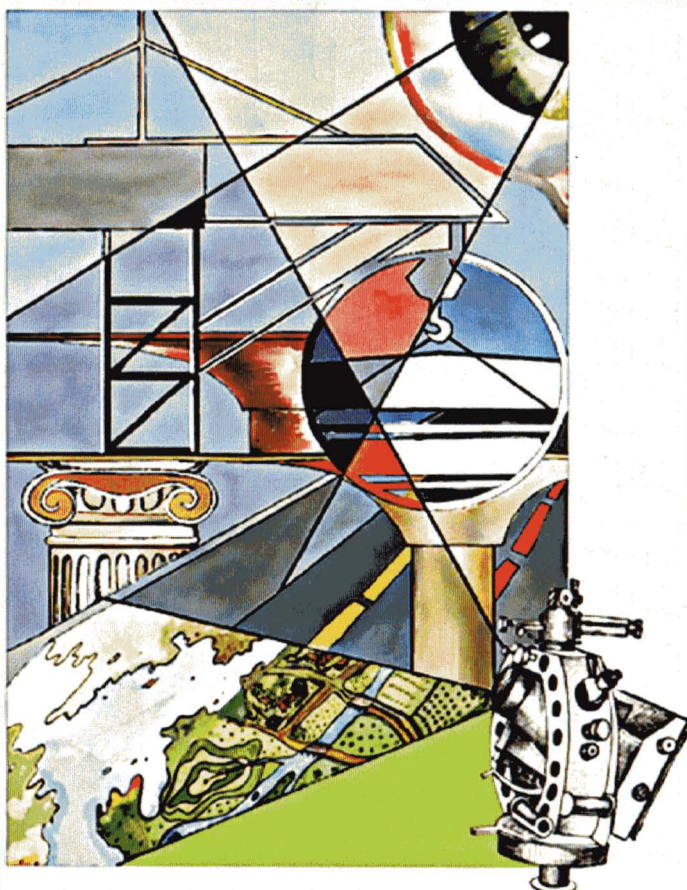


И.П. Интулов

**ИНЖЕНЕРНАЯ
ГЕОДЕЗИЯ
В СТРОИТЕЛЬНОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ**



Воронеж 2005

Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования

ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

И.П. Интулов

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Учебное пособие

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ по образованию в области строительства в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению 653500 «Строительство»

Воронеж - 2004

УДК 528.48:069.05 (0.75)

ББК 26.1:38

Инженерная геодезия в строительном производстве: Учеб. пособие для вузов/ И.П. Интулов; Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж, 2004. – 329 с.

ISBN 5-89040-121-1

Рассмотрены вопросы геодезического обеспечения строительного производства на всех этапах: инженерных изысканий, строительного проектирования, строительно-монтажных работ, эксплуатации инженерных сооружений. Даны нормативные требования к точности геодезических работ по всем технологическим процессам строительства сооружения.

Освещены методы создания специальных геодезических сетей в промышленно-гражданском строительстве, рассмотрены геодезические работы при проектировании линейных сооружений, вертикальной планировке, подготовке проекта к выносу; изложены сущность, последовательность, точность и способы разбивочных работ. Описаны наблюдения за перемещениями (деформациями) сооружений в процессе их строительства и эксплуатации.

Особое внимание уделено исполнительным съемкам как заключительной и обязательной части каждого технологического процесса монтажных и строительных работ.

Приведены основные сведения о земельном кадастре, способах и точности определения площадей и положения на местности земельных участков.

Предназначено для студентов и аспирантов строительных специальностей, а также для инженерно-технических работников строительного производства.

Ил. 142 Табл. 35 Библиогр.: 31 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного архитектурно-строительного университета

Научный редактор – д.т.н., проф., академик Академии транспорта
РФ А.И. Метелкин

Рецензенты: зав. кафедрой прикладной геодезии Ростовского государственного университета, д.т.н., проф. Ю.И. Пимшин; зав. кафедрой инженерной геодезии Московского государственного строительного университета, д.т.н., проф. И.А. Седельникова;

А.А. Сергеев, генеральный директор ОАО «Воронежстройизыскания», академик МАРЭ

© Интулов И.П.

© Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2004

ISBN 5-89040-121-1

Введение

Настоящее учебное пособие является второй книгой по инженерной геодезии для строительных вузов и факультетов. В первой книге «Инженерная геодезия» (Интулов И.П. Инженерная геодезия, 2001) даны сведения по основам геодезии, геодезическим измерениям и съемкам.

Содержанием данной книги являются вопросы геодезического обеспечения строительного производства на всех его этапах в соответствии с технологией строительства и требованиями нормативных документов.

В первых четырех главах изложены теоретические и практические вопросы выполнения геодезических работ при изысканиях, проектировании, разбивке и строительстве промышленных, гражданских, линейных сооружений, а также подземных коммуникаций. Указаны нормативные требования к качеству геодезических работ и методы расчета их точности в необходимых случаях.

Пятая глава содержит сведения о методах, точности и технических средствах определения параметров вертикальных и горизонтальных перемещений сооружений и их деформаций (прогиба, крена, трещин).

В шестой главе рассмотрены исполнительные съемки. Отдельная глава для этого отведена, так как исполнительные съемки – заключительная и обязательная часть основных геодезических построений каждого отдельного этапа и всего комплекса строительного-монтажных работ – не нашли должного отражения в учебной и технической литературе, что вызывает значительные трудности при их выполнении и особенно при оформлении исполнительной документации. По этой причине исполнительные съемки выполняются и оформляются не всегда полно и качественно, а часто совсем не выполняются, вследствие чего принимаются строительные решения, приводящие к снижению качества, надежности и долговечности инженерных сооружений. Указаны виды, точность, способы выполнения исполнительных съемок, приведены исполнительные схемы, даны нормативные допуски по каждому этапу строительного-монтажных работ и состав исполнительной документации.

Седьмая глава – геодезическое обеспечение земельного кадастра – в данной книге обусловлена изменением формы собственности на землю, введением юридического понятия «земельный кадастр» и связанным с этим новым назначением и специальным содержанием геодезических работ, занимающих в кадастре одно из самых важных мест. Дано юридическое определение земельного кадастра, приводится состав геодезических работ для кадастра, указаны способы и точность определения площадей, а также выноса в натуру границ земельных участков.

Раздел 6.4.2 написан Романченко О.В.

Учебное пособие предназначено для студентов и аспирантов строительных вузов и факультетов, а также может быть полезным специалистам строительного производства.

ГЛАВА 1. ИНЖЕНЕРНО – ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

1.1. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Современное строительное производство представляет собой единый производственный процесс, в который составными частями входят:

Инженерные изыскания – совокупность экономических, технических и экологических исследований района предполагаемого строительства с целью получения сведений о природных условиях для проектирования, строительства и эксплуатации инженерных сооружений в соответствии с их видом и назначением.

Строительное проектирование – комплекс работ по составлению проекта, который представляет собой совокупность чертежей и расчетов, необходимых для возведения инженерного сооружения с учетом конкретных условий строительства и особенностей его эксплуатации.

Строительно-монтажные работы – совокупность работ, реализующих проект.

Особую роль в строительном производстве играют геодезические работы. Они выполняются задолго до начала строительства, сопровождают проектирование и строительно-монтажные работы, а также продолжаются во время эксплуатации сооружений, если требуются наблюдения за их состоянием. От точности, полноты геодезических работ зависит качество и долговечность сооружений.

Геодезические работы в период изысканий заключаются: в создании опорных и съемочных сетей на участке будущего строительства; выполнении топографических съемок и составлении топографических планов различных масштабов участка строительства; в определении положения оси линейных сооружений на местности, т.е. трассировании, при линейных изысканиях.

Геодезические работы при проектировании заключаются: в размещении сооружений на горизонтальной плоскости и по высоте; расчете их размеров (параметров); подготовке чертежей и необходимых данных для перенесения проекта на местность и для возведения сооружения.

Геодезическое обеспечение строительно-монтажных работ включает в себя: вынос проекта на местность (*разбивку сооружений*); установку в проектное положение конструкций и отдельных частей сооружения на всех этапах его возведения (устройство фундамента и подвальной части, возведение надземной части и т.д.); контроль геометрических параметров возводимого сооружения; установку технологического оборудования; съемку законченных строительством сооружений и их частей, а также готовых территорий (*исполнительные съемки*); наблюдения за положением сооружений в процессе их строительства и эксплуатации, если требуются такие наблюдения (*наблюдения за перемещениями и деформациями сооружения*).

Изыскания, проектирование и строительство сооружений ведется по единым общегосударственным требованиям, которые разрабатываются на высоком научно-техническом уровне с учетом передовых достижений науки и техники. Они периодически (обычно через 5-10 лет) даются в строительных нормах и правилах (СНиП), обязательных для всех учреждений и организаций.

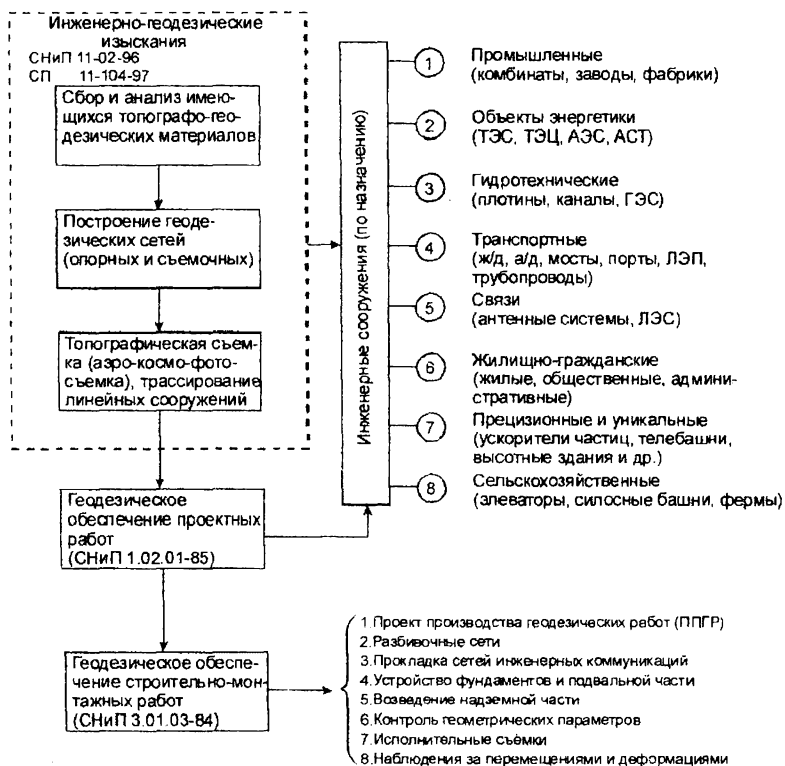


Рис. 1.1. Технологическая схема геодезического обеспечения строительного производства

В настоящее время действующими являются следующие СНиПы (в соответствии с этапами строительного производства):

1. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
2. СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства.

3.СНиП 1.02.01-85. Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений.

4.СНиП 3.01.03-84. Геодезические работы в строительстве.

Технологическая схема геодезического обеспечения строительного производства дана на рис. 1.1.

1.2. ВИДЫ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

Для разработки экономически целесообразных и технически обоснованных решений при проектировании и строительстве объектов, а также для прогнозирования изменений окружающей среды под воздействием строительства и эксплуатации предприятий, зданий и сооружений необходимо всестороннее комплексное изучение природных условий района (участка) строительства.

Инженерные изыскания – это совокупность работ, выполняемых для обеспечения строительного проектирования необходимыми данными о природных условиях района (участка) работ.

Инженерные изыскания подразделяются на виды, основными из которых являются: инженерно-геодезические, инженерно-геологические, инженерно-гидрометеорологические.

Объектами изучения *инженерно-геодезических изысканий* является рельеф и ситуация в пределах участка строительства или трассы.

Целью *инженерно-геологических изысканий* является: изучение грунтов как основания зданий и сооружений; заключенные в грунтах воды; грунты как строительный материал.

В процессе *инженерно-гидрометеорологических изысканий* изучаются поверхностные воды и климат.

Эти изыскания проводятся для разработки проектов всех зданий и сооружений независимо от их назначения, вида и конструкции. Соотношение же основных видов изысканий определяется видом строительства. Так, для составления проектов линий электропередачи преимущественное значение имеют инженерно-геодезические изыскания; проектов гидроэлектростанций – инженерно-геологические; проектов портовых сооружений – инженерно-гидрометеорологические.

Для проектирования некоторых сооружений и специальных работ проводятся также в качестве самостоятельных и другие виды изысканий: мелиоративные, почвенные, геоботанические, лесотехнические и пр. К самостоятельным относятся изыскания источников водоснабжения.

В настоящее время ни один проект не может быть грамотно разработан и осуществлен без инженерных изысканий, т.е. *инженерные изыскания являются неотъемлемой частью строительного производства*, которое подразделяется на *три составные части*, или самостоятельные, но взаимосвязанные виды производственной деятельности: *инженерные*

изыскания, строительное проектирование, строительско-монтажные работы.

Изыскания различных видов сооружений имеют много общего, и их можно разделить на две группы: *изыскания площадных сооружений* (населенные пункты, промышленные предприятия, аэропорты и т.д.) и *изыскания линейных сооружений* (дороги, трубопроводы, линии электропередачи и т.д.).

