна стакана и вычисляют толщину слоя подливания раствора так, чтобы он был на проектной отметке низа колонны. При втором способе фундаментный блок устанавливают сразу так, чтобы дно стакана, или поверхность монолитного фундамента была на проектной отметке подошвы колонны без последующей подливки. Этот способ требует повышенной точности геодезических работ и изготовления конструкций фундамента и колонны.

При третьем способе колонны устанавливают на стальные опорные плиты. В этом случае фундамент бетонируют на 50...60 мм ниже проектной отметки подошвы плиты. Потом устанавливают готовую плиту, совмещая черточки осей на плите с черточками осей на фундаменте. Положение плиты по высоте проверяется геометрическим нивелированием, а регулируется – с помощью подъемных винтов так, чтобы верх плиты был на проектной отметке. Потом под плиту подливают цементный раствор.

2. *Геодезические работы при монтаже колонн.* После монтажа фундаментов устанавливают колонны. Их временно закрепляют. Геометрическим нивелированием проверяют правильность монтажа колонн по высоте. Вертикальность колонн проверяют с помощью отвеса-рейки, нитяного отвеса или коллимационной плоскостью теодолита.

После каждого процесса строительно-монтажных работ выполняются контрольно-монтажные измерения. После устройства фундаментов и колонн выполняется исполнительная съемка их в плане и по высоте с составлением исполнительных схем, на которых указываются все отклонения от проекта.

3. *Геодезические работы при монтаже подкрановых балок.* Подкрановые балки опирают на консоли колонн. Перед монтажом подкрановых балок на консолях торцевых (крайних) колонн наносят положение осей балок. Для этого откладывают проектный размер от внутренней грани колонны до оси балки (рис.13.5.2). Установив теодолит в точке I, визируют на точку II. Проектируя коллимационной плоскостью (визирной осью трубы), намечают точки a_1, a_2, \dots на консолях всех колонн. Аналогично разбивают оси по створу III -IV (точки b_1, b_2, \dots). После этого измеряют расстояние d от точек осей к внутренним граням колонн и надписывают их краской на колоннах. Составляют исполнительную схему.

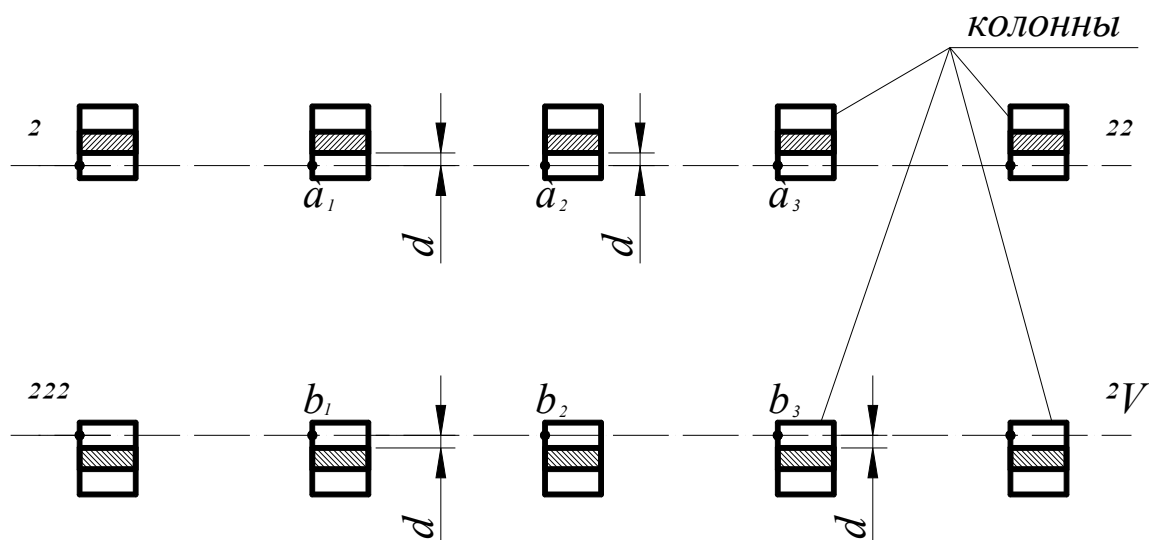


Рис. 13.5.2 Разбивка осей подкрановых балок

Геометрическим нивелированием определяют отметки опорных плоскостей консолей и нулевых черточек на колоннах. По вычисленным отметкам консолей составляют продольный профиль в крупном вертикальном масштабе. По профилю намечают уровень установки подкрановых балок, который отсчитывается от наивысшей отметки. По этому уровню (горизонту) определяют толщину подкладок под подкрановые балки. При монтаже подкрановых балок совмещают черточки осей балок с черточками разбивочных осей, нанесенных на консолях колонн.

Выверку подкрановых балок выполняют после монтажа основного каркаса здания и подкрановых балок. Высотное положение балок контролируется геометрическим нивелированием. Для установки нивелира, при необходимости, оборудуют специальный помост. Опора для нивелира должна быть изолирована от помоста для нивелировщика. Рекомендуется применять нивелиры-автоматы. Рейки устанавливают на конус балки каждой консоли. Нивелируют и черточки, нанесенные на гранях консолей колонн, которые служат для контроля толщины подкладок.

По окончании работ составляют схему размещения балок на консолях в плане относительно осей и указывают отклонения верха их от проектного уровня.

4. Геодезические работы при монтаже подкрановых путей.

Подкрановые рельсы закрепляют поверх подкрановых балок после их окончательной установки в проектное положение теодолитом или отвесом (рис.13.5.3) – способами оптического визирования или струнным.

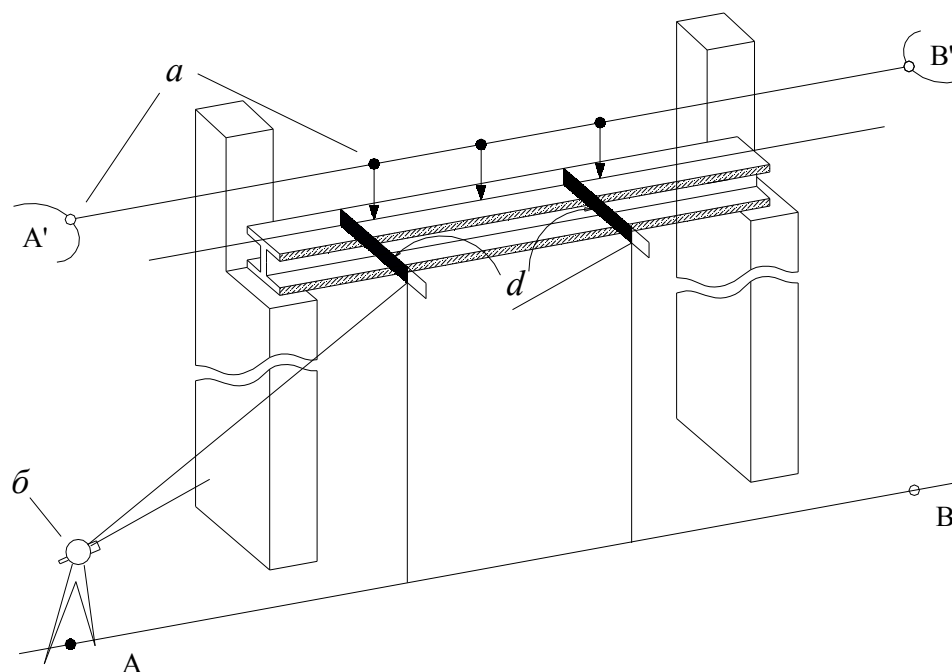


Рис. 13.5.3 Разбивка для монтажа подкрановых путей

При **оптическом способе** на уровне пола выносят две точки A и B разбивочной оси на расстоянии d от оси рельсов. Устанавливают теодолит в точке A и ориентируют визирную ось трубы на точку B . Наводят визирную ось трубы на уровень балки и горизонтально прикладывают рейку с делениями. Рейку передвигают направо или налево до тех пор, пока отсчет по рейке не будет равняться d . По левому концу рейки отмечают ось рельса. Таким же способом определяют ось подкрановых путей в необходимых местах.

В **струнном способе** на конструкциях здания по обоим концам оси закрепляют скобы или другие устройства. С помощью теодолита на них выносят точки оси рельса A' и B' . Между точками A' и B' натягивают струну. К струне подвешивают нитяные отвесы. При монтаже ось путей совмещают с острием груза отвеса.

Положение второй параллельной нити колеи можно определять промерами рулеткой через пролёт (рис.13.5.4). При измерениях необходимо учитывать поправку за провисание

$$\Delta\lambda = \frac{8}{3} \frac{f^2}{l}, \quad (13.5.1)$$

Величину f измеряют предварительно, натянув рулетку вдоль стены.

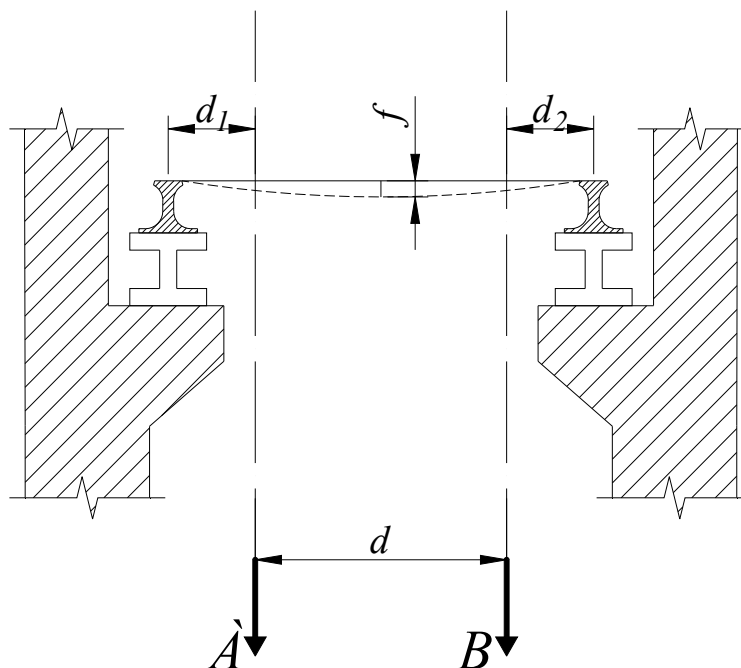


Рис. 13.5.4 Измерения расстояний между осями подкрановых балок

Для измерения расстояний между осями подкрановых рельс можно использовать теодолит. Для этого на полу здания закрепляют параллельно осям путей на расстоянии d две прямые A и B . Способом бокового нивелирования определяют отрезки d_1 и d_2 от осей рельсов до прямых. Искомое расстояние

$$l = d + d_1 + d_2, \quad (13.5.2)$$

По окончании монтажа выполняются контрольные монтажные измерения положения путей в плане и по высоте. Если отклонения превышают допустимые, то проводят рихтовку (исправление) подкрановых рельсов как в плане, так и по высоте.

По окончании работ составляется исполнительная схема планового и высотного положения подкрановых балок и рельсов.

13.6 Геодезические работы при возведении монолитных зданий и сооружений

В настоящее время широкое развитие приобрело строительство зданий и сооружений из монолитного железобетона. Строительство осуществляют методом постепенного наращивания стен зданий. Для этого применяют опалубку. Различают переставную и скользящую опалубки. Внутри опалубки устанавливается арматура и заливается бетоном. После затвердения бетона опалубку переставляют (передвигают) вверх. Опять устанавливают арматуру, заливают бетоном и так далее. Таким образом, конструкция здания выходит монолитной по всей ее высоте.

При возведении монолитных зданий сначала устраивают их подземную часть. Выполняют планово-высотную исполнительную съемку конструкций подземной части здания. Разбивают оси на исходном перекрытии и определяют границы и уровень (горизонт) установки коробов опалубки.

При возведении здания с помощью переставной опалубки (рис.13.5.5) на монтажном горизонте по намеченным границам устанавливают короба опалубки на высоту h . Проверяют вертикальность коробов с помощью теодолита или отвеса-рейки и закрепляют их. Потом устанавливают арматуру и заливают бетоном.