1.3. СОСТАВ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Инженерно-геодезические изыскания представляют собой комплекс геодезических и топографических работ, выполняемых для обеспечения задач строительного проектирования.

В состав инженерно-геодезических изысканий *для строительства* входят следующие виды работ:

- сбор и обработка материалов инженерных изысканий прошлых лет, топографо-геодезических, картографических, аэрофотосъемочных и других материалов и данных;
- рекогносцировочное обследование территории;
- создание (развитие) опорных геодезических сетей, включая геодезические сети специального назначения для строительства;
- создание планово-высотных съемочных геодезических сетей;
- перенесение проекта в натуру с составлением соответствующего акта;
- топографическая (наземная, аэрофототопографическая, стереофотограмметрическая и др.) съемка, включая съемку подземных и надземных сооружений;
- обновление топографических (инженерно-топографических) и кадастровых планов в графической, цифровой, фотографической и иных формах;
- инженерно-гидрографические работы;
- геодезические работы, связанные с переносом в натуру и привязкой горных выработок, геофизических и других точек инженерных изысканий;
- геодезические стационарные наблюдения за деформациями оснований зданий и сооружений, земной поверхности и толщии горных пород в районах развития опасных природных и техноприродных процессов;
- инженерно-геодезическое обеспечение информационных систем поселений и государственных кадастров (градостроительного и др.);
- создание (составление) и издание (размножение) инженерно-топографических планов, кадастровых и тематических карт и планов, атласов специального назначения (в графической, цифровой и иных формах);
- камеральная обработка материалов.

В состав инженерно-геодезических изысканий *для строительства линейных сооружений* дополнительно входят:

- камеральное трассирование и предварительный выбор конкурентоспособных вариантов трассы для выполнения полевых работ и обследований;

- полевое трассирование;
- съемки существующих железных и автомобильных дорог, составление продольных и поперечных профилей, пересечений линий электропередачи (ЛЭП), линий связи (ЛС), объектов радиосвязи, радиорелейных линий и магистральных трубопроводов;
- координирование основных элементов сооружений и наружные обмеры зданий (сооружений);
- определение полной и полезной длины железнодорожных путей на станциях и габаритов приближения строений.

При инженерно-геодезических изысканиях *в период строительства, эксплуатации и ликвидации зданий и сооружений* выполняются следующие виды работ:

- создание геодезической разбивочной сети (основы) для строительства;
- вынос в натуру главных или основных разбивочных осей зданий и сооружений;
- геодезические разбивочные и привязочные работы в процессе строительства в соответствии с рабочей документацией;
- геодезический контроль точности геометрических параметров зданий и сооружений в процессе строительства;
- исполнительные геодезические съемки планового и высотного положения зданий (сооружений) и инженерных коммуникаций;
- контрольные исполнительные съемки законченных строительством зданий (сооружений) и инженерных коммуникаций;
- наблюдения за осадками и деформациями зданий и сооружений, земной поверхности, в том числе при выполнении локального мониторинга за опасными природными и техноприродными процессами;
- специальные стереофотограмметрические съемки по определению геометрических размеров элементов зданий, сооружений, технологических установок, архитектурных и градостроительных форм;
- геодезические работы при монтаже оборудования, выверке подкрановых путей и проверке вертикальности колонн, сооружений и их элементов;
- геодезические работы по определению в натуре скрытых подземных сооружений при ремонтных работах и др.;
- составление исполнительной геодезической документации.

Основанием инженерно-геодезических изысканий является техническое задание заказчика и разрешение на проведение изысканий, полученное *заказчиком* в соответствующих органах.

Изыскания проводятся в две стадии: *предварительная и окончательная.*

На первой стадии изыскания заключаются в изучении района (участка) строительства и прилегающих территорий и подготовке имеющихся материалов в виде карт, планов с обновлением на них рельефа и ситуации. Масштаб устанавливается в зависимости от характера ситуации и рельефа, типа проектируемых сооружений. Итогом изысканий и проектных работ является топоплан в масштабе 1:10000 – 1:1000 с размещенными на нем инженерными сооружениями и коммуникациями (существующими и будущими) - *генеральный план*. К генеральному плану составляется *строительный план*, на который наносят все постоянные и временные сооружениями.

На второй стадии инженерные изыскания заключаются в подготовке более детальных и точных планов в масштабах 1:2000 – 1:500 с сечением рельефа 0,25 – 0,50м для составления *рабочих чертежей* строительства инженерных сооружений. Наиболее полными по составу являются геодезические работы при изысканиях дорог.

1.4. ТРАССИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Вытянутые искусственные сооружения называются *линейными*, например, линии электропередачи, связи, трубопроводы (водопровод, газопровод, канализация и др.), каналы, дороги (автомобильные, железные).

Ось линейного сооружения, обозначенная на карте (плане, фотоснимке) или на местности, называется *трассой*.

Характерными точками трассы являются:

- *начало трассы (Н. тр.)* – начальная точка трассы;

- *вершины углов поворота (ВУ)* – точки, в которых трасса меняет направление. Угол, на который трасса отклоняется от продолжения предыдущего (старого, заднего) направления, есть *угол поворота трассы φ* : правый $\varphi_{пр}$, если трасса поворачивает вправо, и левый $\varphi_{лев}$, если трасса поворачивает влево;

- *конец трассы (К. тр.)* – конечная точка трассы.

Магистральный ход – это теодолитный ход, проложенный по трассе через вершины углов ВУ (рис. 1.2).

Целью инженерно-геодезических изысканий для линейных сооружений является определение на местности оси будущего сооружения.

Процесс отыскания на карте или на местности наиболее целесообразного положения трассы называется *трассированием*. Различают *камеральное трассирование* (трасса намечается по картам, планам, фотоснимкам) и *полевое* (трасса укладывается непосредственно на местности).

Трассирование (как полевое, так и камеральное) выполняется двумя способами:

- *по заданному уклону i* , когда основное внимание уделяется обеспечению допустимых уклонов (каналы, самотечные трубопроводы, железные и автомобильные дороги);

- по заданному направлению, когда основное внимание уделяется наиболее короткой, экономически выгодной трассе (напорные трубопроводы, линии электропередачи и связи и др.)

Камеральное трассирование по заданному уклону i заключается в том, что на топографической карте (плане) масштаба $M = 1:m$ с высотой сечения рельефа h строят ломаную линию, последовательно засекая от начального до конечного пункта соседние горизонталы циркулем, раствор которого соответствует заложению a с заданным уклоном i ($a = h/i \cdot m$).

В результате получают несколько вариантов трассы (соседняя горизонталь может засекается циркулем в двух местах), из которых выбирается наиболее приемлемый.

Полевое трассирование с заданным уклоном i выполняется при помощи теодолита в таком порядке:

- в начальной точке трассы устанавливают теодолит и измеряют его высоту;
- на вертикальном круге теодолита устанавливают отсчет, соответствующий уклону i ($v = \arctg i$), при этом учитывается место нуля;
- в направлении трассы отыскивают такую точку местности, на которой отсчет по рейке средней нитью равен высоте инструмента;
- переходят на эту точку и дальше поступают аналогично;
- трассу автодороги располагают как можно ближе к найденным точкам.

В равнинных районах при незначительных уклонах местности трассирование (камеральное и полевое) выполняется, как правило, по заданному направлению, придерживаясь следующих правил:

- трассу прокладывают по прямой от одного препятствия до другого;
- вершины углов поворота выбирают против середины препятствия (рис. 1.2);
- углы поворота желательны не более 30° .

Начало трассы (*Н.тр.*), вершины углов поворота (*ВУ*), конец трассы (*К.тр.*) закрепляют на местности таким образом, чтобы они сохранились при последующих строительных работах (деревянными столбами, металлическими штырями, промерами к постоянным предметам и пр.). В магистральном ходе измеряют длины сторон с точностью 1:1000 – 1:2000 (лентами, дальномерами) и горизонтальные углы β на каждой вершине с точностью $1'$ (обычно правые β_{np} , для чего находят разность отсчетов по горизонтальному кругу на заднюю $ГК$, и переднюю точку трассы $ГК_n$, т.е. $\beta_{np} = GK - GK_n$). При измеренных правых углах магистрального хода β_{np} углы поворота трассы φ находят по формулам

$$\begin{aligned}\varphi_{np} &= 180^\circ - \beta_{np}; \\ \varphi_{лев} &= \beta_{np} - 180^\circ.\end{aligned}\tag{1.1}$$

Для контроля угловых и линейных измерений в магистральном ходе выполняют его привязку не реже, чем через каждые 15 сторон, к ближайшим геодезическим пунктам, а при их отсутствии определяют азимуты сторон трассы с такой же частотой из астрономических (спутниковых) наблюдений, после чего вычисляют дирекционные углы сторон и координаты вершин трассы, как в теодолитном ходе.

Основными элементами трассы являются: план – проекция трассы на горизонтальную плоскость; продольный профиль – вертикальный разрез по оси сооружения. В плане трасса состоит из прямолинейных и криволинейных участков определенных радиусов – горизонтальных кривых. В продольном профиле трасса состоит из линий различного уклона, которые соединяются между собой вертикальными кривыми.

Некоторые трассы (ЛЭП, ЛЭС, канализация и др.) горизонтальных и вертикальных кривых не имеют.

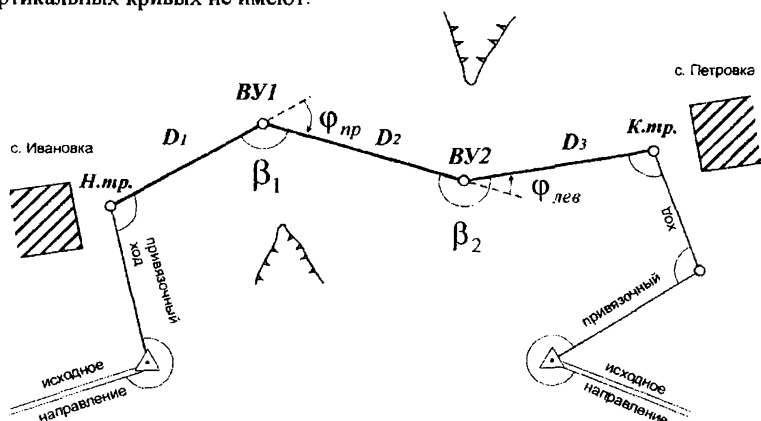


Рис. 1.2. Магистральный ход трассы

1.5. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАССЫ

По ломаной линии, какой является магистральный ход, движение транспортных средств невозможно ввиду того, что на вершинах углов они не могут в одной точке поменять направление своего движения. Переход от одного направления к другому выполняется плавно по какой-то кривой линии. Наиболее простой из кривых является **круговая кривая** – часть окружности радиуса R , которая вписывается на каждой вершине в меньший угол (правый или левый), касаясь его сторон в двух точках A и B (рис. 1.3).

В точке A начинается движение по кривой, и она называется **началом кривой (НК)**; в точке B движение по кривой заканчивается, и она называется **концом кривой (КК)**.

Линии магистрального хода и радиус окружности в точках *НК* и *КК* образуют прямые углы, поэтому в четырёхугольнике *ОАВУВ*, сумма углов которого равна 360° , центральный угол при точке *О* равен φ (следует из рис. 1.3), т.е. углу поворота трассы, который измерен при проложении магистрального хода.

Линия, соединяющая центр окружности *О* и вершину угла поворота *ВУ*, делит угол φ пополам и пересекает кривую в ее средней точке – середине кривой (*СК*).

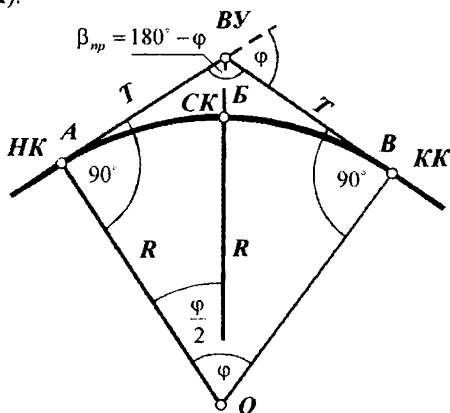


Рис. 1.3. Элементы круговой кривой

Начало кривой *НК*, середина кривой *СК*, конец кривой *КК* – характерные точки кривой. Положение этих точек находят и закрепляют на местности.

Для этого на каждой вершине угла определяют величины, характеризующие круговую кривую, – элементы круговой кривой: основные (базовые) и расчетные.

Основные (базовые) элементы круговой кривой

Радиус круговой кривой *R* – выбирают (назначают) в зависимости от условий местности (наличие вблизи поворота сооружений, водоемов и водотоков, обрывов, ценных угодий и т.п., через которые не должна проходить кривая), а также от скорости движения по будущей автодороге, минимальные и максимальные значения которой определяются категорией дороги. Величины радиусов круговых кривых для различных категорий дорог рассчитываются заранее и даются в нормативных документах. Во всех случаях, где это возможно, следует принимать радиус 2 000 – 5 000 м.

Угол поворота трассы φ – вычисляют по результатам измерений как дополнение горизонтальных углов магистрального хода β до 180° .

Расчетные элементы круговой кривой

T - тангенс, длина каждой из двух касательных от вершины угла до начала и конца кривой;

K - длина круговой кривой;

B - биссектриса, расстояние от вершины угла до середины кривой;

D - домер, разность двух путей от начала до конца кривой: по ломаной линии через B и по круговой кривой.