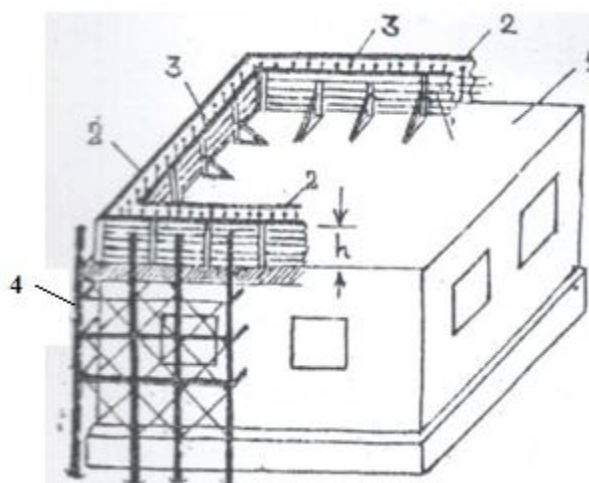


Рис. 13.5.5 Устройство переставной опалубки

- 1 - перекрытие монтажного горизонта; 2 - коробка опалубки;
3 - арматура; 4 - помосты

В процессе возведения устраивают оконные и дверные проёмы, а также отверстия под коммуникации и закладные детали в стенах и перегородках. Потом опалубку снимают и наращивают до уровня отметки следующего высшего этажа. Опять переносят оси на перекрытие и работы повторяются в такой же последовательности. Для проведения работ и устройства опалубки с внешней стороны дома оборудуют специальные помосты.

Во время устройства опалубки контролируют правильность ее положения в плане и по высоте. В плане положение опалубки определяют от закрепленных на местности осей здания с помощью теодолита. Если внутри здания были заложены исходные знаки разбивочной основы (рис.13.3.2), то положение опалубки контролируют способом оптической вертикали, иногда нитяным отвесом. Для этого в удобных местах опалубки или настила закрепляют 3 или 4 координатные палетки (рис.13.3.4). По отсчетам определяют смещение опалубки в плане.

Определяют отметки домкратов и верха опалубки способом геометрического или гидростатического нивелирования с точностью до 1 мм. Отметки передаются от исходного на монтажный горизонт с помощью опущенной рулетки.

Вертикальность проверяют отвесами, коллимационной плоскостью теодолита или приборами вертикального проектирования. В случае необходимости положение опалубки в плане и по высоте исправляется. Очень перспективно применение лазерных систем.

14 ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ МОНТАЖЕ ЭЛЕМЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

14.1 Задачи и содержание геодезических работ

Главная задача геодезического обеспечения строительства заключается в возведении зданий и сооружений в соответствии с запроектированными геометрическими параметрами в точно заданном проекте месте. Это достигается благодаря точному выполнению всех технологических операций: от изготовления конструкций до их установки в проектное положение.

Геодезические работы сопровождают все этапы строительного производства. В теме 11 были рассмотрены способы геодезических разбивочных работ, которые выполняются на стадии подготовки к монтажу строительных конструкций. Они являются общими для всех видов сооружений независимо от их конструкции и места строительства. Выбор метода разбивочных работ в значительной мере предопределен необходимой точностью разбивки и возможностью его применения в конкретных условиях. Они служат основой для проведения строительно-монтажных работ.

При монтажных работах выполняется установка в проектное положение элементов и частей строительных конструкций: фундаментов, колонн, панелей, балок, плит перекрытия и т.п. В промышленных сооружениях после монтажа строительных конструкций в проектное положение устанавливается технологическое оборудование. Поэтому одновременно с монтажом строительных конструкций могут устанавливаться закладные детали для монтажа оборудования.

Монтаж строительных конструкций сопровождается геодезическими работами. Они должны обеспечить установку элементов конструкций в проектное положение с заданной точностью. Независимо от конструктивных особенностей строительных элементов и технологического оборудования можно выделить основные методы выполнения геодезических работ при установке в проектное положение. Основные виды геодезических работ при монтаже строительных конструкций и оборудования: 1) установка и выверка в

плане; 2) установка и выверка по высоте; 3) установка и выверка по вертикали.

Монтаж элементов строительных конструкций и оборудования выполняется относительно осей сооружений. Его начинают с контроля вынесения осей сооружений. При строительстве разбивочные оси, как правило, совпадают с осями симметрии сооружений или с осями симметрии элементов конструкций. Кроме разбивочных осей, для монтажных работ часто придется выбирать монтажные оси так, чтобы они совпадали или размещались на некотором расстоянии от плоскостей конструкций и оборудования. Монтажные оси намечают после старательного изучения рабочих чертежей. их, как правило, в дальнейшем используют для контроля точности монтажа элементов. Поэтому в ряде случаев монтажные оси закрепляют постоянными знаками, добиваясь, чтобы между ними и после монтажа сохранились видимость и возможность для проведения контрольных измерений .

Для высотной установки строительных конструкций и технологического оборудования на фундаментах, колоннах, перекрытиях и тому подобное создается сеть рабочих реперов или устанавливаются «маяки». Иногда их размещают на одном уровне, который облегчает процесс установки конструкций по высоте.

Установка конструкций и оборудования в проектное положение требует высокой точности. В проекте проведения работ (ППР) приведены допуски для проведения геодезических измерений в период строительства зданий и сооружений.

К началу монтажа проверяют геометрические размеры: длину, ширину или толщину и высоту элементов строительных конструкций. Они должны отвечать проекту в пределах допустимой точности изготовления. Проверка выполняется с помощью компарированной рулетки и других инструментов: линеек, треугольников, шаблонов и т.д.

На элементы сборных конструкций (фундаменты, колонны, подкрановые балки, ригели, рамы, фермы, балки перекрытия, панели и т.д.) наносят чёточки, которые определяют их оси симметрии.

Пример нанесения черточек на некоторые элементы строительных конструкций показан на рис.14.1.1. Для монтажа колонн кроме осевых черточек наносят черточку нулевого горизонта. Поскольку она при строительстве может быть закрыта, ее рекомендуется наносить на 10... 20 см от отметки пола и выше.

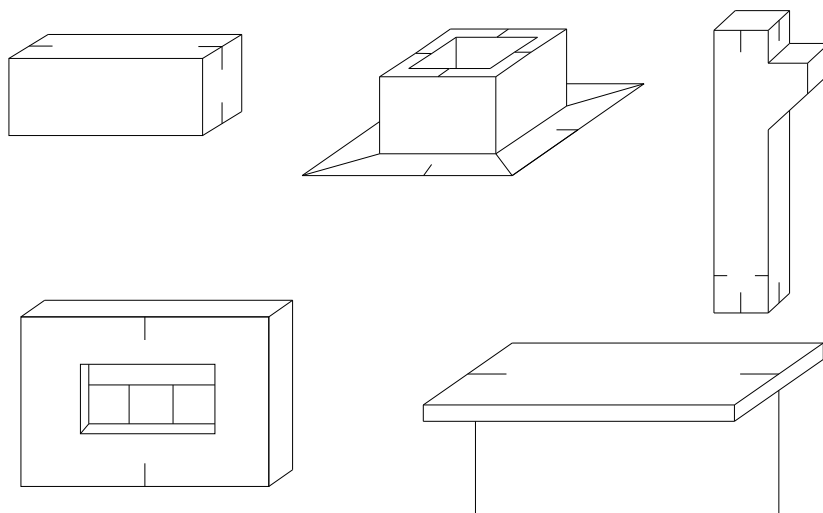


Рис. 14.1.1 Нанесение черточек на сборные элементы строительных конструкций

Монтаж строительных конструкций сопровождается геодезическими работами. После установления конструкций в проектное положение необходимо выполнить контроль точности их планово-высотного положения. Если отклонения недопустимы, то выполняют необходимые исправления. Только после этого конструкцию окончательно закрепляют.

14.2 Способы установки и выверки конструкций в плане

При монтаже в плане устанавливают низ конструкции. Монтаж выполняется от монтажных осей по черточкам симметрии, которые нанесены на элементах конструкций, или за их внешними гранями. При установке в плане элементы конструкций ориентируются одновременно по двум взаимоперпендикулярным осям. Поэтому для каждого элемента должны быть заданы направления монтажных осей так, чтобы они обеспечивали его установку по оси с заданной точностью.

Геодезические работы, которые выполняются для нахождения монтажных осей монтируемых элементов, называются детальной

разбивкой. При строительстве зданий и сооружений применяют преимущественно два способа задания направления монтажных осей: 1) *оптический*; 2) *струнный*. В настоящее время широко внедряются 3) *лазерные приборы*.

При монтаже строительных конструкций выполняют геодезические контрольно-монтажные измерения или выверку конструкций. Они заключаются в контроле точности установки элементов конструкций относительно вынесенных монтажных осей, поэтому разбивке монтажных осей должно быть уделено особое внимание. Геодезические работы должны выполняться так, чтобы всегда дополнительно контролировалась правильность вынесения монтажных осей. Например, дополнительное измерение расстояния между двумя вынесенными параллельными монтажными осями или измерение углов между двумя вынесенными взаимно перпендикулярными монтажными осями. Методы геодезических работ при выверке конструкций такие же, как и при их установке.

При плановой установке оборудования применяется как **оптический**, так и **струнный способы**. Однако при установке высокоточного оборудования применяются высокоточные методы установки и выверки: *струнно-оптический*, *дифракционный*, *коллиматорный* и др. Для этого используются специальные приборы и устройства.

Остановимся на установке некоторых строительных конструкций жилых, общественных и промышленных зданий.

При применении **оптического способа** опорной (исходной) линией для детальной разбивки монтажных осей служит визирная ось зрительной трубы теодолита. Суть заключается в следующем. Есть две точки, расположенных на концах монтажной оси. Для разбивки монтажной оси (в виде черточек для каждого элемента) в исходной точке *A* устанавливают теодолит, в конечной точке *B* - веху или марку. Теодолит центрируют и горизонтируют. Наводят визирную ось на марку (веху) и закрепляют теодолит. Потом, поворачивая трубу, наводят на поверхность, где устанавливаются конструкции и в необходимых местах проводят карандашом черточки (рис.14.2.1).

Целесообразно применять самоклеящийся пластик с нанесенной черточкой.

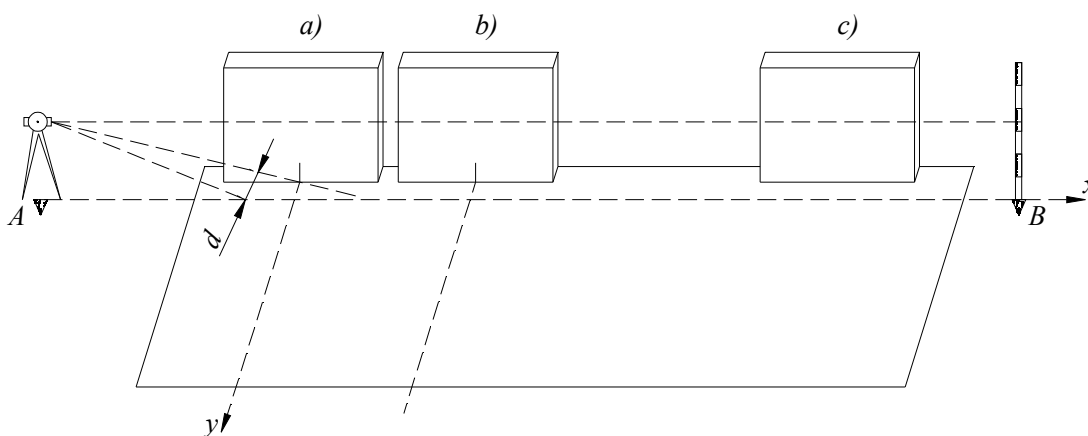


Рис. 14.2.1 Схема детальной разбивки монтажных осей при монтаже стенных панелей

Места черточек монтажных осей зависят от метода монтажа и вида конструкции. Так, для каждой конструкции, которая имеет значительную длину (рис.14.2.2) намечают две черточки вдоль оси X . В зависимости от метода монтажа их намечают на оси, грани или на некотором расстоянии a от плоскости конструкции. По оси Y достаточно нанести одну черточку оси. Она намечается по оси конструкции, если на самой конструкции намечена черточка ее симметрии (рис.14.2.1, панели a). Если монтаж ведется по граням панелей, то черточка совмещается с гранью панели (рис.14.2.1, панель c). При монтаже расстояние a контролируется обычными металлическими линейками с миллиметровыми делениями.

При монтаже элементов прямоугольного сечения для каждого элемента, как правило, наносят четыре черточки по двум взаимно перпендикулярным осям (рис.14.2.2).

Аналогично устанавливаются закладные части для монтажа металлических колонн, оборудования и других строительных конструкций. Установка низа конструкции в плане выполняется совмещением черточек осей на элементе с черточками монтажных осей.