Элементы круговых кривых могут быть вычислены по очевидным формулам (рис. 1.3):

$$\left. \begin{array}{l} \text{из прямоугольного треугольника с углом } \frac{\varphi}{2}; \quad T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}; \\ \\ \text{из очевидной пропорции } 2\pi R : 360^\circ = K : \varphi^\circ \quad K = R \cdot \varphi \cdot \frac{\pi}{180^\circ}; \\ \\ \text{из того же треугольника} \quad B = \frac{R}{\cos \frac{\varphi}{2}} - R = R \cdot (\sec \frac{\varphi}{2} - 1) = \sqrt{R^2 + T^2} - R; \\ \\ \text{по определению} \quad D = 2T - K. \end{array} \right\} (1.2)$$

Элементы круговых кривых вычисляют с точностью до 1 см, т.е. до второго знака после запятой, с помощью микрокалькулятора или находят по специальным таблицам для разбивки круговых кривых.

При выборе элементов кривых из таблиц, где их значения даны с большим числом десятичных знаков, необходимо следить за строгим соблюдением равенства $D = 2T - K$, которое может быть нарушено округлением входящих в него величин. В этом смысле целесообразнее из таблиц выбирать значения тангенсов T и кривых K , а домеры D вычислять по соответствующей формуле и сравнивать их для контроля с табличными, не допуская расхождений более 2 см.

Контролем вычисления элементов кривых на всех углах трассы является равенство

$$\sum 2T - \sum K = \sum D. \quad (1.3)$$

Вычисленные элементы круговых кривых позволяют по горизонтальным проложениям d магистрального хода определить положение, или пикетаж, на трассе характерных ее точек: вершин углов поворота B , кривых (начала HK и конца KK), т.е. расстояния от начала трассы (пк 0) до этих точек, а также длину трассы L .

Положение, т.е. пикетаж, точек трассы и ее длину L принято выражать в пикетах (пк), т.е. в 100-метровых отрезках (все остальные величины выражаются в метрах).

Эти вычисления выполняют последовательно от начала трассы (пикета ноль – *пк 0*) через вершины углов до конца трассы.

Положение первой величины ВУ1, или ее пикетажное значение, равно длине первой стороны *d* магистрального хода в пикетах, т.е.

$$\text{пкВУ1} = d_1 \text{ в пк.} \quad (1.4)$$

Пикетаж второй вершины ВУ2 получается, если к пикетажу *ВУ1* прибавить длину второй стороны *d*₂ магистрального хода и отнять домер *D*₁ на первой вершине ввиду того, что на первом повороте движение выполнялось уже по кривой и путь до *ВУ2* сократился на величину *D*₁, т.е.

$$\text{пкВУ2} = \text{пкВУ1} + d_2 - D_1. \quad (1.5)$$

Пикетаж третьей вершины ВУ3 получается, если к пикетажу *ВУ2* прибавить длину третьей стороны *d*₃ магистрального хода и отнять домер *D*₂ на второй вершине, т.е.

$$\text{пкВУ3} = \text{пкВУ2} + d_3 - D_2. \quad (1.6)$$

Каждый раз, чтобы получить пикетаж передней вершины трассы, нужно к пикетажу задней вершины прибавить расстояние между этими вершинами и отнять домер на задней вершине, т.е.

$$\text{ВУпередн.} = \text{ВУзадн.} + d - D_{\text{задн.}} \quad (1.7)$$

Пикетаж конца трассы (пкК.тр., или длина трассы L) получается, если к пикетажу последней вершины *пкВУносл.* прибавить длину последней стороны *d*_{носл.} магистрального хода и отнять домер *D*_{носл.} на последней вершине, т.е.

$$L = \text{пкК.тр.} = \text{пкВУносл.} + d_{\text{носл.}} - D_{\text{носл.}} \quad (1.8)$$

Длина магистрального хода и длина трассы автодороги *неодинаковы*. На каждой вершине трасса становится короче по сравнению с магистральным ходом на величину домера. Поэтому длину трассы можно получить второй раз, что является *контролем* предыдущих вычислений, если из длины магистрального хода отнять сумму всех домеров, т.е.

$$L = \sum d - \sum D. \quad (1.9)$$

Положение точек каждой кривой НК и КК вычисляют через пикетаж вершин по формулам

$$\left. \begin{aligned} nkHK &= nkBY - T; \\ nkKK &= nkBY + T - D = nkHK + K. \end{aligned} \right\} \quad (1.10)$$

Получение пикетажа конца кривой дважды является контролем вычислений.

Трасса автодороги состоит из прямолинейных участков, которые называются *прямыми вставками P*, соединенных на поворотах круговыми кривыми.

Длина первой вставки P_1 равна расстоянию от лк 0 до начала первой кривой, т.е.

$$P_1 = nkHK_1. \quad (1.11)$$

Длины остальных прямых вставок получают как разность пикетажных значений начала передней кривой и конца задней кривой, т.е.

$$P = nkHK_{передн.} - nkKK_{задн.} \quad (1.12)$$

Длина последней прямой вставки получается вычитанием из пикетажа конца трассы (из длины трассы) пикетажного значения конца последней кривой:

$$P_{посл.} = nkK_{тр.} - nkKK_{посл.} = L - nkKK_{посл.} \quad (1.13)$$

Вычисления прямых вставок контролируются получением 3-й раз длины трассы L , которая представляет собой сумму всех ее прямолинейных и криволинейных участков, т.е.

$$L = \sum P + \sum K. \quad (1.14)$$

Вычисление элементов трассы выполняется в специальной ведомости с *обязательным контролем*, так как ошибки при этом приводят к ошибкам в строительстве и поэтому недопустимы.

Пример вычисления элементов трассы приводится ниже в таблице 1.1.

Сначала составляют схему магистрального хода, на которую выписывают горизонтальные проложения сторон магистрального хода (расстояния между вершинами углов) и правые горизонтальные углы $\beta_{пр}$ между ними (измерения линий и углов контролируются привязкой магистрального хода к геодезическим пунктам и вычислением координат вершин углов).

Вычисления выполняют в таком порядке:

1. В ведомость прямых и кривых заносят все имеющиеся данные:
- в графы 1 и 17 – названия точек трассы от лк 0 до К.тр.;

Ведомость прямых и кривых

Таблица 1.1.

Точки трассы		Элементы круговых кривых										Положение точек кривой		Прямые раст. вставлен. между точками трассы		Дирекционные углы		Координаты (местные)			Название точек трассы	
		Название	Положение	Угол поворота	R_1	T_1	K_1	B_1	D_1	HK_1	KK_1											PK_1
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
<i>нп0</i>	0+00.00														3000.00	5000.00	<i>нп0</i>					
<i>ВУ1</i>	4+40.65	19°18'	500	85.02	168.42	7.18	1.62	3+55.63	5+24.05			355.63	440.65	113°13'	2826.29	5404.97	<i>ВУ1</i>					
<i>ВУ2</i>	7+99.85	21°30'	400	75.94	150.10	7.14	1.78	7+23.91	8+74.01			199.86	360.82	93°55'	2801.65	5764.94	<i>ВУ2</i>					
<i>ВУ3</i>	11+44.65	30°13'	300	80.99	198.21	10.74	3.77	10+63.66	12+21.87			189.65	346.58	115°25'	2652.89	6077.98	<i>ВУ3</i>					
<i>К. тр. Л.</i>	13+87.36											165.49	246.48	145°38'	2449.44	6217.11	<i>К. тр. Л.</i>					
Σ												910.63	1394.53									

Контроль:

1. $\Sigma \varphi_{пр} - \Sigma \varphi_{пов} = 51^\circ 43' - 19^\circ 18' = 32^\circ 25'$ $\alpha_K - \alpha_H = 145^\circ 38' - 113^\circ 13' = 32^\circ 25'$
2. $L = \Sigma d - \Sigma \Delta = 1394.53 - 7.17 = 1387.36$
3. $L = \Sigma K + \Sigma P = 476.73 + 910.63 = 1387.36$

Расчёт условных координат пикетов на кривых

№ пик.	Длина дуги $K_{ик}$	R	$\varphi_{ик}$	$K_{ик} \cdot \frac{180^\circ}{R}$	$x_{ик} = R \sin \varphi_{ик}$	$y_{ик} = R(1 - \cos \varphi_{ик})$
4	44.37	500	5°05.1'	44.32	0.05	1.97
5	24.05	500	2°45.4'	24.04	0.01	0.58
8	76.09	400	10°53.9'	75.63	0.46	7.22
11	36.34	300	6°56.4'	36.25	0.09	2.20
12	21.87	300	4°10.6'	21.85	0.02	0.80

Схема магистрального хода

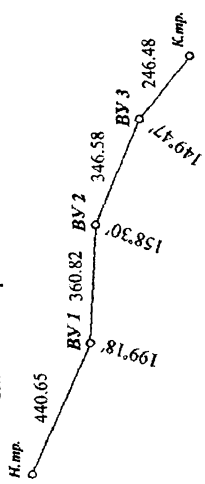
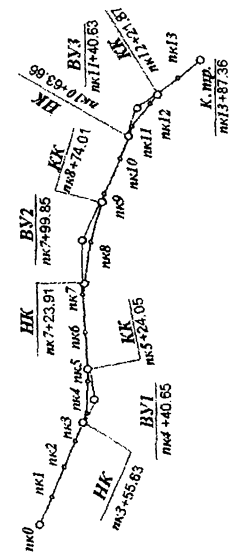


Схема трассы автодороги



- в графы 3 и 4 – углы поворота трассы φ по измеренным правым горизонтальным углам магистрального хода, округленные до $1'$, по формулам (1.1), а также внизу их суммы;

- в графу 5 – обоснованно принятые радиусы R круговых кривых;

- в графу 13 – длины сторон d магистрального хода между строками, в которых записаны соответствующие вершины, а также внизу сумму сторон $\sum d$;

- в графу 14 – вычисленные дирекционные углы α сторон, округленные до $1'$, в тех же строках, что и длины сторон d .

2. Выполняют контроль вычислений углов поворота φ по формуле

$$\sum \varphi_{пр} - \sum \varphi_{лев} = \alpha_k - \alpha_n.$$

3. В графах 6-9 вычисляют элементы круговых кривых на каждой вершине по формулам (1.2) или выбирают их из специальных таблиц, контролируя по строке выбор равенством $2T - K = D$.

4. Вычисляют суммы $\sum T$, $\sum K$, $\sum D$ и записывают их в соответствующих графах внизу в строке сумм.

5. Выполняют контроль вычислений элементов круговых кривых по формуле $2\sum T - \sum K = \sum D$.

6. В графе 2 вычисляют положение, или пикетаж, точек трассы по формуле

$нкВУпередн. = нкВУзадн. + d - Дзадн.$, причем пикетаж начала трассы $нк 0 = 0+00$, а

для $нкВУ1$: $нкВУзадн. = 0$ и $Дзадн. = 0$;

для $нкК.тр. = L$: $нкВУзадн. = нкВУполс.$, $d = дполс.$,

$Дзадн. = Дполс.$

6. Выполняют контроль вычислений по формуле $L = \sum d - \sum D$.

7. В графе 12 вычисляют длины прямых вставок P по формуле $P = нкНКперед. - нкККзадн.$ и записывают их в одной строке с d .

8. Вычисляют $\sum P$ и записывают ее внизу графы.

9. Выполняют контроль вычислений прямых вставок P по формуле $\sum P + \sum K = L$.

По результатам вычислений составляют схему трассы в принятом масштабе, на которую выписывают пикетаж вершин углов, всех точек трассы ($НК$, $КК$, $К.тр.$, длины прямых вставок P и их дирекционные углы α), табл. 1.1.

1.6. РАЗБИВКА ПИКЕТАЖА И КРУГОВЫХ КРИВЫХ

Разбивка пикетажа на местности – это деление трассы на 100 - метровые отрезки (пикеты, $нк$), а также определение положения на трассе характерных точек рельефа (перегибы местности) и ситуации (пересечения с препятствиями, угодыями, инженерными сооружениями).

Положение, или пикетаж, характерной точки на трассе – это расстояние от точки до начала трассы в пикетах. Оно определяется расстоянием в метрах от заднего (предыдущего) пикета со знаком плюс, поэтому эти точки называются плюсовыми.

Например, если трассу пересекает грунтовая дорога на расстоянии 80 м от пк 3, то это пересечение обозначается так: пк 3 + 80. Такое обозначение просто и точно описывает ситуацию вдоль трассы.

Перед разбивкой пикетажа составляют схему трассы в специальном журнале, который называется *пикетажным*, с выпиской из «Ведомости прямых и кривых» пикетажных значений точек трассы *ВУ, НК, КК*, а также всех значений элементов кривых: *φ, R, T, K, B, D* .

Разбивку пикетажа (рис. 1.4) начинают от начала трассы (пк 0) с помощью ленты или рулетки, закрепляют пикеты деревянными кольшками и обозначают их в порядке возрастания: *пк 1, пок 2, пок 3* и т.д. На наклонных участках местности ленту располагают горизонтально, поднимая на соответствующую высоту ее конец или начало, и проектируют на землю отвесом. На вершине *ВУ1* сверяют (контролируют) ее полученное пикетажное значение с выписанным на схеме *расчетным* значением. Эти значения должны совпадать в пределах точности измерений (при измерениях лентой допускается погрешность не более 10 см на каждые 100 м длины, т.е. не более 1:1000 измеряемой линии).

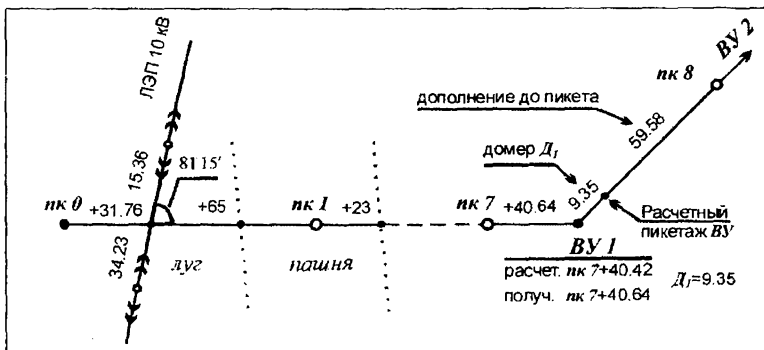
На последнем уложении ленты после определения пикетажного значения *ВУ1* ленту не снимают, а изгибают на *ВУ1* по направлению на вершину *ВУ2* и отмечают ее конец шпилькой. Ввиду того, что измерения длин выполняются *по ломаной линии*, а на поворотах трасса является *кривой линией*, которая короче, чем путь по ломаной линии через вершину угла поворота, то на каждой вершине происходит смещение пикетов назад (отставание) на величину разности этих путей, т.е. на величину домера *D*. Чтобы этого избежать, *ленту на каждой вершине продвигают вперед на величину D этой вершины в направлении следующей вершины*, т.е. конечную шпильку переносят вперед на расстояние, равное *D*, и уже от этого места продолжают разбивку пикетажа до следующей вершины аналогично, контролируя разбивку сравнением *расчетного и полученного* в процессе разбивки пикетажных значений вершины угла.

На каждой вершине в процессе разбивки пикетажа находят и закрепляют кольями три *главные точки кривой*: начало *НК*, конец *КК*, середину *СК*.

Для нахождения НК и КК от вершины угла назад и вперед откладывают величину тангенса *T*. *Для нахождения СК* теодолитом, установленным на вершине, делят угол, равный $180^\circ - \varphi$, внутри которого находится кривая, пополам и в этом направлении откладывают величину биссектрисы *B*.

Построение точек кривой *контролируют* измерением расстояний до ближайших пикетов и сравнением полученных пикетажных значений с выписанными на схеме.

Одновременно с разбивкой пикетажа внутри каждого 100-метрового промежутка измеряют расстояния до характерных точек трассы от заднего пикета и со знаком плюс записывают их в пикетажный журнал (плюсовые



точки), рис. 1.4.

Рис. 1.4. Схема разбивки пикетажа

При разбивке пикетажа ведется также *контурная съемка* прилегающей к трассе полосы шириной 100-200 м, результаты которой заносят в пикетажный журнал.

Разбивка пикетажа *заканчивается* в конечной точке трассы. *Контролем* разбивки является совпадение измеренной длины трассы с выписанной на схеме ее расчетной длиной (пикетажем конца трассы).

Все пикеты должны быть на оси дороги. Однако те из них, которые располагаются за НК или ближе КК, оказываются на тангенсах, т.е. в стороне от оси, и каждый из них необходимо перенести (сместить) с тангенса на кривую.

Пусть на рис. 1.5 от пикета n (пк n) отложен 100-метровый отрезок, и точка $(n+1)$ оказалась за началом кривой НК. Расстояние от пк n до НК равно l , т.е. $пкНК = пк n + l$ (пикетаж главных точек кривой известен).

Точка $n+1$ находится на прямой в стороне от оси, и ее нужно переместить (сместить) на кривую.

Для построения пк $(n+1)$, находящегося на кривой, вычисляют его прямоугольные координаты $x_{пк}$ и $y_{пк}$ в условной системе координат. В этой системе точка НК является началом координат, ось X направлена по тангенсу, а ось Y - по радиусу к центру окружности 0 (эти линии взаимно перпендикулярны).

Сначала вычисляют центральный угол $\phi_{пк}$, опирающийся на дугу $K_{пк}$, заключенную между началом координат (точка НК) и пикетом $(n+1)$. Длина

дуги известна и равна $\kappa_{нк} = 100 - l$. Кроме того, радиус R круговой кривой также известен. Тогда в градусах

$$\varphi_{нк}^{\circ} = \frac{\kappa_{нк}}{R} \cdot \frac{180^{\circ}}{\pi} . \quad (1.15)$$

Расстояние $x_{нк}$ по тангенсу от HK до основания перпендикуляра и длина перпендикуляра $y_{нк}$ к тангенсу определяются по очевидным формулам (рис. 1.5)

$$\left. \begin{aligned} x_{нк} &= R \cdot \sin \varphi_{нк} ; \\ y_{нк} &= R - R \cdot \cos \varphi_{нк} = R \cdot (1 - \cos \varphi_{нк}) . \end{aligned} \right\} \quad (1.16)$$

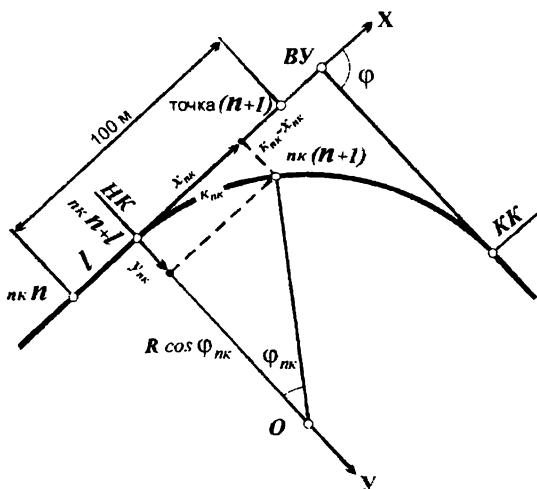


Рис. 1.5. Снесение пикета с тангенса на кривую

Отрезки $x_{нк}$ и $y_{нк}$ вычисляют с помощью микрокалькулятора или выбирают из специальных таблиц для разбивки круговых кривых.

Вместо отрезка $x_{нк}$, откладываемого вперед от точки HK , удобнее откладывать назад более короткий отрезок от точки $n+1$, равный длине кривой без абсциссы, т.е. $\kappa_{нк} - x_{нк} = (100 - l) - x_{нк}$.

Если пикет окажется дальше середины кривой CK (на тангенсе за вершиной угла), то за начало условной системы координат принимается точка KK и все вычисления и построения выполняются аналогично. Пример

равных расстояниях от данной точки (например, по 20 м назад и вперед), для чего их предварительно сносят на кривую.

Для обеспечения будущих строительных работ высотной основой приблизительно через 1 км трассы и в местах строительства дорожных сооружений (мостов, водопропускных труб и т.д.) устанавливают **временные реперы** (грунтовые или стенные), указывают их пикетаж (положение относительно *пк 0*) и расстояние от оси с буквой *Л* (лево) или *П* (право).

1.7. НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ И ПОПЕРЕЧНИКОВ

Полевые работы. По *готовому пикетажу* (закрепленным пикетам и плюсовым точкам, которые в необходимых случаях снесены с тангенсов на кривую) и *по всем реперам*, установленным вдоль трассы, прокладывается ход технического нивелирования способом из середины, т.е. выполняется *продольное нивелирование трассы*. Кроме того, выполняется нивелирование предварительно разбитых на пикетах и плюсовых точках поперечников, т.е. *поперечное нивелирование трассы* (одновременно с продольным нивелированием при незначительном числе поперечников или *отдельно* при большом числе сложных поперечников).

Продольное нивелирование трассы начинают и заканчивают на исходных реперах.

На каждой станции нивелирование выполняется в следующей последовательности (на рис.1.7 порядок операций показан цифрами в кружках).

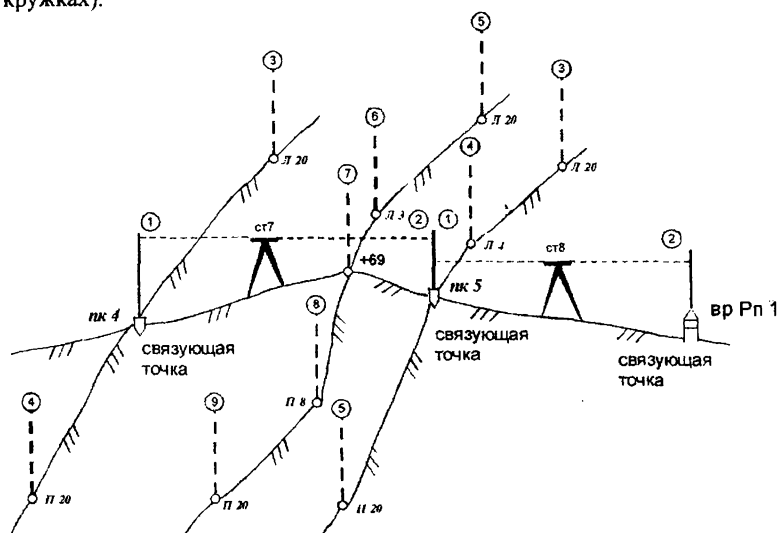


Рис. 1.7. Схема совместного продольно-поперечного нивелирования трассы

1. Устанавливают рейку сначала на заднюю, а потом на переднюю связующие точки (1,2) с отсчитыванием каждый раз по обоим шкалам и записью отсчетов в соответствующие графы журнала: «Задний» и «Передний», т.е. *выполняют нивелирование точек хода. Контролируют* отсчеты вычислением «пятки», а потом вычисляют превышение h между связующими точками два раза как разность одноцветных заднего $З$ и переднего $П$ отсчетов $h = З - П$, не допуская их расхождения более 5мм, а также среднее превышение из двух.

Таблица 1.2

Журнал продольно-поперечного нивелирования трассы

№№ станций	Назван. реечных точек	Отсчеты по рейке, мм			Превышение, мм, $h = З - П$	Горизонт инструмента ГИ, м	Отметки Н, м	Назван. реечных точек
		задние $З$	передние $П$	промежуточные $Пр$				
7	нк 4	2270	0880		+1390	168.588	166.318	нк 4
	нк 5	6956	5562		+1394	168.589	167.709	нк 5
		4686	4682		+1392	168.588		
	Л 20			1206 5886 4680			167.382	Л 20
	П 20	поперечник на нк 4		0762 5452 4690			167.826	П 20
	Л 20			1078 5762 4684			167.510	Л 20
	Л 3			0198 4886 4688			168.390	Л 3
	нк 4+69	поперечник на нк 4+69		0634 5320 4686			167.954	нк 4+69
	П 8			2966 7654 4688			165.622	П 8
	П 20			0130 4812 4682			168.458	П 20

2. Если продольное и поперечное нивелирование выполняется *совместно*, как показано на рис.1.7, то рейку устанавливают во всех точках поперечников, которые нивелируются с данной станции. Сначала нивелируют первый по ходу трассы поперечник, а потом следующие в одном и том же принятом порядке: слева направо или наоборот, обозначая боковые точки соответствующими буквами: $Л$ (лево), $П$ (право), а осевые – номером пикета с расстоянием со знаком плюс. На каждой точке поперечника берут отсчеты по обоим шкалам рейки, записывают в графу журнала «Промежуточные отсчеты» и контролируют вычислением «пятки», отклонение которой от

Таблица 1.3

Журнал продольного нивелирования трассы

№№ стан-ций	Назван. реечных точек	Отсчеты по рейке, мм			Превышения h , мм		ГИз=Нн+Чз ГИп=Нп+Чп ГИср, м	Высота H , м	Назван. реечн. точек
		задний $З$	передн. $П$	пром. $Пр$	$З-П$	$h_{ср}$			
	Рн 53	0556	2064		-1508		161.113	Рн 53	
1	х	5240 4684	6750 4686		-1510	-1509		х	
	х	1214	2522		-1308			х	
2	нк0	5898 4684	7208 4686		-1310	-1309		нк0	
	нк0	2624	0346	1982	+2278		160.929	нк0	
3	нк1	7308	5026	6668	+2282	+2280	160.937	нк1	
	нк0+61	4684	4680	4686			160.933	нк0+61	
	нк1	2694	1524	2796	+1170		163.285	нк1	
4	нк2	7376	6208	7480	+1168	+1169	163.289	нк2	
	нк1+37	4682	4684	4684			163.287	нк1+37	
	нк2	2212	0214	2018	+1998		163.977	нк2	
5	нк3	6898	4898	6702	+2000	+1999	163.983	нк3	
	нк2+56	4686	4684	4684			163.980	нк2+56	
	нк3	2804	0262	0916	+2542		166.573	нк3	
6	нк4	7490	4944	5602	+2546	+2544	166.580	нк4	
	нк3+36	4686	4682	4686			166.576	нк3+36	
	нк4	2672	1284	1038	+1388		168.990	нк4	
7	нк5	7354	5970	5724	+1384	+1386	168.993	нк5	
	нк4+69	4682	4686	4686			168.992	нк4+69	
	нк5	1144	0216	0268	+0928		168.853	нк5	
	Вр Рн 1	5826	4902	4950	+0924	+0926	168.856	Вр Рн 1	
8	нк5+52	4682	4686	4682			168.854	нк5+52	
	нк6			2754			166.100	нк6	
				7438					
				4684					
	Вр Рн 1	0382	2608	2318	-2226		169.022	Вр Рн 1	
	нк8	5070	7294	7002	-2224	-2225	169.028	нк8	
	нк6+48	4688	4686	4684			169.025	нк6+48	
9	нк7			2842			166.183	нк7	
				7528					
				4686					
	нк7+25			1524			167.501	нк7+25	
				6206					
				4682					
	нк8	0824	2418	1324	-1594		167.244	нк8	
10	нк9	5508	7100	6012	-1592	-1593	167.250	нк9	
	нк8+51	4684	4682	4688			167.247	нк8+51	
	нк9	0534	2596	2408	-2062		165.366	нк9	
11	нк10	5220	7278	7090	-2058	-2060	165.373	нк10	
	нк9+36	4686	4682	4682			165.370	нк9+36	
	нк10	2178	0756		+1422			нк10	
12	Рн45	6860	5442		+1418	+1420	164.202	Рн45	
		4682	4686						
	Σ	95886	89830			+3028			

$$\text{Контроль: } \frac{\sum 3 - \sum П}{2} = \frac{95886 - 89830}{2} = +3028$$

фактической может допускаться до 10 мм (отсчет по красной шкале рейки на промежуточных точках выполняется для исключения только грубых ошибок), табл. 1.2.