Монтажные черточки наносят при двух положениях вертикального круга теодолита. Монтажную черточку проводят посередине двух

полученных точек. Допускается разбивка при одном круге, если полностью устранена коллимационная ошибка c .

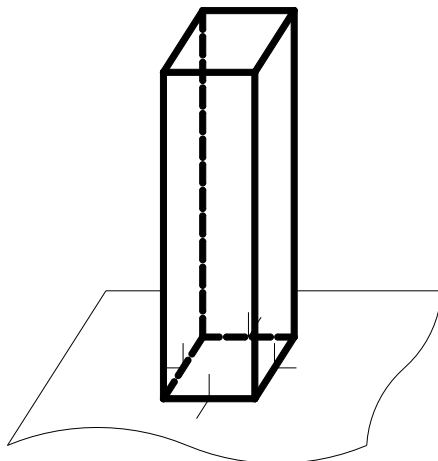


Рис. 14.2.2 Схема разбивки осей при монтаже колонн

При применении *лазерных приборов* разбивка монтажных черточек значительно упрощается.

В этом случае их проводят по центру светового пятна. Иногда нет возможности вынести монтажные оси на ранее установленные строительные конструкции. Тогда за монтажную ось при установке конструкций и оборудования берут визирную линию зрительной трубы теодолита. Если монтаж происходит в одном уровне (на одной высоте), то используют трубу нивелира или других специальных геодезических приборов. В процессе монтажа черточки осей элементов конструкций совмещают с визирной осью теодолита. Например, при монтаже сборных блоков ленточного фундамента (рис.14.2.3) теодолит устанавливают на точке A монтажной оси и визируют вдоль нее по линии AB .

При установке в плановое положение блока I монтажники по указанию наблюдателя около теодолита передвигают блок до тех пор, пока черточки 1 и 2 не совпадут с линией визирной оси зрительной трубы. Монтаж блока II выполняется по черточкам 3, 4 и так далее Этот способ применяется в тех случаях, когда есть прямая видимость между теодолитом и черточками устанавливаемых элементов конструкций и оборудования.

При применении лазерного теодолита луч лазера направляется по линии AB . В процессе установки монтажники сами совмещают

черточки элементов с видимым пятном лазерного луча. Это значительно повышает производительность и точность монтажных работ.

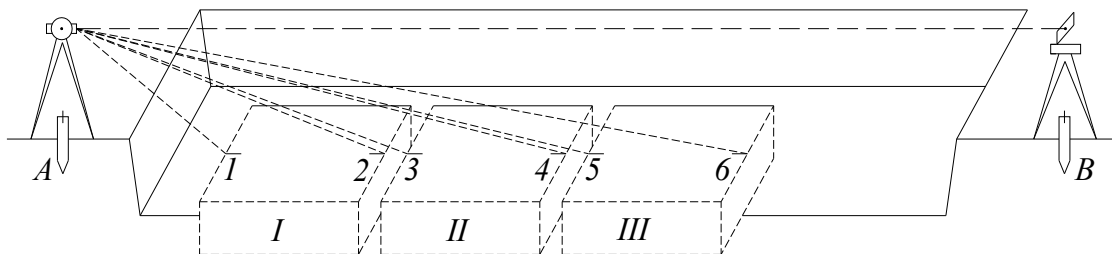


Рис. 14.2.3 Монтаж фундаментных блоков

Если монтажная ось смещена относительно оси симметрии элементов конструкций на величину a , то применяется способ *бокового нивелирования*. Теодолит устанавливается в исходной точке оси A и визируется на веху или марку, установленную в точке B оси.

При монтаже панели к двум ее концам прикладывают линейки (рейки) с делениями. Зрительную трубу теодолита визируют на линейки. По команде наблюдателя концы панели передвигают так, чтобы отсчеты по ним равнялись b .

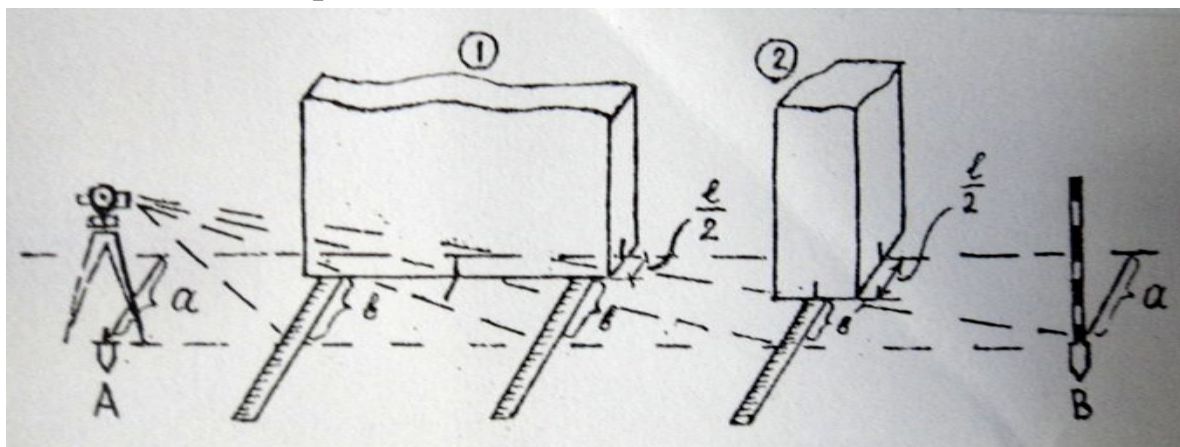


Рис. 14.2.4 Схема способа бокового нивелирования

Отсчет b вычисляют по формуле: $b=a-l/2$, где l – ширина или толщина элемента конструкции. Одновременно совмещают штрих оси симметрии панели. При установке колонн линейку прикладывают по центру к внешней плоскости (рис.14.2.4). Если используется лазерный теодолит или визир, то монтажники по пятну лазерного луча

наблюдают отсчет и перемещают элемент так, чтобы он равнялся ранее выполненному отсчету b .

Способ бокового нивелирования широко применяется при контрольно-монтажных измерениях. В процессе измерений определяют фактические значения отрезков b от плоскостей или осей строительных конструкций и оборудования. Разница между их проектными и фактическими значениями будет погрешностью установки конструкций или оборудования в плане.

Основные источники погрешностей способа:

- 1) погрешность исходных данных (разбивки и закрепления монтажных осей) m_b ;
- 2) погрешность центрирования теодолита $m_{ц}$;
- 3) погрешность редукции визирных знаков m_p ;
- 4) погрешность визирования $m_{вз}$;
- 5) погрешность фокусировки $m_{фк}$;
- 6) погрешность влияния внешних условий $m_{вн}$;
- 7) погрешность совмещения черточки с визирной осью или отсчета в способе бокового нивелирования m_0 .

Средняя квадратическая погрешность способа оптического визирования

$$m = \sqrt{m_b^2 + m_{ц}^2 + m_p^2 + m_{вз}^2 + m_{фк}^2 + m_{вн}^2 + m_0^2}, \quad (14.2.1)$$

Погрешности центрирования, редукции и отсчета можно свести к минимуму. При благоприятных внешних условиях измерений точность способа определяется в основном погрешностями визирования и фокусировки. Погрешность растет параллельно длине монтируемой линии. Для повышения точности монтажные работы начинают с середины участка в направлении к точке, на которой установлен прибор. Потом переставляют прибор на конечную точку и выполняют монтаж второй половины створа. Максимальная погрешность монтажа конструкций будет в середине монтажной оси.

Для уменьшения погрешностей визирования и фокусировки применяют *способ последовательных створов*.

Для этого монтажную ось AB разбивают на n - приблизительно одинаковых частей (рис.14.2.5). Теодолит устанавливают в точке A , а постоянную марку - в точке B и визируют по створу линии AB .

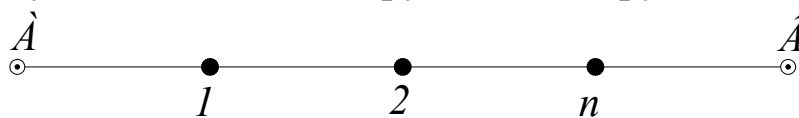


Рис. 14.2.5 Схема способа последовательных створов

Сначала устанавливают конструкции между точками $A1$. Потом с помощью подвижной марки устанавливают в створе линии AB точку 1 . Переносят теодолит в точку 1 . Визируют на точку B и выполняют монтаж вдоль участка оси между точками 1 и 2 .

Опять устанавливают в створе точку 2 и так далее. В этом способе теодолит последовательно переставляют в точки $A, 1, 2, \dots$. Каждый раз визирную ось ориентируют на марку в точке B . Монтаж ведут последовательно на участках $A-1, 1-2, 2-3, \dots$ и так далее.

В способе последовательных створов погрешность центрирования необходимо сводить к минимуму.

Струнный способ широко применяется при монтаже строительных конструкций и оборудования. Суть способа заключается в том, что на некоторой высоте вдоль монтажной оси натягивают струну (стальную проволоку или синтетическую нить) диаметром $0,3 \dots 0,8$ мм. Направление струны принимают за монтажную ось. В необходимых местах подвешивают легкие нитяные отвесы, с помощью которых устанавливают элементы конструкций или оборудования. Этим способом можно передать монтажную ось на глубину (в котлован). При строительстве зданий и сооружений струнный способ широко применяется при монтаже конструкций подземной части зданий, сборных и монолитных фундаментов, при исследованиях деформаций гидротехнических дамб в процессе их эксплуатации.

Как и в оптическом способе методика монтажа конструкций в проектное положение зависит от расположения монтажной оси (струны) относительно оси симметрии элементов. На рис.14.2.6 показан монтаж фундаментных блоков в трех случаях: по оси, грани и на некотором расстоянии от монтажной оси.

К началу монтажа точки монтажной оси A и B с помощью теодолита переносят на специальные жесткие устройства для закрепления проволок (точки A и B). При монтаже оборудования их переносят на стены зданий и т.п. Один конец струны закрепляют, а к другому через блок подвешивают груз P . В точках $1, 2, 3...$ и т.д. подвешивают легкие отвесы. Если струна (монтажная ось) совпадает с осью симметрии элемента, то в процессе монтажа черточки совмещают с острями отвесов (точки 1 и 2).

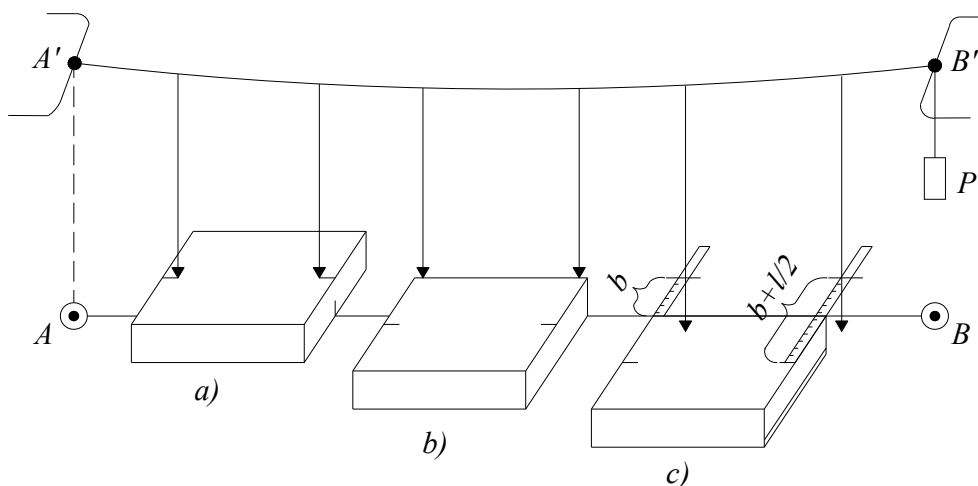


Рис. 14.2.6 Схема монтажа фундаментных блоков с помощью струнного способа с ориентированием:
 а) по оси блока; в) по грани блока; с) со смещением блока.

Аналогично устанавливают блок, совмещая его грань с отвесами (точки 3 и 4). Если блок смещен относительно монтажной оси, то в точках 5 и 6 подвешивают отвесы. С помощью линейки контролируют расстояние b от грани элемента, или от оси блока ($b+l/2$) (рис.14.2.6, блок b).