3. Если продольное нивелирование выполняется *отдельно* от поперечного, то после вычисления превышения h между связующими точками рейку устанавливают последовательно только на *осевых* (пикетных и плюсовых) точках трассы. Отсчеты по обеим шкалам рейки записывают и контролируют в графе «Промежуточные отсчеты» аналогично отсчетам на точках поперечников (табл. 1.3).

Нивелирование поперечников в этом случае начинают с установки рейки как минимум на две закрепленные связующие точки продольного нивелирования для определения горизонта нивелира с *контролем*, а в остальном работа выполняется в таком же порядке, как и при совместном нивелировании.

В *исключительных случаях*, когда отсутствует конечный исходный репер, прокладывают прямой ход по пикетажу и обратный ход – только во временным реперам, установленным вдоль трассы.

Камеральные работы. По окончании продольно-поперечного нивелирования выполняют обработку полевых наблюдений в следующем порядке.

1. В нивелирном журнале проверяют вычисления средних превышений по продольному ходу и выполняют на каждой странице *постраничный контроль* по формуле
$$\frac{\sum 3 - \sum \Pi}{2} = \sum h_{ср}.$$

2. Вычисляют отметки связующих точек продольного нивелирного хода отдельно на схеме (рис. 1.8) или в ведомости уравнивания высот при условии, что невязка хода не превышает допустимой, вычисляемой по формуле $f_h^{доп} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L_{км}}$, где $L_{км}$ - длина хода в км.

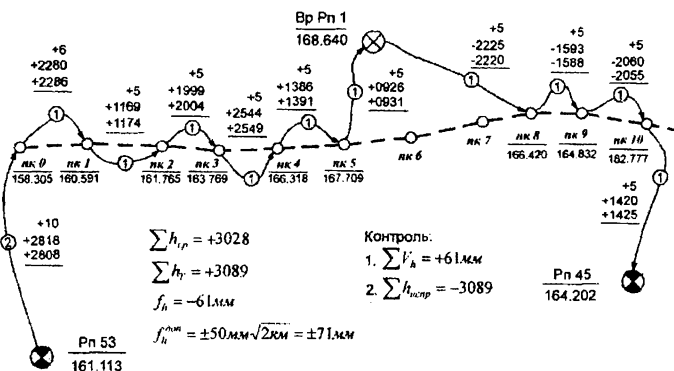


Рис. 1.8. Схема вычисления высот связующих точек трассы

3. Вычисляют отметки H_{np} промежуточных точек в журнале нивелирования по черным отсчетам Pr на них через горизонт инструмента GI

$$H_{np} = GI - Pr.$$

Горизонт инструмента GI , равный отметке точки плюс отсчет по черной шкале рейки на этой точке, вычисляется на каждой станции два раза (для контроля):

$$\text{по задней точке} \quad GIз = Hз + 3;$$

$$\text{по передней точке} \quad GIп = Hп + П.$$

Отметку $Hз$ задней и $Hп$ передней связующих точек на каждой станции выписывают в журнал нивелирования из материалов уравнивания продольного нивелирного хода.

В расчет берется среднее значение $GI_{ср}$, если $GIз$ и $GIп$ отличаются между собой не более чем на 10мм. В противном случае проверяют выписку высот связующих точек и вычисления.

Примеры записи отсчетов и вычислений в журналах совместного и раздельного нивелирования трассы даны в табл. 1.2 и 1.3.

1.8. ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ И ПОПЕРЕЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ

Продольный профиль – вертикальный разрез местности вдоль трассы – используется для проектирования линейного сооружения, для подсчета объемов земляных работ при его строительстве.

Продольный профиль составляется по результатам расчета элементов трассы (плановая часть) и нивелирования трассы по пикетажу (профильная часть) на миллиметровой бумаге шириной 297мм или 594мм. Продольный профиль имеет 2 масштаба: горизонтальный (для дорог обычно 1:5000 и 1:2000) и вертикальный в 10 раз крупнее горизонтального (для автодорог соответственно 1:500 и 1:200).

На продольном профиле размещают фактические (полученные в результате измерений) и проектные (полученные в результате разработки проекта) данные, которые располагают в специальных графах, образующих так называемую сетку профиля. Содержание и расположение граф в сетке профиля определяется видом линейного сооружения.

Сетка любого продольного профиля состоит из трех частей:

- фактических данных – результатов разбивки и нивелирования пикетажа;
- проектных данных в горизонтальной плоскости (в плане) – результатов расчета элементов трассы и круговых кривых;
- проектных данных в вертикальной плоскости (в профиле) – результатов расчета длин проектных прямых, их уклонов и вертикальных кривых, сопрягающих наклонные линии.

В самом общем виде сетка профиля трассы автодороги с примерным расположением граф показана на рис. 1.9.

Продольный профиль строится в такой последовательности:

1. Вычерчивают сетку профиля на миллиметровой бумаге и над ней подписывают принятые масштабы профиля: горизонтальный и вертикальный.

2. В графе «Расстояния» строят 100-метровые отрезки (пикеты) и плюсовые точки в *горизонтальном масштабе профиля* (для масштаба 1:5000 это отрезки по 2 см, для масштаба 1:2000 – по 5 см). *Внутри каждого пикета* выписывают расстояния между *соседними* плюсовыми точками, отделяя их вертикальными линиями, которые продолжают над верхней линией профиля. Сумма расстояний внутри пикета должна быть равна 100 м.

3. В графе «Пикеты» подписывают номера пикетов 0, 1, 2, ... и т.д.

4. В графе «Отметки земли» выписывают из «Журнала нивелирования трассы» на продолжении вертикальных линий графы «Расстояния» отметки, округленные до 1 см, соответствующих пикетов и плюсовых точек.

5. Определяют высоту верхней линии сетки профиля, от которой будут откладываться фактические высоты осевых точек трассы – *условный горизонт УГ*. Значение *УГ* должно быть кратным 5 м и таким, чтобы самая низкая точка трассы расположилась выше линии *УГ* как минимум на 5 см для возможности размещения геологических данных. То есть *для определения УГ из наименьшей отметки осевой точки трассы следует отнять пятикратную величину именованного вертикального масштаба и полученное число округлить с уменьшением до числа, кратного 5 м* (на рис. 1.9 минимальная отметка равна 163,30, пятикратная величина именованного вертикального масштаба $2\text{ м} \cdot 5 = 10\text{ м}$ и число 153,30, округленное с уменьшением до кратного 5 м, будет равно 150,00, т.е. $УГ = 150,00$).

6. От линии *УГ* вверх откладывают в принятом *вертикальном масштабе профиля* на соответствующих линиях отрезки, равные разности высот точек трассы и условного горизонта. Концы построенных отрезков соединяют прямыми линиями и получают ломаную линию, которая является *фактическим профилем трассы*.

7. В графе «План трассы» проводят среднюю линию – вытянутую ось дороги и на ней строят в *горизонтальном масштабе профиля* все вершины углов *ВУ* по их пикетажным значениям и биссектрисам *Б*, обозначая углы поворота трассы стрелкой, причем *биссектрисы Б откладывают от оси в сторону, противоположную углу поворота трассы*. Кроме того, в обе стороны от оси дороги строят горизонтальный план полосы вдоль трассы по данным пикетажного журнала.

8. В графе «План прямых и кривых» *проводят среднюю линию* и на ней строят в *горизонтальном масштабе профиля* точки трассы по их пикетажным значениям: *нк 0*, все *НК* и *КК*, *К.тр.* Точки *НК* и *КК* отделяют вертикальными линиями, между которыми на поворотах проводят прямые горизонтальные линии в 5 мм от осевой линии: *выше*, если угол поворота φ *правый*, и *ниже*, если угол поворота φ *левый*. Осевую линию на повороте убирают. Вдоль вертикальных линий, ограничивающих кривую, выписывают соответственно слева и справа пикетажные значения *НК* и *КК* (только плю-

совую часть), а внутри кривой – ее элементы: φ , R , T , K , B , D . Над прямыми вставками выписывают их длины в метрах, а снизу – их дирекционные углы.

Поперечные профили строят на продольном профиле, если их количество незначительно (рис. 1.9.). В целях простоты вычислений объемов земляных работ *горизонтальный и вертикальный масштабы поперечных профилей выбирают одинаковыми и обычно равными вертикальному масштабу продольного профиля*. Масштаб поперечных профилей подписывают под масштабами продольного профиля.

Осевые точки поперечных профилей по возможности располагают на соответствующих ординатах выше линии фактического профиля и при необходимости на разных уровнях. Для каждого поперечного профиля вычерчивают только одну *горизонтальную графу для расстояний шириной 5 мм*. Под нижней линией этой графы подписывают пикетаж осевой точки поперечника.

Вправо и влево от осевой точки откладывают в *принятом масштабе* расстояния поперечника, записывают их в графе расстояний, а на перпендикулярах от линии выбранного *УГ в том же масштабе* строят округленные до 1 см высоты, которые *записывают вдоль своих ординат справа*. Значение *УГ* поперечника выбирают таким, чтобы наименьшая его ордината была не короче 3см (для возможности размещения записи высоты).

Концы построенных перпендикуляров соединяют, в результате чего получают *фактический профиль поперечника*.

Поперечные профили вместе с продольным профилем позволяют вычислить объемы земляных работ при строительстве автодороги.

1.9. ДЕТАЛЬНАЯ РАЗБИВКА КРУГОВЫХ КРИВЫХ

Главные точки кривой (*НК, СК, КК*) и снесенные с тангенсов пикеты не определяют с достаточной точностью ее положение на местности, которое часто необходимо знать более детально в процессе трассирования и всегда – при строительстве автодороги.

Детальная разбивка кривой – это определение на ней такого количества точек, при котором полученная ломаная линия практически не отличается от кривой.

Интервал разбивки k – длина дуги между соседними точками кривой – зависит от величины радиуса закругления R : при радиусе до 100 м $k = 5$ м; при радиусе от 100 м до 500 м $k = 10$ м; при больших радиусах $k = 20$ м.

Детальная разбивка кривой выполняется одним из способов: прямоугольных координат, углов и хорд, полярным, продолженных хорд и др.

1.9.1. Способ прямоугольных координат (ортогональный)

Способ заключается в вычислении двух взаимно перпендикулярных отрезков (условных координат x и y), по которым возможно построение на местности точек, расположенных на кривой через равные дуги k .

Для этого линию *тангенсов* условно принимают за ось *X*-ов с началом в точке *НК* (для 1-й половины кривой) и в точке *КК* (для второй ее половины). Ось *Y*-ов направлена к центру кривой в точках *НК* и *КК* (рис. 1.10).

Исходными для расчета являются: радиус кривой *R* и принятая длина дуги *κ* (интервал разбивки).

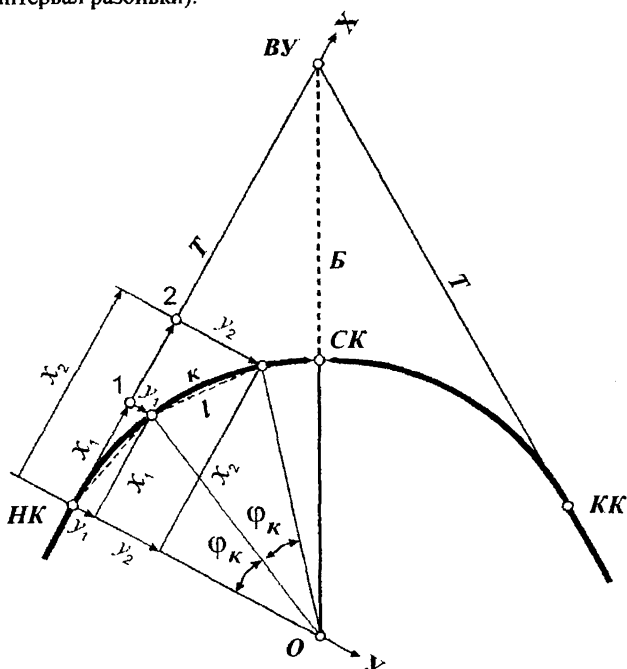


Рис. 1.10. Схема разбивки кривой способом прямоугольных координат

Схема расчета

1. Вычисляют центральный угол φ_{κ} в градусах, соответствующий принятой длине дуги κ , по формуле $\varphi_{\kappa}^{\circ} = \frac{\kappa}{R} \cdot \frac{180^{\circ}}{\pi}$.