Иногда струну натягивают только для небольшого участка монтажной оси, для монтажа отдельных элементов строительных конструкций. Так действуют при строительстве фундаментов опор, которые находятся на воде, или при устройстве элементов сборных и опалубки монолитных фундаментов под колонны промышленных зданий. В этом случае способом оптического визирования выносят по две точки на каждой оси вблизи элемента, который монтируется (рис. 14.2.7) A, B и C, D . В этих точках устанавливают кольца и натягивают две взаимно перпендикулярные струны. В точках $1, 2, 3$ и 4

подвешивают нитяные отвесы. Монтируемый блок фундамента стаканного типа устанавливают так, чтобы черточки на фундаменте совпали с острями всех отвесов одновременно.

Основные погрешности струнного способа: колебание струны в результате перемещения по длинной нити отвесов, действие ветра и погрешности проектирования точек со струны на поверхность конструкции (колебание отвесов).

Недостатком способа является значительное провисание струны на длинных створах.

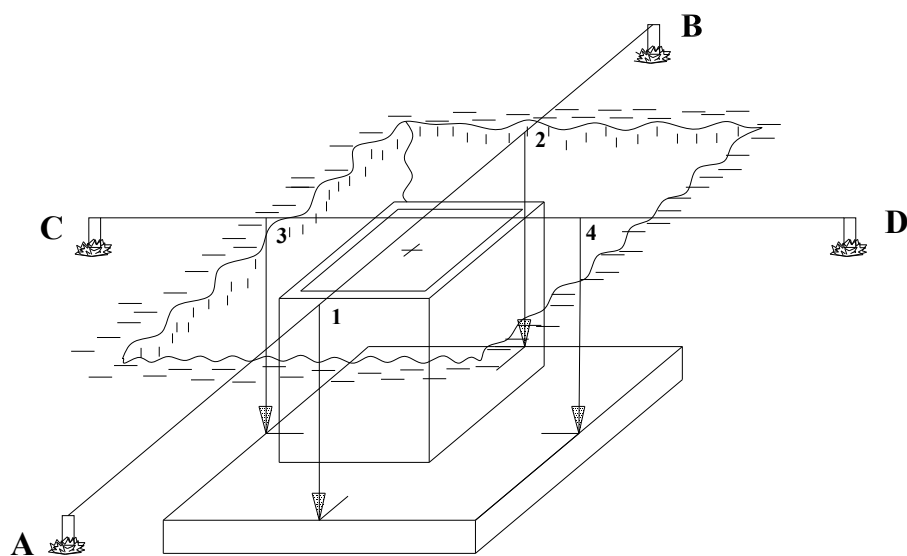


Рис. 14.2.7 Монтаж столбчатого фундамента

Поэтому придется высоко поднимать точки *A* и *B* (рис. 14.2.7).

При этом увеличиваются колебания как самой струны, так и отвесов. Заметно влияет ветер. Поэтому работу на длинных створах необходимо выполнять в безветренную погоду, чтобы устранить влияние ветра на груз и нить отвеса. При сильном ветре необходимо использовать способ оптического визирования. Вместе с тем струнный способ достаточно простой, удобный при монтаже и обеспечивает необходимую точность.

14.3 Установка и выверка конструкций по высоте

При монтаже элементов по высоте низ или верх конструкции устанавливают на проектную отметку от рабочих реперов, которые есть на монтажном горизонте. Верх конструкции должен находиться в горизонтальной плоскости. Поэтому установка колонн выполняется по

одной точке, панелей - по двум точкам, плит перекрытий - по трем или четырем точкам.

При строительстве зданий и сооружений установку по высоте выполняют преимущественно способом геометрического нивелирования. При монтаже конструкций зданий в пределах монтажного горизонта перспективное применение имеет гидростатическое нивелирование.

Способ геометрического нивелирования наиболее распространен при монтаже конструкций и отдельных точек на проектную высоту. В зависимости от метода монтажных работ, типа конструкции и необходимой точности методика установки и выверки конструкций по высоте различная. Рассмотрим типичные схемы использования способа геометрического нивелирования при установке и выверке некоторых элементов конструкций.

Монтаж стеновых панелей. Стеновые панели монтируют только после выверки монтажного горизонта. Для этого с помощью геометрического нивелирования определяют отметки поверхности перекрытий на монтажном горизонте. При монтаже верх стеновых панелей должен быть в одной горизонтальной плоскости. В то же время отметки поверхности монтажного горизонта, как правило, отличаются от проектных и высоты их немного отличаются в результате погрешностей изготовления. Чтобы установить верх панели на проектную высоту, под ее низ устанавливают подкладки – маяки (рис.14.3.1) или образуют слой цементного раствора для выравнивания.

Подкладки-маяки толщиной P можно установить предварительно. Для этого, от исходного рабочего репера H_{Rp} определяют отметки монтажного горизонта H_{MG} в местах установки панелей (рис. 14.3.1). Зная проектную отметку верха панелей H_{np} , толщина подкладок-маяков

$$P = H_{np} - l - H_{MG}. \quad (14.3.1)$$

На каждую панель устанавливают два маяка. При монтаже стеновая панель ставится на подкладки-маяки и в то же время совмещается с монтажными осями в плане.

При свободном монтаже подкладка устанавливается в процессе монтажа панели. Для этого нивелир устанавливается на монтажном

горизонте и от исходного репера определяют отметку горизонта прибора:

$$H_{ГП} = H_{Rp} + a, \quad (14.3.2)$$

где a – отсчет по рейке на репере.

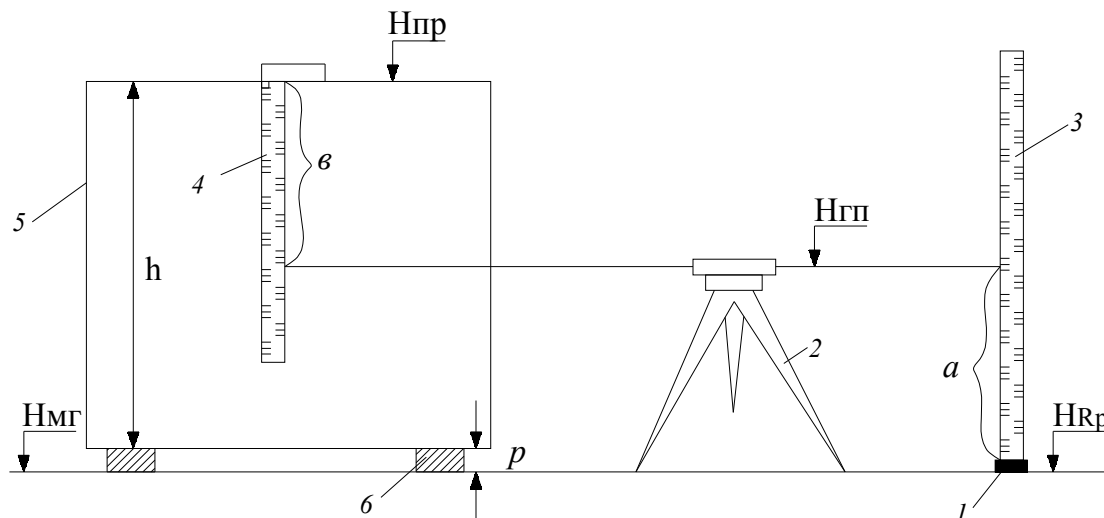


Рис. 14.3.1 Схема установки и выверки панели по высоте:

- 1-рабочий репер на монтажном горизонте; 2-нивелир; 3-нивелирная рейка;
4-подвесная нивелирная рейка; 5-панель; 6-подкладка-маяк

На предварительно установленную панель подвешивается подвесная рейка (рис.14.3.1). Последняя, длиной 1,5...2м с сантиметровыми делениями в верхней части, имеет выступ для подвешивания на конструкцию. Нулевое деление рейки совпадает с верхней гранью конструкции. Подписи делений возрастают от верха к низу. Отсчет, который должен быть по подвесной рейке в момент, когда верх панели находится на проектной отметке:

$$b = H_{пр} - H_{ГП}. \quad (14.3.3)$$

Взяв отсчет b' , наблюдатель легко определяет толщину подкладки

$$P = b - b', \quad (14.3.4)$$

и сообщает монтажникам. Панель немного поднимается.

Устанавливаются подкладки, и панель опять опускается. Наблюдатель контролирует установку панели по высоте. Если отсчет по подвесной рейке равняется вычисленному отсчету b , то по высоте панель установлена правильно. Это одновременно является и выверкой установки панели по высоте.

Если раньше были установлены подкладки-маяки, то выверка установленной панели выполняется с помощью подвесной рейки. Отклонение допускается в пределах точности монтажа элементов конструкций по высоте. Для контроля горизонтальности верхней грани рейку подвешивают в двух точках по краям панели.

Аналогично устанавливают по высоте и другие элементы строительных конструкций. Если конструкция имеет большую высоту, то можно подвесить рулетку так, чтобы ее нуль совпал с верхней гранью конструкции.

При установке панелей по высоте перспективно применение лазерных нивелиров. Особенно приборов типа «Геоплан», которые задают на монтажном горизонте видимую световую плоскость Н_{гп}. При монтаже рабочие сами контролируют величину отсчета b по подвесной рейке и видимому пятну лазерного луча без указаний наблюдателя. Это ведет к повышению производительности труда и качества монтажных работ.

При установке стеновых панелей по высоте применяют гидростатическое нивелирование, которым определяют небольшие превышения. Поэтому при монтаже определяют отметки точек на монтажных горизонтах $H_{МГ}$ от исходных рабочих реперов. По формуле (14.3.3) вычисляют толщину подкладок-маяков. При контроле гидростатическим нивелированием определяют отметки верха подкладок-маяков:

$$H_m = H_{np} - l. \quad (14.3.5)$$

Гидростатическое нивелирование применяют в основном при установке и выверке опорных плоскостей конструкций, плоскостей и направляющих путей технологического оборудования. Этот метод достаточно удобен при укладке выравнивающего слоя на монтажном горизонте.

Монтаж колонн. При возведении зданий и сооружений применяют металлические или сборные железобетонные колонны. В обоих случаях установка колонн по высоте выполняется преимущественно способом геометрического нивелирования.

Металлические колонны устанавливаются на предварительно выверенные опорные детали или бетонные поверхности. Точность изготовления металлических колонн высока. Поэтому при монтаже достаточно установить плоскость опирания металлической колонны на проектную высоту и тогда ее верх или консоль будет отвечать проектной отметке. Низ металлической колонны называют башмаком. Башмак колонны скрепляется с опорной поверхностью анкерными болтами. За опорную поверхность могут служить шайбы с гайками на анкерных болтах, уложенные металлические балки, предварительно забетонированная опорная поверхность.

При монтаже колонн геометрическим нивелированием от рабочих реперов устанавливают опорную поверхность на проектную отметку низа башмака колонны (рис.14.3.2).

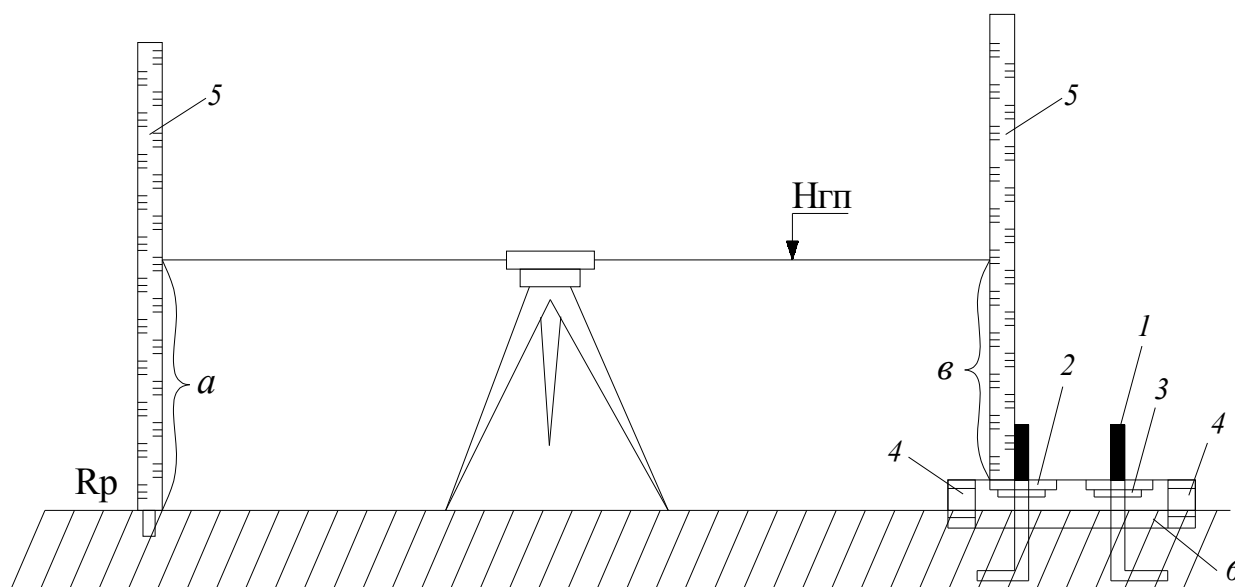


Рис. 14.3.2 Установка шайбы с гайкой анкерного болта на проектную отметку:

- 1 - анкерный болт; 2-шайба; 3-гайка; 4-закладные детали;
5-рейки; 6-слой цементного раствора

На исходном рабочем репере и опорной поверхности (шайбе) устанавливают рейки. На репере берут отсчет a . По формулам (14.3.2) и (14.3.4) вычисляют горизонт нивелира $H_{гп}$, и искомый отсчет b . Если отсчет по рейке не равняется отсчету b , то гайку 3 на опорном болте 1 вращают, чтобы отсчет равнялся b . Так устанавливают все опорные поверхности на проектную отметку низа колонны. Потом заливают

выравнивающий слой цементного раствора. Устанавливают колонну. Совмещают с монтажными осями по вертикали и закрепляют.