2. Вычисляют координаты *x* и *y* для каждой точки *первой* половины кривой через интервал κ , не доходя до *ВУ* на 1-2 интервала, по формулам, следующим из соответствующих прямоугольных треугольников на рис. 1.10:

$$\left. \begin{array}{l} x_1 = R \cdot \sin \varphi_{\kappa}, \\ x_2 = R \cdot \sin 2\varphi_{\kappa}, \\ x_3 = R \cdot \sin 3\varphi_{\kappa}, \\ \dots \dots \dots \end{array} \right\} \begin{array}{l} y_1 = R \cdot (1 - \cos \varphi_{\kappa}), \\ y_2 = R \cdot (1 - \cos 2\varphi_{\kappa}), \\ y_3 = R \cdot (1 - \cos 3\varphi_{\kappa}), \\ \dots \dots \dots \end{array} \quad (1.17)$$

3. Вычисляют длину хорды l между точками кривой по формуле

$$l = \sqrt{x_1^2 + y_1^2} = \sqrt{\Delta x_2^2 + \Delta y_2^2} = \sqrt{\Delta x_3^2 + \Delta y_3^2} = \dots$$

Схема разбивки круговой кривой

1. Строят или восстанавливают точки $НК$ и $КК$. Для этого устанавливают теодолит над данной вершиной угла $ВУ$, визируют на заднюю $ВУ$, откладывают вдоль визирной оси теодолита величину тангенса T и получают точку $НК$. Потом визируют на переднюю $ВУ$ и аналогично строят точку $КК$.

2. Половину угла ($180^\circ - \varphi$) откладывают в сторону центра кривой и в этом направлении закрепляют точку на расстоянии биссектрисы B , в результате чего получают точку $СК$.

3. Устанавливают теодолит в точке $НК$, визируют на ее $ВУ$ и откладывают от точки $НК$ вдоль визирной оси вычисленные значения x .

4. Точки на кривой строят *линейной засечкой*: с конца отрезка x данной точки соответствующим отрезком y , а с предыдущей точки кривой – хордой l (рис. 1.11), причем *первой предыдущей точкой является точка НК*. Точки на кривой можно построить также, откладывая в конце каждого отрезка x *перпендикуляры* длиной y с помощью теодолита, что значительно затрудняет процесс разбивки. Однако в этом случае каждая точка на кривой получается *независимо* от других точек, что является *достоинством* этого способа, так как ошибки построений предыдущих точек не влияют на положение последующих точек.

5. Аналогичные построения выполняют для второй половины кривой от точки $КК$.

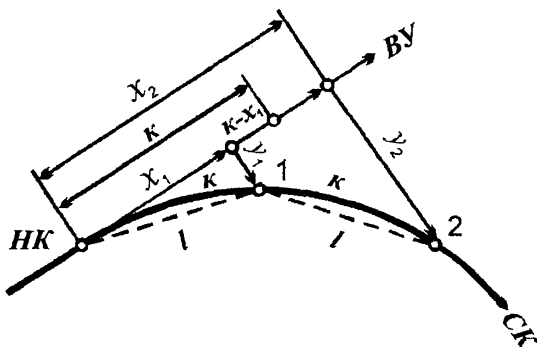


Рис. 1.11. Схема построения точек на кривой линейной засечкой

Интервал разбивки k – удобный целый отрезок, и его целесообразно отложить на линии тангенсов нужное число раз вместо неудобных отрезков x . Тогда для построения ординат y следует отступать назад от соответствующих точек на величины $k - x$ (кривая без абсциссы), рис. 1.11.

Эти отрезки являются небольшими, их построение выполняется без затруднений, поэтому их вычисляют заранее перед разбивкой.

Способ прямоугольных координат при больших значениях ординат у становится громоздким, а в пересеченной местности - и неточным. Для уменьшения ординат у кривую разбивают пополам, заменяя одну вершину двумя (рис. 1.12). Одна вершина $ВУ_3$ находится на заднем тангенсе основной вершины, другая вершина $ВУ_n$ - на переднем тангенсе.

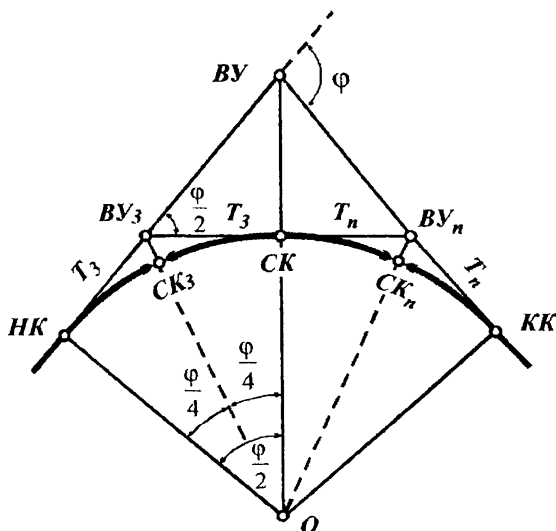


Рис. 1.12. Схема разбивки кривой пополам

Конец второго тангенса T_3 задней вершины и начало первого тангенса T_n передней вершины совпадают и находятся в точке $СК$ основной $ВУ$.

Тангенсы новых вершин T_n одинаковы и вычисляются по очевидной формуле

$$T_n = T_3 = T_n = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{4}. \quad (1.18)$$

Откладывая от точек $НК$ и $КК$ на основных тангенсах величину T_n , получают точки вершин углов $ВУ_3$ и $ВУ_n$.

Каждую из полученных кривых с вершинами $ВУ_3$ и $ВУ_n$ разбивают отдельно способом прямоугольных координат. Расчет координат x и y , выполненный для одной четверти кривой (для T_n), используется для построения всей кривой от ее точек $НК$ и $СК$, $СК$ и $КК$.

В необходимых случаях кривая может быть разбита подобным образом на 4, 8 и т.д. частей. Способ целесообразно применять в условиях открытой местности для кривых сравнительно больших радиусов.

1.9.2. Способ углов и хорд

Способ основан на многократном построении теодолитом *одного и того же угла* от линии тангенса в точке *НК* или *КК*, соответствующего длине выбранной хорды *l*, стягивающей точки кривой (рис. 1.13).

Этот угол равен половине центрального угла φ , опирающегося на дугу, стягиваемую хордой *l*, так как образован касательной (линией тангенса) и хордой, т.е. равен $\frac{\varphi}{2}$, и его можно вычислить из прямоугольного треугольника с катетом, равным половине хорды, и гипотенузой, равной радиусу кривой (рис. 1.13).

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{l}{2R}. \quad (1.19)$$

Схема разбивки

1. Устанавливают в точке *НК* теодолит, наводят нулевым делением лимба *вперед* на данную вершину угла *ВУ* и лимб закрепляют.

2. Устанавливают на лимбе угол $\frac{\varphi}{2}$, откладывают от точки *НК* в этом направлении лентой длину хорды *l* и найденную точку 1 закрепляют.

Последовательно строят углы $2 \cdot \frac{\varphi}{2}$, $3 \cdot \frac{\varphi}{2}$ и т.д. и каждый раз откладывают от *предыдущей построенной точки* длину хорды *l* таким образом, чтобы ее конец располагался на визирной оси. Полученные точки 2, 3 и т.д. закрепляют.

Если угол поворота трассы левый, то откладывают на лимбе не углы $\frac{\varphi}{2}$, $2 \cdot \frac{\varphi}{2}$, $3 \cdot \frac{\varphi}{2}$ и т.д., а их дополнения до 360° .

В этом способе точность разбивки падает пропорционально числу построенных точек, так как каждая последующая точка получается от предыдущей, в результате чего происходит накопление ошибок построений. Это является главным *недостатком* способа.

Если на пути визирного луча окажется *препятствие*, то теодолит переносят на *последнюю* построенную точку и ориентируют *назад* на точку *НК* отсчетом 180° . Следующую точку находят по отсчету, равному φ (*угол между продолжением визирного луча и последующей хордой равен φ* , так

как является внешним для равнобедренного треугольника со сторонами, равными длине хорды l , и углами $\frac{\varphi}{2}$ при его основании, рис. 1.13).

Остальные точки находят по отсчетам, увеличенным последовательно относительно φ на $\frac{\varphi}{2}$, $2 \cdot \frac{\varphi}{2}$, $3 \cdot \frac{\varphi}{2}$ и т.д.

Способ является *универсальным*, применим для кривых почти любых радиусов в любых условиях.

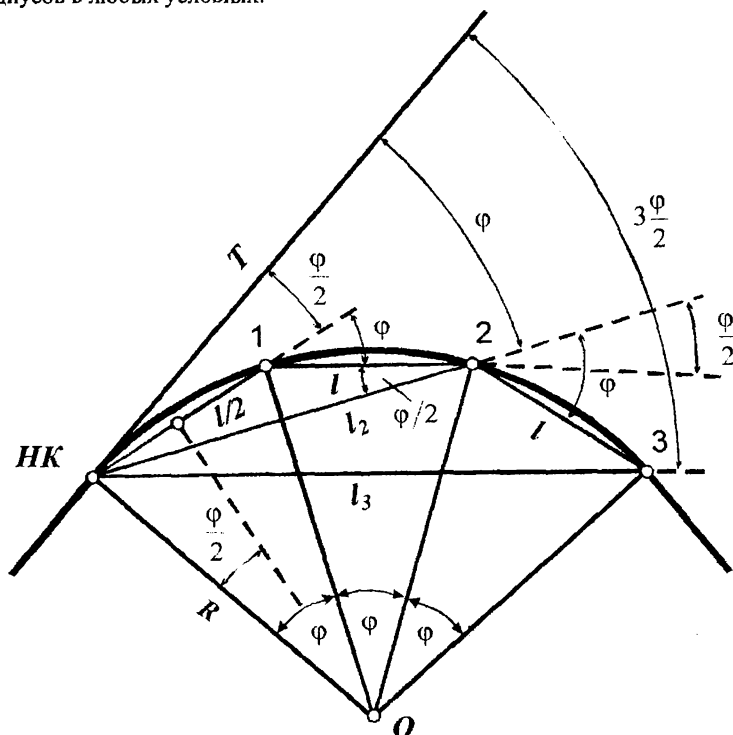


Рис. 1.13. Схема разбивки кривой способом углов и хорд

1.9.3. Полярный способ

Этот способ является разновидностью предыдущего с тем отличием, что откладывается лентой не хорда l от предыдущей точки кривой, а полярные расстояния от точки *НК* (она является *полюсом*) в направлении

визирной оси теодолита, которым последовательно откладываются полярные углы $\frac{\varphi}{2}$ от линии тангенса – полярной оси.

Схема расчета (рис. 1.13)

1. По принятой длине хорды l вычисляют полярный угол $\frac{\varphi}{2}$:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{l}{2R}.$$

2. Вычисляют полярные расстояния до точек кривой 1, 2, 3 и т.д., соответствующие полярным углам $\frac{\varphi}{2}$, $2 \cdot \frac{\varphi}{2}$, $3 \cdot \frac{\varphi}{2}$ и т.д., по формулам, вытекающим из предыдущей:

$$\left. \begin{aligned} l_1 &= 2R \cdot \sin \frac{\varphi}{2} = l; \\ l_2 &= 2R \cdot \sin 2 \cdot \frac{\varphi}{2}; \\ l_3 &= 2R \cdot \sin 3 \cdot \frac{\varphi}{2}; \\ &\dots\dots\dots \end{aligned} \right\} \quad (1.20)$$

Схема разбивки аналогична схеме в способе углов и хорд.

Достоинством способа является независимость построения каждой точки кривой, а *недостатком* – значительные полярные расстояния при больших длинах круговой кривой.

1.9.4. Способ продолженных хорд

Этот способ (рис. 1.14) заключается в последовательном построении каждой последующей после *НК* или *КК* точки кривой, кроме первой, *линейной засечкой* отрезками: *хордой принятой длины* l от предыдущей точки кривой и *отрезком* d_n (промежуточное перемещение) от конца отрезка l , отложенного на продолжении хорды от предыдущей точки кривой. *Первая после НК или КК точка строится* любым из *известных способов*. Разбивка кривой выполняется обычно *без теодолита*.

Схема расчета

1. Вычисляют *промежуточное перемещение* d_n из подобия треугольников с равными углами и общей стороной l (рис. 1.14)

$$\frac{d_n}{l} = \frac{l}{R},$$

откуда $d_n = \frac{l^2}{R}.$ (1.21)

2. Вычисляют половину величины промежуточного перемещения d_n – *крайнее перемещение* d_k отрезка l от линии тангенса, для построения первой после *НК* или *КК* точки кривой

$$d_k = \frac{d_n}{2}. \quad (1.22)$$

Это равенство следует из того, что отрезки d_n и d_k являются основаниями равнобедренных треугольников с боковыми сторонами l , причем отрезку d_n соответствует угол φ , а отрезку d_k – в 2 раза меньший угол $\frac{\varphi}{2}$

(рис. 1.14).

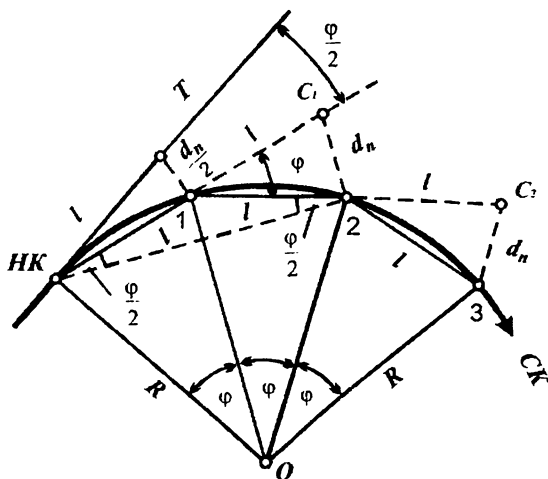


Рис. 1.14. Схема разбивки кривой способом продолженных хорд

Схема разбивки

1. Строят *первую* от *НК* или *КК* точку линейной засечкой отрезками: d_k – от конца отрезка l , отложенного от начала или конца кривой на линии тангенса; l – от точки *НК* или *КК*. Полученную точку кривой закрепляют.

2. На *продолжении первой хорды* откладывают отрезок, равный длине хорды l (точка C_1), и строят *вторую точку* линейной засечкой отрезками: из точки C_1 – промежуточным перемещением d_n ; из точки 1 (*предыдущей отнесительно точки 2*) – хордой l .

3. Аналогично строят другие точки кривой 3, 4, 5, и т.д.

Недостатком способа является довольно быстрое накопление ошибок построений, так как каждая последующая точка строится от предыдущей.

Достоинством способа является непосредственная близость построений к кривой, что обусловило его распространение в стесненных условиях.

ГЛАВА 2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

2.1. ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ О ПРОЕКТЕ ПРОИЗВОДСТВА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ (ППГР)

Строительство зданий и сооружений ведется на основании разработанных для этой цели *проектов*. В проекте сооружения содержатся точные данные о расположении объекта на местности, необходимые чертежи и инженерные расчеты, сведения о природных условиях в районе строительства (рельеф, ситуация, грунт, климат и т.п.), стоимость и сроки работ и др.

Геодезические работы являются неотъемлемой частью строительных работ на всех этапах возведения сооружения: *подготовительный период* (подготовка строительной площадки, построение геодезической основы и др.); *прокладка сетей инженерных коммуникаций* (водопровод, канализация, газопровод и т.п.); *нулевой цикл* (устройство фундаментов и подвальной части); *возведение надземной части*. Кроме того, геодезическими методами осуществляется контроль геометрических параметров сооружений и съемка прилегающих территорий (*исполнительные съемки*), а также ведутся *наблюдения за перемещениями и деформациями* сооружений в процессе их строительства и эксплуатации.

Своевременное выполнение геодезических работ, обеспечивающих правильное и точное размещение инженерных сооружений, а также их возведение в соответствии с проектом возможно только при условии тесной связи со строительным производством. Поэтому геодезические работы на строительных объектах выполняются по заранее разработанным *проектам производства геодезических работ (ППГР)*, которые являются составной частью *проекта организации строительства (ПОС)* и *проекта производства работ (ППР)*.

При строительстве *крупных или уникальных сооружений*, а также зданий выше 9 этажей разрабатываются *отдельные ППГР*, согласованные с ПОС и ППР.

Проект производства геодезических работ (ППГР) содержит несколько разделов.

В первом разделе проекта указываются общие принципы организации геодезических работ на строительной площадке: дается технологическая схема, календарный план и стоимость геодезических работ.

Второй раздел содержит проект построения и закрепления планово-высотной сети, способы ее уравнивания и оценку точности.

В третьем разделе помещается проект геодезического обеспечения и контроля строительных работ в период нулевого цикла.

Последний раздел содержит проект геодезических работ при возведении надземной части сооружения: способы и методику создания

геодезических сетей внутри здания с расчетом их точности, а также выполнения исполнительных съемок.

Если необходимы сведения о *перемещениях и деформациях* строящихся зданий и сооружений, в соответствующем разделе ППГР дается проект геодезических наблюдений за их положением и методика обработки полученных результатов.

ППГР разрабатывается на основе действующих *нормативных документов* (стандартов, строительных норм и правил, инструкций, указаний и др.) с учетом последних достижений науки и техники, а также с использованием передовых методов и средств геодезических работ при строительстве и монтаже инженерных сооружений.

2.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСИ ЛИНЕЙНОГО СООРУЖЕНИЯ ПО ПРОДОЛЬНОМУ ПРОФИЛЮ

В процессе линейных изысканий выполняется *расчет и закрепление* на местности основных точек трассы (*пк 0*, все *ВУ, НК, КК* и *К.тр.*), т.е. определяется положение трассы на горизонтальной плоскости (*в плане*). Кроме того, производится нивелирование трассы и поперечников, которое позволяет определить фактическое положение характерных точек трассы в вертикальной плоскости, т.е. по высоте (*в профиле*).

В отличие от положения трассы в плане, которое определяется в процессе изысканий практически окончательно (*это является главной целью линейных изысканий*), *положение трассы в профиле окончательным не может быть*, так как по фактической поверхности вдоль трассы передвижение транспорта является затруднительным из-за неровностей. Поэтому *после составления фактического профиля приступают к проектированию оси автомобильной дороги в вертикальной плоскости*. На продольном профиле выполняется выбор и расчет линий различных уклонов, по которым возможно *плавное и безопасное движение транспорта*.

Проектный уклон линий ($i_{np} = \operatorname{tg} \nu = \frac{h}{d}$, т.е. это тангенс угла наклона линии, равный отношению разности высот h конечных точек линии к ее горизонтальному проложению d) может быть положительным (подъем) и отрицательным (спуск).

Для обеспечения безопасного движения уклоны i_{np} проектных линий не должны превышать *допустимого уклона $i_{дон}$* , принятого для данной категории дороги.

Автомобильные дороги подразделяются (в зависимости от максимальных скоростей транспорта на них) на пять категорий: от I (общегосударственной с наибольшими скоростями) до V (местного значения с наименьшими скоростями).

Для более плавного перехода с одного наклонного участка на другой их соединяют круговыми кривыми, расположенными в вертикальной

плоскости – *вертикальными кривыми*, радиусы которых не должны быть меньше допустимых значений, установленных для каждой категории дороги. Если центр вертикальной кривой расположен ниже кривой, то кривая называется *выпуклой*, а если – выше, то *вогнутой*. Радиусы выпуклых кривых всегда принимаются *больше* радиусов соответствующих вогнутых кривых для обеспечения необходимой видимости встречного движения на перегибах и, следовательно, безопасности движения.

Основные требования к автодорогам приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Предельные величины уклонов и радиусов кривых

Показатель	Категория дороги				
	I	II	III	IV	V
Наибольший продольный уклон	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
Наименьший радиус кривой в плане, м	1000	600	400	250	125
Наименьшие радиусы вертикальных кривых, м:					
выпуклых	25000	15000	10000	5000	2500
вогнутых	8000	5000	3000	2000	1500

При проектировании учитывают также положение *фиксированных точек*, т.е. таких, отметки которых нельзя изменять (отметки мостов, примыканий к соответствующим дорогам и т.п.).

Проектные линии располагают на продольном профиле таким образом, чтобы *объем земляных работ*, определяющий стоимость строительства дороги, был *минимальным*. Для этого проектный профиль стремятся максимально приблизить к фактическому, избегая больших выемок и насыпей (*мягкий*, или «обертывающий», проектный профиль). При *жестком* (секущем) проектном профиле, который характеризуется наличием значительных насыпей и выемок, следует стремиться к соблюдению *баланса земляных работ*: объемы грунта из выемок (срезом) должны быть приблизительно равны объемам грунта для насыпей.

Кроме того, проектирование выполняется с расчетом *минимального* влияния строительства и эксплуатации дороги на окружающую среду.

Построение проектного профиля выполняется в такой последовательности (рис. 1.9):

1. На продольном профиле *намечают проектные линии* возможно большей длины и наименьшего наклона, с минимальными отклонениями от фактического профиля, не допуская различия в длинах смежных линий более чем в три раза. Концами проектных линий должны быть *фиксированные точки* или *удачно выбранные точки фактического профиля*, т.е. точки с известными высотами. Выписывают отметки конечных точек проектных линий (до 1 см) в графу «Проектные отметки».

2. Вычисляют уклон i_{np} каждой проектной линии со своим знаком “+” (повышение) или “-” (понижение):

$$i_{np} = \frac{H_k - H_n}{d}, \quad (2.1)$$

где H_k и H_n – отметки конечной и начальной точек проектной линии, выбираемые из графы “Отметки земли”; d – горизонтальное проложение проектной линии, которое определяется по пикетажу ее конечных точек (графы “Расстояния” и “Пикеты”).

При условии $i_{np} \leq i_{пред}$ концы проектной линии отделяют перпендикулярами в графе “Уклоны” и проводят диагональ снизу вверх при положительных уклонах и сверху вниз – при отрицательных уклонах.

Величину i_{np} со своим знаком записывают вдоль диагонали сверху, удерживая 4-й десятичный знак, а снизу – длину d проектной линии в метрах. При $i_{np} = 0$ проводят горизонтальную линию посередине графы.

В необходимых случаях проектные линии проводят под выбранным уклоном i_{np} через фиксированную точку фактического профиля. Тогда отметки конечных точек проектной линии вычисляют по выбранному уклону и расстояниям d от фиксированной точки с отметкой H_ϕ до конечной точки, т.е.

$$H_k = H_\phi + i_{np} \cdot d. \quad (2.2)$$

Если отрезок d расположен *влево* от фиксированной точки, то *знак уклона* меняется на *обратный*.

В некоторых случаях отметку конечной точки проектной линии обосновано выбирают *удобной*, например, кратной 0,5 м или 1 м.

Графически по профилю отметки точек *не определяют* ввиду низкой точности таких определений, но вычисления высот обязательно *контролируются* по профилю.

Размещение проектных линий на продольном профиле выполняют несколько раз, выбирая окончательный наиболее подходящий вариант. Для этой цели удобно иметь несколько острых шпилек (иглок) с нитями, перестановкой которых по профилю добиваются наилучшего расположения проектных линий, или копию фактического профиля автодороги.

3. Вычисляют проектные высоты пикетов и плюсовых точек $H_{np}^{передн}$ на каждой линии от проектной высоты ее начальной (задней) точки $H_{np}^{задн}$ по формуле

$$H_{np}^{передн} = H_{np}^{задн} + i_{np} d_{з-п}, \quad (2.3)$$

где i_{np} – проектный уклон линии со своим знаком; d_{z-n} – расстояние от начальной (задней) точки линии до данной (передней) точки, определяемое по пикетажу этих точек.

Контролем вычислений на данной линии является совпадение вычисленной и проектной отметки ее конечной точки (в пределах 1-5 см).

Проектные отметки пикетов и плюсовых точек записывают с точностью до 1 см на линиях соответствующих ординат в графу «Проектные отметки».

4. Вычисляют рабочие отметки h_p , необходимые для вычисления объемов земляных работ, для каждого пикета и плюсовой точки, как разность проектной H_{np} и фактической H_{ϕ} отметок точки, т.е.

$$h_p = H_{np} - H_{\phi}. \quad (2.4)$$

Положительные рабочие отметки $h_p > 0$ указывают высоту насыпи, и их выписывают без знака вдоль ординат выше проектной линии, а отрицательные рабочие отметки $h_p < 0$ указывают глубину выемки, и их располагают также без знака, но под проектной линией.

5. Вычисляют расстояния от соседних выемки и насыпи до точки нулевых работ, необходимые для построения этих точек на местности.

Точками нулевых работ называются точки пересечения проектного и фактического профиля (рис. 2.1).

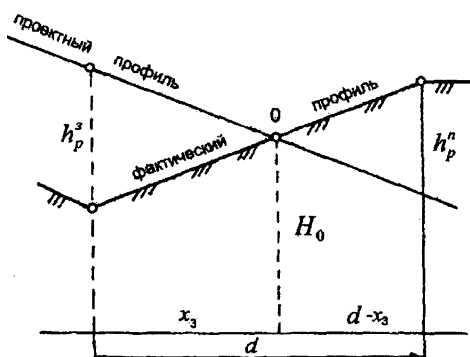


Рис. 2.1. Схема определения положения точки нулевых работ

Точки нулевых работ всегда располагаются между насыпью и выемкой (или наоборот), т.е. между рабочими отметками с противоположными знаками задней точки h_p^z и передней точки h_p^n .

Расстояние d между точками с рабочими отметками h_p^z и h_p^n определяется по пикетажу этих точек. Точка нулевых работ 0 делит это расстояние пропорционально абсолютным величинам рабочих отметок h_p^z и h_p^n . Если расстояние от точки нулевых работ до задней точки с рабочей отметкой h_p^z обозначить x_z , тогда расстояние до передней точки с рабочей отметкой h_p^n будет равно $d - x_z$. Расстояние x_z определится из очевидной пропорции

$$\frac{x_z}{h_p^z} = \frac{d - x_z}{h_p^n},$$

откуда

$$x_z = \frac{h_p^z}{h_p^z + h_p^n} \cdot d. \quad (2.5)$$

Для контроля вычисляют расстояние от точки нулевых работ до передней точки x_n по аналогичной формуле, в которой числителем будет абсолютная величина рабочей отметки h_p^n передней точки:

$$x_n = \frac{h_p^n}{h_p^z + h_p^n} \cdot d. \quad (2.6)$$

Сумма вычисленных расстояний должна быть равна d , т.е.

$$x_z + x_n = d. \quad (2.7)$$

Расстояния x_z и x_n округляют до 1 см и выписывают в соответствующих местах над верхней линией сетки профиля.

Отметку точки нулевых работ H_0 определяют от проектной отметки задней точки H_z по уклону i_{np} этой линии (с учетом его знака) и вычисленному расстоянию x_z :

$$H_0 = H_z + i_{np} x_z. \quad (2.8)$$

Для контроля вычисления повторяют от передней точки с отметкой H_n , но уклон i_{np} берут с обратным знаком:

$$H_0 = H_n - i_{np} x_n. \quad (2.9)$$

Округленную до 1 см отметку точки нулевых работ выписывают *вдоль ее ординаты*, которая показывается *пунктиром*.

6. *Вычерчивают профиль в три цвета:*

черным – все фактические величины (расстояния, пикеты, отметки земли, линии фактического профиля);

красным – все проектные величины (проектный профиль, уклоны, проектные отметки, рабочие отметки, план прямых и кривых, элементы круговых кривых);

синим – все величины, относящиеся к точкам нулевых работ (расстояния, отметки).

7. *На каждом поперечнике* вдоль всех ординат выписывают *проектную отметку его осевой точки* слева фактических отметок, откладывают ее *вверх* в масштабе поперечника и через полученные точки проводят *горизонтальную* проектную линию, которая является *поперечной профильной линией земляного полотна дороги*.

Вычисление рабочих отметок, расчет точек нулевых работ, а также вычерчивание поперечников выполняется так же, как на продольном профиле (рис. 1.9).

2.3. РАСЧЕТ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КРИВЫХ

Вертикальная кривая – это круговая кривая обычно большого радиуса R_B (5 000 м и более). *Вершинами* вертикальных кривых являются точки переломов проектного профиля.

Вертикальный угол поворота ω определяется уклонами задней i_1 и передней i_n проектных линий (рис. 2.2).

Угол наклона задней линии $v_1 = \arctg i_1$, передней линии $v_n = \arctg i_n$, тогда вертикальный угол поворота

$$\omega = v_1 - v_n . \quad (2.10)$$

Знак угла наклона соответствует знаку уклона линии. Углы наклона проектных линий *незначительны*, так как величины уклонов этих линий ограничиваются их предельными значениями и не превышают во всех случаях 0,07, что соответствует углу наклона около 4°. Для таких углов справедливо приближенное равенство

$$i = \tg v = v , \quad (2.11)$$

причем здесь угол v - в радианах (в десятичной дроби). Тогда вертикальный угол поворота *в радианах*:

$$\omega = i_1 - i_n . \quad (2.12)$$

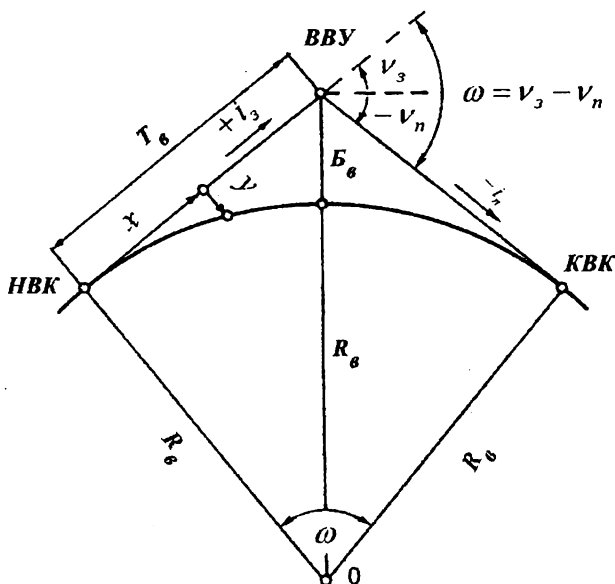


Рис. 2.2. Вертикальная кривая

Остальные элементы вертикальной кривой ($T_с$, $K_с$, $B_с$, $D_с$) вычисляются по аналогичным формулам для элементов горизонтальной круговой кривой:

$$\begin{aligned} T_с &= R_с \cdot \operatorname{tg} \frac{\omega}{2} = R_с \cdot \frac{i_3 - i_n}{2} ; \\ K_с &= R_с \cdot \omega . \end{aligned} \quad (2.13)$$

Для малых вертикальных углов ($\omega \leq 6^\circ$)

$$\begin{aligned} K_с &= 2T_с ; \\ D_с &= 0 . \end{aligned} \quad (2.14)$$

Биссектриса вертикальной кривой $B_с$ вычисляется по приближенной формуле, которая вытекает из очевидного соотношения (рис. 2.2)

$$(R_с + B_с)^2 = T_с^2 + B_с^2 ,$$

откуда

$$B_s = \frac{T_s^2}{2R_s + B_s} \approx \frac{T_s^2}{2R_s}, \quad (2.15)$$

так как величина B_s ничтожна по сравнению с величиной T_s .

Формула отражает закономерность изменения расстояний от точек вертикальной кривой до линий тангенса.

Длина тангенса T_s должна быть не менее 20м, а величина биссектрисы B_s – не менее 5см. В противном случае вертикальную кривую не вводят или, если это возможно, увеличивают ее радиус.

Пикетаж вершины вертикального угла $ВВУ$ определяется на продольном профиле по пикетажу точек перелома проектного профиля.

Пикетаж начала и конца вертикальной кривой ($НВК$ и $КВК$) вычисляется по формулам:

$$пк\ НВК = пок\ ВВУ - T_s ; \quad (2.16)$$

$$пк\ КВК = пок\ НВК + K_s = пок\ ВВУ + T_s .$$

Введение вертикальной кривой вызывает изменение проектных высот пикетов и плюсовых точек в ее пределах: уменьшение, если кривая выпуклая, и наоборот.

Проектная высота $ВВУ$ изменяется на величину биссектрисы $B_s = T_s^2 / 2R_s$.

Поправка y в проектные высоты точек за вертикальную кривую вычисляется по аналогичной формуле

$$y = \frac{x^2}{2R} , \quad (2.17)$$

где x – расстояние по линии тангенса от $НВК$ (или $КВК$) до данной точки (рис. 2.2).

На проектном профиле откладывают от $ВВУ$ назад и вперед величину тангенса T_s в горизонтальном масштабе, подписывают пикетаж полученных точек $НВК$ и $КВК$, а также выписывают над вертикальной кривой округленные до 1см ее элементы: R_s, K_s, T_s, B_s .

В проектные высоты $H_{пр}$ и рабочие отметки точек в пределах вертикальной кривой вводят поправки y с соответствующим знаком и исправленные их значения выписывают вдоль соответствующих ординат в скобках.

Построения и записи, относящиеся к вертикальной кривой, выполняют на продольном профиле красным цветом.

Пример расчета и построения вертикальных кривых дан на рис. 1.9.

2.4. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ПОВЕРХНОСТИ

Естественный рельеф на строительной площадке обычно не удовлетворяет требованиям строительства сооружений, благоустройства, эксплуатации различных видов транспорта. Поэтому поверхность строительной площадки искусственно преобразуют с целью её приспособления к застройке, благоустройству и инженерно-транспортным нуждам.

Вертикальная планировка поверхности – это искусственное преобразование ее рельефа в целях строительства сооружений или благоустройства территории.

Вертикальная планировка строительной площадки выполняется в *начальный период* строительства (при подготовке площадки к строительству) и в *заключительный период* при благоустройстве территории (водоотвод, озеленение и т.п.).

Плоскость, к которой приводится поверхность площадки, может быть или *горизонтальной* (аэродром, стадион и т.д.), или *наклонной* (каналы, водоотводные сооружения и т.д.). Часто на одной и той же строительной площадке различные ее участки преобразуются как в горизонтальные, так и в наклонные.

В состав вертикальной планировки входят следующие виды работ:

1. *Инженерные изыскания*, в процессе которых создаются крупномасштабные топографические планы (масштабов 1:500, 1:1000, 1: 2000), а также собираются разнообразные сведения о природных условиях района строительства (климат, грунт, вода и т.д.);

2. *Разработка проекта вертикальной планировки*, в который составными частями входят:

- а) план организации рельефа;
- б) план земляных масс (картограмма земляных работ);

3. *Земляные работы* (выемка, подсыпка, перемещение, уплотнение и т.п. грунта), в результате которых участку придается проектное (горизонтальное или наклонное) положение.

Проект вертикальной планировки разрабатывается по топографическому плану или плану нивелирования поверхности.

Отметка горизонтальной проектной плоскости $H_{пр}$ может быть задана или *рассчитана* с учетом особенностей сооружения и условий местности (например, проектная отметка плотины задается с учетом глубины будущего водоема) или *вычислена* по отметкам топографического плана площадки с условием наименьших затрат на выполнение вертикальной планировки, что возможно при условии равенства (баланса) объема насыпи V_H и объема выемки V_B грунта (когда в привозе дополнительного и вывозе излишнего грунта нет необходимости), т.е. при $V_H = V_B$.

Абсолютного равенства объемов насыпи и выемки добиться удается редко, и проект считается подходящим, если разность $V_H - V_B = \Delta V$ составляет 3-5% от общего объема работ $V_{\text{общ}} = V_H + V_B$, т.е.

$$\text{если } \frac{\Delta V}{V_{\text{общ}}} \cdot 100\% \leq 5\% .$$

Отметка этой горизонтальной плоскости приблизительно равна средней отметке участка.

Наклонные участки должны быть такими, чтобы обеспечивались: нормальная эксплуатация транспорта (т.е. проектные уклоны i_n не должны быть больше допустимых $i_{\text{доп}}$); отвод грунтовых и ливневых вод (т.е. проектные уклоны $i_{\text{пр}}$ должны быть больше минимальных $i_{\text{мин}} = 0,003 \div 0,005$, необходимых для стока воды).

Наклонная проектная плоскость задается отметкой какой-либо исходной точки $H_{\text{исх}}$, а также ее продольным i_x и поперечным i_y уклонами.

Для разработки проекта вертикальной планировки участок покрывают сеткой квадратов со стороной от 5м до 100м и определяют высоты вершин квадратов и характерных точек внутри них. Размер стороны квадрата зависит от размера участка, сложности рельефа и требуемой точности определения объемов земляных работ (чем выше точность определения, тем короче сторона квадрата).

Фактические высоты вершин квадратов и характерных точек местности определяют по горизонталям топографического плана, на который предварительно наносится сетка квадратов в масштабе плана, или же нивелированием от ближайших пунктов высотной сети.

2.4.1. План организации рельефа

План организации рельефа представляет собой сетку квадратов в таком масштабе, чтобы сторона квадрата была на плане не менее 4см. Около каждой вершины и характерной точки местности выписывают их фактические высоты H_f с точностью до 1см из журнала нивелирования или с топографического плана. На плане, составленном по результатам нивелирования, часто проводят еще и горизонтали, а при наличии топографического плана горизонтали копируют с него (рис. 2.5, а).

На плане организации рельефа проектируют горизонтальные или наклонные площадки в соответствии с задачами вертикальной планировки. Проектирование заключается в расчете проектных высот вершин квадратов и характерных точек внутри них, лежащих на горизонтальной или наклонной плоскости (рис. 2.3).

Проектные высоты $H_{\text{пр}}$ точек наклонной площадки, расположенных на расстояниях d_x и d_y от исходной точки с отметкой $H_{\text{исх}}$, вычисляются по формуле (рис. 2.3, а)

$$H_{\text{пр}} = H_{\text{исх}} + i_x d_x + i_y d_y , \quad (2.18)$$

где i_x и i_y – продольный и поперечный уклоны со своими знаками.

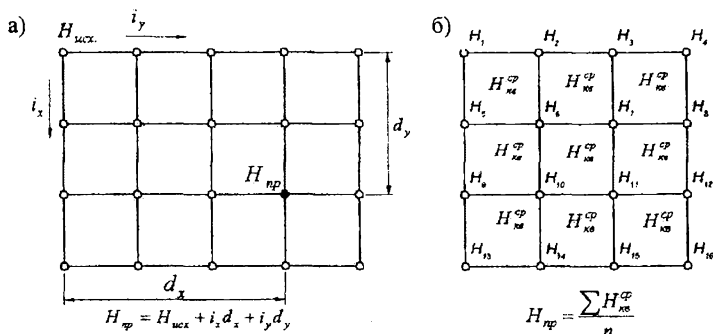


Рис. 2.3. Схема расчета проектных высот:

а – точек наклонной площадки; б – точек горизонтальной площадки при условии баланса земляных работ

Проектная высота H_{np} горизонтальной площадки при условии баланса земляных работ (рис. 2.3, б) вычисляется как среднее арифметическое средних высот квадратов $H_{кр}^{ка}$, т.е. если участок содержит n квадратов, высота каждого из которых вычисляется как среднее арифметическое четырех вершин и характерных точек внутри него (если есть такие), то

$$H_