Сборные железобетонные колонны устанавливают на фундаменты стаканного типа, проверяя перед этим их размеры. На колонну наносится черточка, которая отвечает уровню пола монтажного горизонта (чаще всего черточку ставят на расстоянии 1,5 м от плоскости основы). От нее измеряют размеры до консолей и верха колонны (рис.14.3.3).

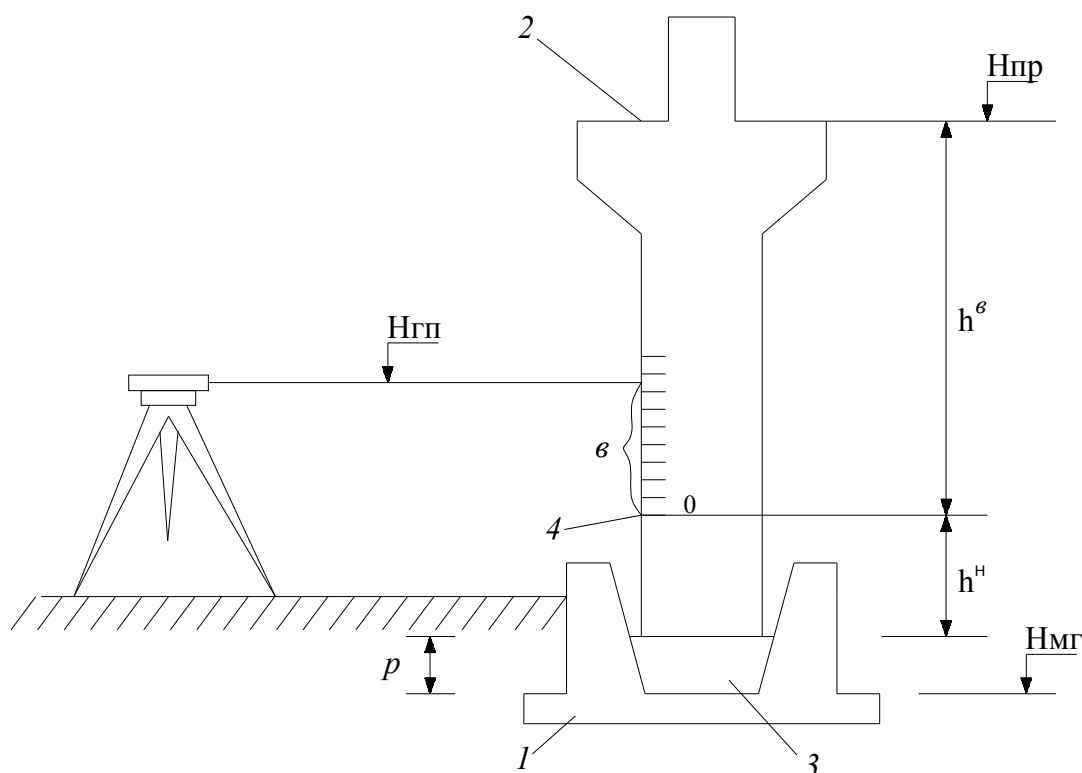


Рис. 14.3.3 Установка по высоте сборной железобетонной колонны:
 1-фундаментный блок; 2- консоли; 3-подливка цементного раствора;
 4-горизонтальная монтажная черточка

Сначала на проектный уровень устанавливают фундамент стаканного типа. Для этого определяют отметку дна котлована и зачисткой грунта доводят ее до проектного уровня. Стакан фундамента изготовляют так, чтобы его дно было ниже проектного уровня на 50...80 мм. Потом устанавливают блок фундамента в плане. Нивелируют дно стакана и вычисляют толщину подливки цементного раствора дна стакана по формуле (14.3.4), принимая за отметку монтажного горизонта $H_{мг}$ фактическую отметку дна котлована. На дно стакана заливают слой цементного раствора толщиной P . После его затвердения

устанавливают колонну, совмещая монтажные черточки оси симметрии колонны и блока фундамента.

При выверке установки колонны по высоте используют нанесенную горизонтальную черточку. К ней прикладывают нуль рейки и снимают отсчет b , который должен равняться вычисленному отсчету (рис.14.3.3).

Если колонна имеет небольшую высоту, то можно к консоли подвесить подвесную рейку. Тогда искомая величина отсчета вычисляется по формуле

$$b = H_{ГП} - (H_{np} - l''). \quad (14.3.6)$$

Использование лазерных нивелиров существенно облегчает монтаж колонн по высоте. Создается возможность визуального постоянного контроля отсчетов по рейке в процессе установки колонны по высоте.

Технология монтажа влияет на технологию геодезического обслуживания монтажных работ, но методы установки конструкций в проектное положение остаются одинаковыми. Иногда цементный раствор подливают в процессе монтажа колонны. При этом колонну с помощью крана устанавливают по высоте по отсчету b и заклинивают. После этого зазоры заливают бетоном. Разработаны и специальные монтажные устройства - кондукторы, которые при монтаже позволяют регулировать положение колонны в плане и по высоте. После закрепления колонны в стакане фундамента кондуктор снимается.

При монтаже балки или ригеля определяют отметки H_{MG} опорных плоскостей консолей. Сравнивают их с проектными. Зная проектную отметку верха балки - H_{np} и ее толщину (высоту) l , вычисляют толщину подкладок P по формуле (14.3.4) (рис.14.3.4).

После монтажа балок выполняют выверку. Для этого с помощью нивелира определяют отметки верха балок в местах опирания на консоли колонн. Для определения отметок верхних плоскостей ригеля H_{MG} при выверке нивелир устанавливается на специальные помосты. Отметка горизонта нивелира определяется с помощью подвесной рулетки от исходных реперов.

Аналогичная схема геодезических измерений сохраняется при монтаже пролётов мостов, ригелей при строительстве каркасных и каркасно-панельных зданий и т.п.

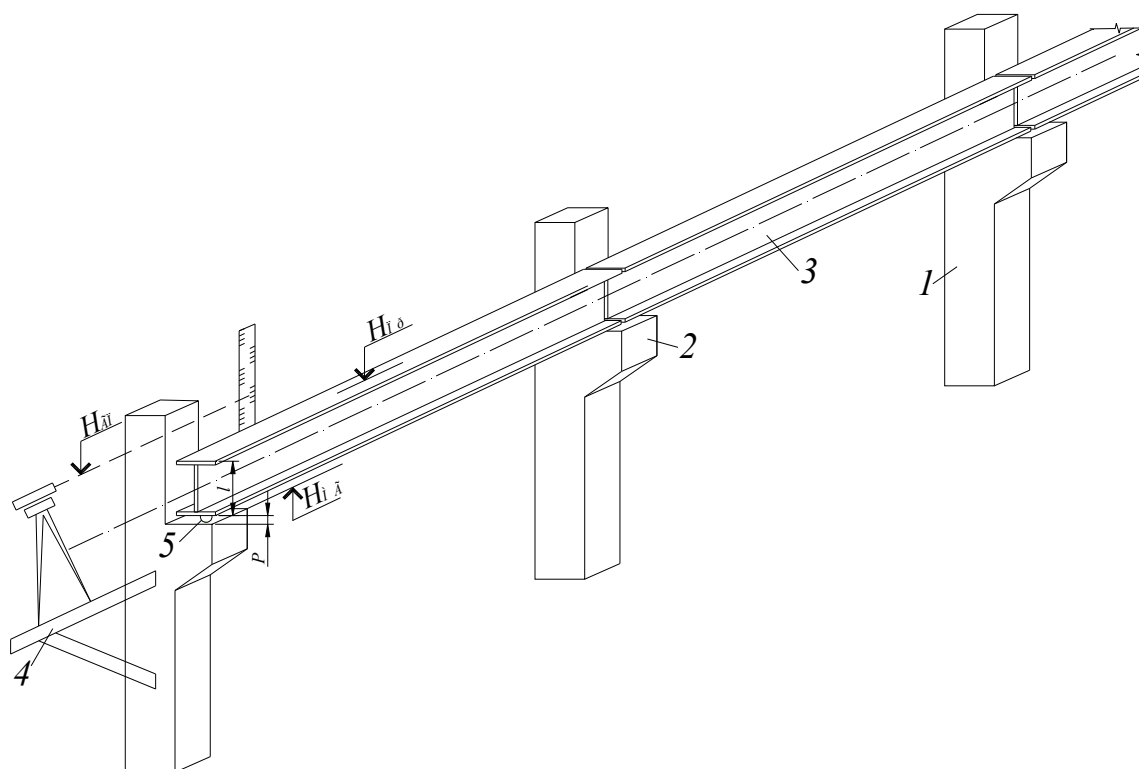


Рис. 14.3.4 Схема монтажа и выверки по высоте подкрановых балок:
 1 - колонна; 2 - консоль; 3 - подкрановая балка;
 4 - помосты для установки нивелира; 5 - подкладки

Как видно из изложенного, геодезическое обеспечение монтажа строительных конструкций по высоте заключается в установке на проектную отметку низа конструкции с учетом ее высоты. Этим достигается установка верхних опорных частей строительных конструкций на проектную высоту.

Погрешности установки и выверки конструкций по высоте такие же, как и при вынесении точки с заданной отметкой.

14. 4 Установка и выверка конструкций по вертикали

Установка вертикальности осей или плоскостей симметрии, внешних поверхностей и граней выполняется после окончательного монтажа конструкции в плане и по высоте. Этим достигается установка в плановое положение верха конструкции. Невертикальность конструкций приводит к уменьшению плоскостей опирания верхних

конструкций, возникновению дополнительных напряжений и изгибающего момента.

Учитывая важность установки по вертикали, каждая конструкция предварительно выверяется и только после этого закрепляется (окончательно фиксируется).

В зависимости от требуемой точности строительные конструкции и оси технологического оборудования устанавливаются в вертикальное положение разными способами: 1) по отвесу, 2) с помощью коллимационной плоскости теодолита, 3) по оптической вертикали приборами вертикального проектирования (визирного луча зенит-лотов), 4) способом бокового нивелирования, 5) с помощью лазерных приборов.

1. Применение отвесов

Это один из наиболее простых способов монтажа и выверки вертикальности строительных конструкций, который имеет широкое применение. При установке в вертикальное положение панелей, колонн и других элементов конструкций небольшой высоты применяют отвесы-рейки. Наиболее простой конструкцией является отвес-рейка с нитяным отвесом (рис.14.4.1). Это деревянная планка с выступом для подвешивания на конструкции. По центру планки крепится нитяной отвес. В нижней части наносится шкала делений.

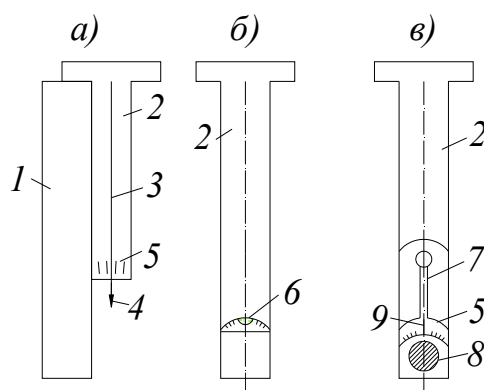


Рис. 14.4.1 Отвес-рейки:

- а) с нитяным отвесом; б) с уровнем; в) с маятниковым отвесом;
1 – колонна; 2-планка отвеса-рейки; 3-нитка отвеса; 4- груз отвеса; 5-шкала;
6-цилиндрический уровень; 7-штанга маятникового отвеса; 8-груз; 9-стрелка

При монтаже отвес-рейка подвешивается на конструкцию, которую наклоняют до тех пор, пока нить не будет совпадать с центром шкалы

делений. В этот момент ось конструкции будет параллельна нити отвеса, а следовательно, вертикальной. При выверке отвес-рейка подвешивается на установленную деталь и по шкале определяется величина отклонения от вертикали. Длина отвес-рейки должна равняться приблизительно 0,8 высоты конструкции. Чтобы уменьшить колебание нити под воздействием ветра, используют тяжелые отвесы или нить размещают в трубе. Во время работы защищают груз отвеса от влияния ветра. Поскольку освободиться от влияния воздушных потоков практически невозможно, можно применить отвес-рейку с цилиндрическим уровнем (рис.14.4.1). Она чаще используется для установки конструкций по вертикали, но менее удобна при их выверке. Уменьшить действие ветра можно, применив отвес-рейку с механическим (маятниковым) отвесом (рис.14.4.1 в). К грузу маятникового отвеса крепится стрелка 9, которая определяет отклонение конструкции от вертикали.

При выверке вертикальности сооружений башенного типа (телебашни, дымовые трубы, силосные башни и тому подобное) применяют длинные нитяные отвесы (рис.14.4.2).

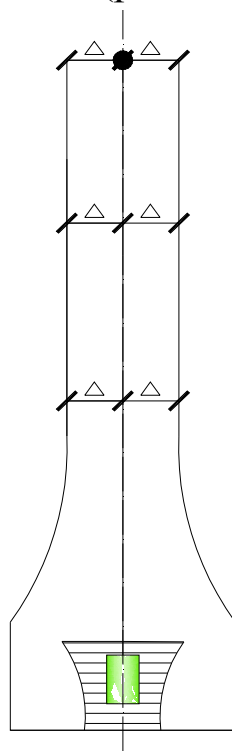


Рис. 14.4.2 Определение вертикальности нитяным отвесом

При строительстве сооружений башенного типа на нулевом горизонте закрепляется центр сооружения. При выверке с монтажного горизонта опускают нитяной отвес. Груз отвеса помещают в сосуд с водой и опилками или маслом. После угасания колебаний отвеса определяют относительное отклонение отвеса от точки - центра сооружения. По величине отклонения определяют отклонение от вертикали и вносят соответствующие исправления в положение конструкций.

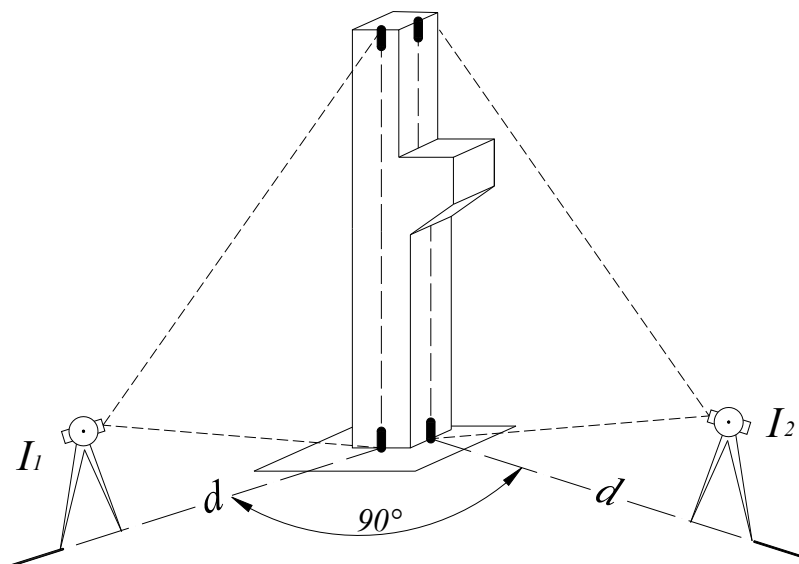
Нитяной отвес используют при монтаже конструкций отвесных шахтных стволов, метро и тому подобное. Точность установки вертикальности с помощью нитяных отвесов в среднем составляет 1/1000 высоты при благоприятных условиях измерений.

При выверке монтажа конструкций от нити отвеса определяют отрезки Δ (рис.14.4.2) до плоскости конструкций. Сравнивая их с проектными величинами, определяют искомые отклонения от вертикали.

2. Проектирование коллимационной плоскостью

Способ монтажа и выверки конструкций с помощью коллимационной плоскости теодолита достаточно простой и часто применяется в условиях строительной площадки.

Для установки колонны по вертикали теодолит устанавливается на некотором расстоянии от нее (точка I_1 , рис.14.4.3). Обычно расстояние d находится в пределах 0,7-1,5 высоты конструкции. Теодолит горизонтируют и наводят визирную ось на нижнюю осевую черточку. Потом поднимают трубу вверх, визируя на верхнюю осевую черточку. Колонну по команде наблюдателя наклоняют так, чтобы верхняя черточка совпала с пересечением сетки нитей зрительной трубы теодолита. При этом колонна будет установлена по вертикали в одной плоскости. Для монтажа колонны по вертикали во второй взаимно перпендикулярной плоскости используют одновременно два теодолита (рис.14.3.3). При наличии одного теодолита его переносят в точку I_2 и аналогично устанавливают колонну по вертикали во второй плоскости.



**Рис. 14.4.3 Установка в вертикальное положение колонн
оптическими или лазерными теодолитами**

При выверке вертикальности колонны сначала визирную ось трубы наводят на верхнюю черточку. Потом визируют на нижнюю черточку. Отклонение черточки от пересечения сетки нитей составляет величину неvertикальности колонны в линейной мере – Δ .

Уклон и угол наклона

$$i = \frac{\Delta}{l}, \quad (14.4.1)$$

$$v = \frac{\Delta}{l} \rho. \quad (14.4.2)$$

где l – высота колонны;

$$\rho = 2 \cdot 10^5 \text{ см.}$$

Аналогично выполняется монтаж и выверка по вертикали других элементов строительных конструкций с помощью коллимационной плоскости теодолита.

Основными источниками погрешностей способа наклонного визирования является: 1)наклон оси вращения прибора m_n ; 2)визирования m_b ; 3)влияние нестворности установки теодолита m_c ; 4) влияние внешних условий $m_{вн}$. Суммарная погрешность:

$$m = \sqrt{m_n^2 + m_b^2 + m_c^2 + m_{вн}^2}. \quad (14.4.3)$$

Влияние наклона оси вращения теодолита не устраняется даже при визировании при двух положениях вертикального круга. Поэтому цена деления уровня теодолита должна отвечать точности установки

конструкций по вертикали. Если известна величина погрешности наклона оси вращения теодолита, то необходимая цена деления уровня:

$$\tau'' = \frac{2m_H}{l} \rho'' . \quad (14.4.4)$$

Средняя квадратичная погрешность нестворной установки теодолита относительно направления монтажной оси

$$m_c = m_{\text{ц}} \frac{\Delta d}{d}. \quad (14.4.5)$$

где $m_{\text{ц}}$ - средняя квадратичная погрешность центрирования;

Δd – расстояние на горизонтальной плоскости между осевыми монтажными черточками на конструкции.

Если черточки находятся в одной вертикальной плоскости, то погрешность $m_c = 0$.

При проектировании вертикальной плоскости визирный луч часто проходит вблизи конструкций. Возникает значительная боковая рефракция. Поэтому рекомендуется установку и выверку конструкций выполнять утром и вечером или в пасмурную погоду.

Монтаж и выверку вертикальности строительных конструкций выполняют и с помощью лазерных теодолитов. Порядок работы предыдущий. При установке верхнюю черточку совмещают с центром видимого лазерного пятна. В настоящий момент разработаны специальные насадки, которые разворачивают луч в вертикальный сектор (рис. 14.4.3). При монтаже на конструкции получают видимое вертикальное пятно. Это позволяет одновременно наблюдать за верхом и низом конструкции.

3. Способ оптической вертикали

Он базируется на использовании приборов вертикального проектирования. Применяется при строительстве высотных зданий, сооружений башенного типа и возведении монолитных зданий и сооружений в скользящей опалубке.

При строительстве многоэтажных зданий в направлении визирных лучей в перекрытиях делают сквозные отверстия.

Идея способа заключается в следующем. На исходном (нулевом) горизонте закладывают опорные точки вблизи конструкций. В сооружениях башенного типа (телевышки, дымовые трубы) с

небольшими геометрическими размерами в плане исходная точка может быть закреплена в центре (рис.14.4.4).

Над точкой устанавливают приборы вертикального проектирования PZL, ОЦП, лазерные. Приводят визирную ось или лазерный луч в вертикальное положение. От направления визирной оси или лазерного луча измеряют отрезки Δ . По ним и вычисляют величину отклонения конструкции от проектного положения по вертикали.

При возведении монолитных зданий и сооружений в скользящей опалубке применяют лазерные системы. На центральном исходном пункте I устанавливают лазерный нивелир (рис.14.4.4).

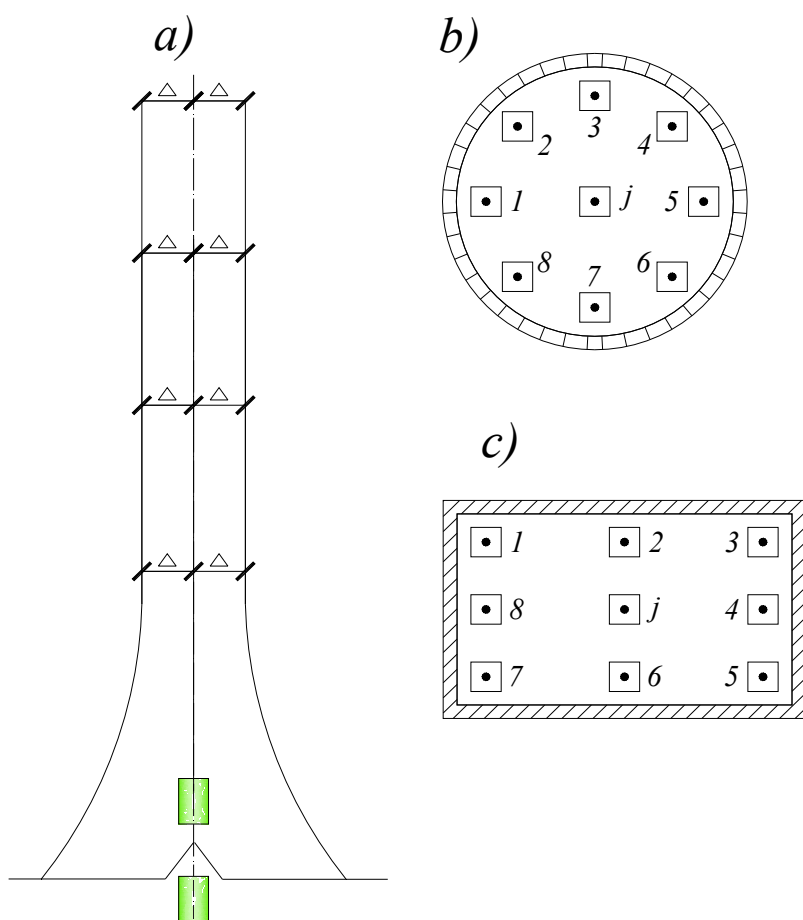


Рис. 14.4.4 Определение вертикальности сооружений башенного типа

В пунктах 1, 2... и других на штативах устанавливают призмы, которые преломляют падающий на них лазерный луч под угол 90° , и прозрачные палетки, с координатной сеткой, установленные на лесах скользящей опалубки, по которым контролируют положение опалубки относительно вертикального луча. В необходимых случаях выполняют корректирование сдвига опалубки в плане. В настоящее время на

помостах оборудуют специальные фотодатчики. Они автоматически определяют отклонение опалубки от проектного положения и подают команду на гидродомкраты. В результате этого опалубка автоматически устанавливается в проектное положение. При перемещении опалубки вверх сохраняется вертикальность монолитных стен здания или сооружения.

При выверке вертикальности конструкций способом оптической вертикали измеряют отрезки между плоскостью конструкции и вертикальным оптическим или лазерным лучом.

Основные погрешности способа оптической вертикали: 1) приведение визирной оси или луча лазера в отвесное положение m_{Π} ; 2) визирование $m_{ВЗ}$; 3) центрирование $m_{Ц}$; 4) влияние внешних условий $m_{ВН}$. Суммарная средняя квадратичная погрешность способа

$$m = \sqrt{m_{\Pi}^2 + m_{ВЗ}^2 + m_{Ц}^2 + m_{ВН}^2}. \quad (14.4.6)$$

Большое влияние на точность построения оптической вертикали оказывают внешние условия: боковая рефракция, колебание изображения, недостаточная освещенность. В конкретных условиях следует использовать все необходимые мероприятия для ослабления влияния этих факторов.

4. Способ бокового нивелирования

Способ бокового нивелирования или бокового визирования основан на использовании коллимационной плоскости теодолита, электронных теодолитов и тахеометров с лазерным лучом. Его применяют для установки конструкций по вертикали. Однако наиболее эффективно использование способа бокового нивелирования при одновременной выверке вертикальности ряда установленных строительных конструкций (рис.14.4.5).

Для установки конструкций (колон, панелей и т. п.) (рис.14.4.5), в вертикальное положение или определения их наклона вдоль оси AB на монтажном горизонте разбивают линию $A'B'$ параллельно оси AB на расстоянии a . В точке A' устанавливают теодолит и визируют на марку, установленную в точке B' . К низу конструкции горизонтально прикладывают рейку с делениями. Наводят визирную ось трубы на

рейку и берут отсчет b_H . Потом рейку прикладывают к верхнему краю конструкции (рис.14.4.5) и визируют зрительной трубой. Колонну (панель) наклоняют так, чтобы отсчет по рейке b_H равнялся отсчету b_H .

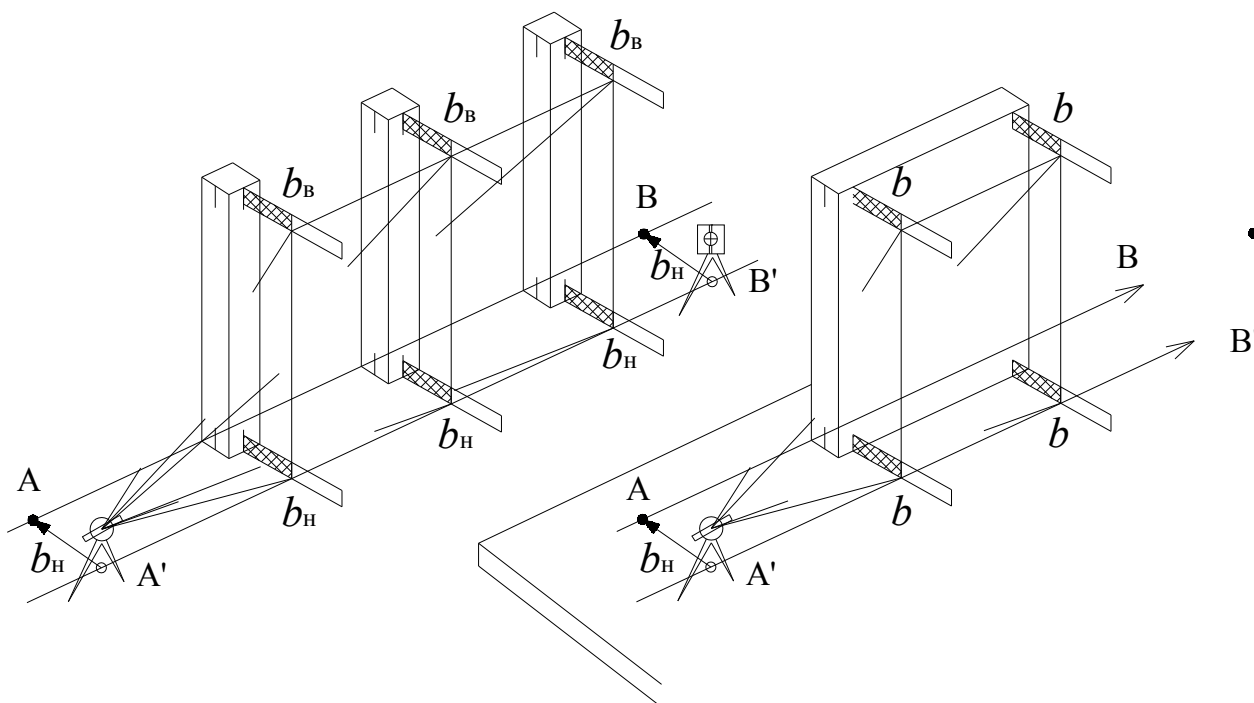


Рис. 14.4.5 Схема монтажа и выверки конструкций по вертикали способом бокового нивелирования

Следует отметить, что для монтажа конструкций, сечение которых по размерам близко к квадратному, теодолит необходимо установить второй раз (рис.14.4.5) и проверить вертикальность в перпендикулярной плоскости. При монтаже конструкций, вытянутых в длину (панелей и т.п.), достаточно одной установки теодолита. Причем равенство отсчетов по двум нижним рейкам (рис.14.4.5) одновременно укажет на параллельность продольной оси симметрии конструкции и монтажной оси.

Способ бокового нивелирования применяют при монтаже конструкций по вертикали вместо способа проектирования коллимационной плоскостью в тех случаях, когда по условиям строительной площадки нет возможности установки теодолита по оси симметрии конструкции.

Применение лазерных теодолитов с насадками, которые разворачивают лазерный луч в вертикальную плоскость, значительно

облегчает и ускоряет монтаж конструкций по вертикали. При этом одновременно можно устанавливать низ конструкции в плановом положении, а саму конструкцию - по вертикали. При монтаже отсчеты по рейкам наблюдаются визуально по световой полосе лазерной плоскости или пятна лазерного луча.

Чаще всего способ бокового нивелирования применяется при выверке (контроле) по вертикали строительных конструкций. Схема работ аналогична. При этом последовательно прикладывают рейку по низу и по верху элементов конструкций и берут отсчеты b_u . Разность отсчетов вверху и внизу конструкции характеризует ее поперечный наклон в линейных единицах

$$\Delta b = b_{\text{ни}} - b_{\text{ви}}. \quad (14.4.7)$$

В то же время нестворность конструкций по низу

$$\Delta a_i = a - b_{\text{ви}}. \quad (14.4.8)$$

Она характеризует точность плановой установки конструкций. Основные погрешности способа бокового нивелирования:

- 1) погрешность построения параллельного створа m_c ;
- 2) погрешность центрирования теодолита $m_{\text{ц}}$ и редукии визирного знака m_p ;
- 3) погрешность наклона оси вращения трубы $m_{\text{н}}$;
- 4) погрешность отсчета по рейке m_b ;
- 5) влияние внешних условий $m_{\text{вн}}$.

Общая средняя квадратичная погрешность способа бокового нивелирования

$$m = \sqrt{m_c^2 + m_{\text{ц}}^2 + m_p^2 + m_{\text{н}}^2 + m_b^2 + m_{\text{вн}}^2}. \quad (14.4.9)$$

Поскольку при монтаже и выверке конструкций по вертикали первые три погрешности одинаково влияют на нижние и верхние отсчеты, то в разностях (14.4.7) они исключаются. Поэтому точность монтажа и выверки конструкций по вертикали.

$$m = \sqrt{m_{\text{н}}^2 + 2m_b^2 + m_{\text{зн}}^2}. \quad (14.4.10)$$

При этом

$$m = \frac{0,5\tau'' l}{\rho''}; \quad (14.4.11)$$

$$m_b = 0,03t + 0,2 \frac{dm}{v}, \quad (14.4.12)$$

где τ'' – цена деления цилиндрического уровня теодолита;

l – высота конструкции;

t – цена деления рейки;

d – расстояние от теодолита до рейки;

v – увеличение трубы.

Методика измерений должна сводить к минимуму влияние внешних условий.

15 ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ

Исполнительные съемки проводят для выявления соответствия зданий и сооружений проектным данным. Они заключаются в определении фактического положения в плане и по высоте основных конструктивных элементов зданий и сооружений, подземных коммуникаций, технологического оборудования. Исполнительные съемки бывают текущие и окончательные.

Текущие исполнительные съемки проводят в процессе строительства. Они характеризуют качество строительно-монтажных работ на каждом этапе. Съемке подлежат основные и разбивочные оси, дно котлована, фундаменты, подземные коммуникации, стены и этажи зданий, колонны, закладные детали для монтажа укрупненных конструкций, лифты, подкрановые пути и т.п.

Плановая исполнительная съемка выполняется относительно разбивочной геодезической основы полярным методом, линейными и угловыми засечками, способом перпендикуляров и створов. Высотная – методом геометрического нивелирования от реперов высотной геодезической основы сооружения. В зависимости от высоты конструкции вертикальность определяют рейкой-отвесом (при высоте до 5м), способом наклонного проектирования и бокового нивелирования. Вертикальность соответствующих конструкций проверяют вертикальным проектированием.

Подземные коммуникации подлежат исполнительным съемкам до засыпки земель. Съемке в плане подлежат все колодцы, подземные камеры, точки поворотов, вводы и выводы. Координаты данных точек определяют относительно пунктов опорной сети аналитическим способом.

По результатам исполнительных съемок сооружений составляют начальный текущий исполнительный план, на который своевременно наносят все изменения ситуации на строительной площадке. Планы подземных коммуникаций составляют в масштабах 1:500...1:1000.

По завершении строительства составляют окончательный исполнительный план, на котором показывают фактическое положение

зданий и сооружений. Исполнительный план является важным документом при эксплуатации зданий и сооружений.

Результаты исполнительных съемок наносят на специальные чертежи и схемы в масштабе рабочих чертежей (а иногда и в больших масштабах), на которых фиксируют проектные и фактические размеры, величины отклонений (рис.15.1)

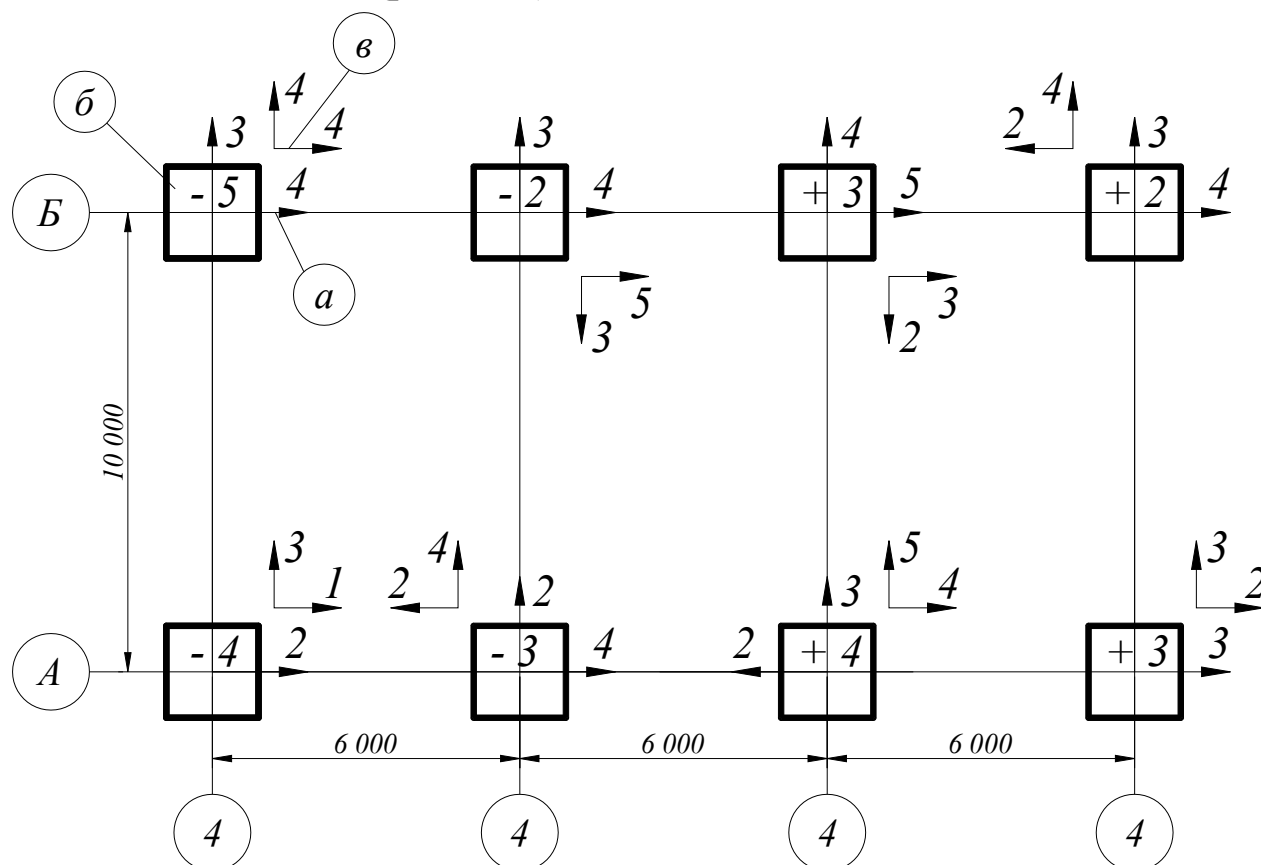


Рис. 15.1 Исполнительная схема монтажа колонн:

- а) величина смещения в плане; б) смещение по высоте;
- в) смещение от вертикали

Исполнительные схемы по реакторным отделением АЭС составляют на каждое помещение в виде развертки стен, на которые наносят все закладные детали, трубные каналы и величины их отклонений от проектного положения.

Анализ текущей исполнительной документации позволяет по величинам отклонений оценить качество работ и принять решение о переходе строительных работ к следующему этапу.

При несвоевременной съемке подземных коммуникаций определение их местонахождения проводят с использованием

трубокабелеискателей. Средняя квадратическая погрешность определения положения коммуникаций в плане и по высоте составляет ± 10 см.

Вертикальная съемка проводится геометрическим или тригонометрическим нивелированием на всей площади, свободной от застройки, по проездам и на бетонных площадках разного назначения. На спланированных участках характер поверхности отображают выписанными высотами. При нивелировании проездов разбивают поперечники через 20 м, по которым определяют высоту отмокты, бровки проезжей части, лотков, осей проездов. Нивелированию подлежат: колодцы, водосточные решетки, тротуары, отмокты зданий и чистый пол, входы, прямки. Эти данные используют при составлении исполнительного генерального плана.

16 ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

16.1 Общие сведения о деформациях зданий и сооружений

Под действием естественных условий и техногенных факторов в процессе эксплуатации здания и сооружения могут изменить свое положение в горизонтальной и вертикальной плоскостях, особенно на территориях, подверженных влиянию подземных горных работ. Это вызывает их деформации в виде трещин, прогибов, перекосов, кренов. Несвоевременное принятие соответствующих мероприятий защиты приводит к частичному или полному разрушению зданий, авариям на подземных коммуникациях, нарушениям в работе технологического оборудования. Поэтому в условиях эксплуатации за зданиями и сооружениями необходимо проводить геодезические наблюдения по определению возникающих осадок и деформаций.

При равномерных осадках здание или сооружение равномерно перемещается в вертикальной плоскости. При неравномерном оседании в основном в результате разной плотности грунтов или из-за неблагоприятного влияния гидрогеологии и техногенных условий, подземных горных работ возникают существенные деформации зданий и сооружений: значительные крены, трещины, разломы.

Смещение в горизонтальной плоскости, или сдвиг возникает, как правило, при значительных наклонах зданий или при размещении их на склонах.

При проектировании зданий и сооружений проводят расчет их стойкости и прочности, прогнозируют возможные величины смещений, которые не должны превышать допустимых.

Существующая методика расчета деформаций не учитывает все факторы, которые влияют на стойкость сооружений, поэтому величины расчетных деформаций являются приблизительными и требуют уточнения в процессе эксплуатации зданий и сооружений.

Наблюдения за деформацией зданий и сооружений должны проводиться с первых лет эксплуатации до их стабилизации. Периодичность наблюдений устанавливают в зависимости от скорости протекания процесса деформаций, сложности и высоты зданий и

сооружений, характера грунтов основы. В начальный период временной интервал между наблюдениями устанавливают на основе проектных рекомендаций или нормативных документов и по мере получения информации уточняют.

Своевременное выявление пространственно-временных деформаций инженерных сооружений и их качественная и количественная оценка геодезическими методами позволяет своевременно принять необходимые меры для последующей безаварийной эксплуатации этих сооружений.

16.2 Размещение реперов и марок для наблюдения за осадками

Наблюдения за оседанием зданий и сооружений проводят относительно постоянных нивелирных знаков (фундаментальных реперов), расположенных за границей зоны влияния разнообразных факторов, что обеспечивает их сохранность и неизменность высотного положения. Для контроля неизменности высотного положения закладывают не менее трех исходных реперов. За исходные берут реперы государственных нивелирных сетей, или закладывают специальные глубинные фундаментальные реперы. Наиболее распространенными типами грунтовых реперов является трубчатые и свайные. Верхняя часть грунтового репера имеет сферическую головку.

В исследуемых зданиях и сооружениях по периметру закладывают осадочные марки или реперы, по которым проводят геодезические измерения и определяют величины осадок. Осадочные марки размещают приблизительно на одинаковом уровне через 10-20 м по периметру с учетом формы и конструктивных особенностей сооружения. Закладка осуществляется в несущие конструкции, фундаменты по обе стороны от деформационных швов в сделанные отверстия глубиной до 100 мм с последующим бетонированием. Осадочные марки представляют собой стержни или уголки длиной 120-150 мм, заложенные в конструкцию под углом так, чтобы сверху была фиксированная точка. Для сложных сооружений разрабатывают специальные конструкции реперов.

16.3 Методы определения осадки зданий и сооружений

Наиболее распространенным методом исследования осадок зданий и сооружений является геометрическое нивелирование. Осадки зданий и сооружений определяют по результатам периодических наблюдений осадочных марок относительно исходных реперов.

В зависимости от типа сооружения и характера ожидаемых деформаций разрабатывают программу наблюдений, которая должна быть оптимальной во времени и обеспечивать необходимую точность измерений.

Интервал между циклами наблюдений выбирается в зависимости от характера грунтов в основе и скорости протекания деформационного процесса.

Наблюдение за особо сложными сооружениями (ГЭС, ДРЭС, АЭС) или высотными (трубы, башни телемачты) начинают одновременно со строительством фундаментов и выполняют по методике высокоточного геометрического нивелирования в прямом и обратном направлениях, при двух горизонтах нивелира с погрешностью в превышениях, не больше $\pm 0,3$ мм. Нивелирование выполняют нивелиром типа Н05 с инварными штриховыми рейками.

16.4 Методы определения горизонтальных смещений зданий и сооружений

Наблюдение за смещениями-сдвигами зданий и сооружений проводятся одновременно с определением осадки с периодичностью 2-4 раза в год. Определение горизонтальных смещений выполняют относительно плановых знаков, размещенных за границей деформационной зоны. Принятыми на практике методами измерения горизонтальных смещений является: *створный, тригонометрический, комбинированный и фотограмметрический способы.*

Наиболее распространенный способ - *створный* - заключается в том, что на сооружении между опорными пунктами *A* и *B* (рис.16.4.1) закрепляют марки 1,2 ... в створе по линии *AB*. Величины смещений марок относительно створа измеряют высокоточным теодолитом, установленным над опорным пунктом *A* или *B*, и передвижной марки с

миллиметровой шкалой, которая последовательно устанавливается на наблюдаемых точках. Возможно определение смещений параллактическим методом.

В *тригонометрическом способе* (триангуляция или засечки) смещения точек определяют сравнением координат и направлений наблюдаемых точек, которые периодически измеряют из опорных пунктов A, B, C специально созданной сети триангуляции.

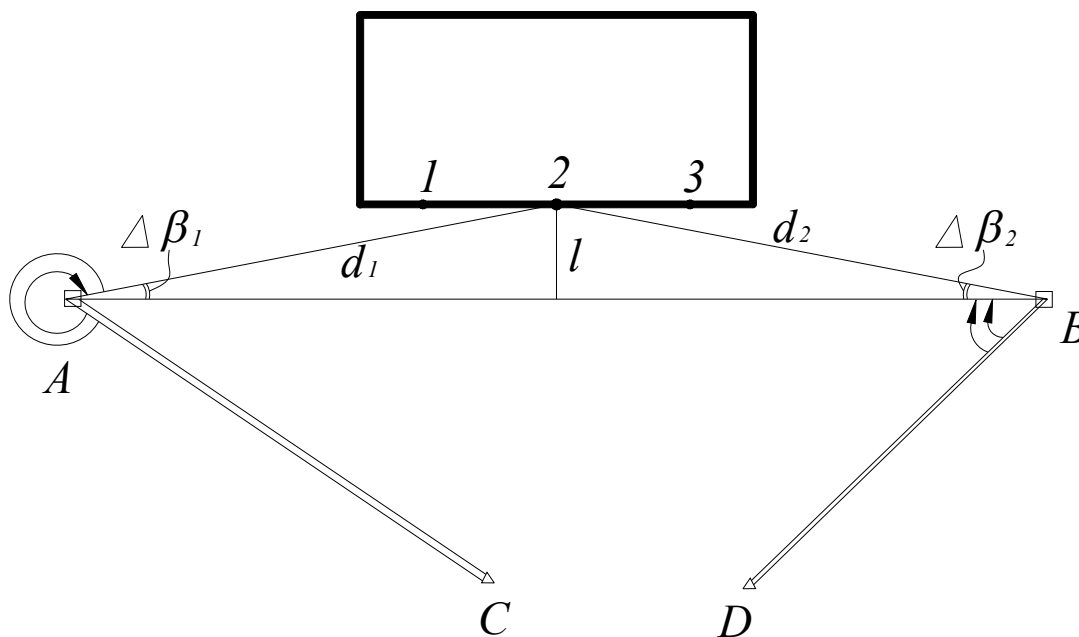


Рис. 16.4.1 Схема определения смещений точек сооружения створным способом

Если условия рельефа или форма сооружения не позволяют применить рассмотренные способы, то применяют *комбинированный* способ определения смещения, который совмещает створный и тригонометрический способы.

Фотограмметрический способ заключается в периодическом фотографировании фототеодолитом сооружения, на котором закреплены марки, из двух опорных пунктов измеренного базиса. Обработывая попарно фотоснимки на стереокомпараторе или стереоавтографе, определяют все три координаты наблюдаемых марок. По разностям координат в периодически проведенных циклах вычисляют величины деформаций в плане и по высоте.

16.5 Определение кренов высоких сооружений

Отклонение геометрической оси сооружения в вертикальной плоскости называется *креном*. Он возникает от неравномерной осадки основы сооружения, при наклонах земной поверхности в процессе проведения подземных горных работ, при перераспределении центра веса высотного сооружения.

Пока нет достаточно обоснованных допусков на предельные величины кренов для разных типов высотных сооружений. Поэтому в проектах их задают на основе расчетов, исходя из стойкости сооружения.

Крен фундамента или сооружения измеряют одним из приведенных методов: проектирование, координирование, измерение углов или направлений, фотограмметрии, механическими способами с использованием кренометров прямых и обратных отвесов.

Крены гражданских зданий и сооружений проще всего определяются способом вертикального проектирования. В этом способе на двух взаимно перпендикулярных осях сооружения на расстоянии $\geq 1,5$ высоты сооружения закладывают постоянные геодезические пункты наблюдений за кренами. На этих пунктах периодически устанавливают теодолиты и при двух положениях вертикального круга проектируют верхнюю точку сооружения на нивелирную рейку, положенную у основания сооружения горизонтально перпендикулярно наблюдателю. Полученные по рейкам отрезки между проекциями на низ верхнего и нижнего сечений представляют собой векторы горизонтальных составляющих крена, а полный крен равняется сумме этих векторов.

Среди других способов определения кренов следует отметить способ координат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Войтенко С.П. Інженерна геодезія./ С.П.Войтенко. – К.: «Знання», 2000. –557с.
2. Войтенко С.П. Геодезичні роботи в будівництві./ С.П.Войтенко. – К.: КНУБА, 1993. – 135с.
3. Войтенко С.П. Основи інженерної геодезії./ С.П.Войтенко, Г.М.Литвин, Р.Г.Юрковський та інші. – Одеса: «Папірус», 2000. – 185с.
4. ДБН В.1.3-2:2010. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. – На зміну СНиП 3.01.03-84; введ. 21.01.2010. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 70с.
5. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / Розробили Гайдай С.А. та інші. – К.: «Фотопрінт», 2001. – 254с.
6. Юрківський Р.Г. Інженерна геодезія / Р.Г.Юрківський – К.: НМК ВО, 1991. – 218с.
7. Юрківський Р.Г. Перенесення на місцевість проекту споруди / Р.Г.Юрківський – К.: НМК ВО, 1991. – 100с.

Учебное пособие

Войтенко Степан Петрович
Юрковский Ростислав Георгиевич
Вильданова Надежда Ростиславовна
Малина Ирина Анатольевна

ОСНОВЫ
ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДЕЗИИ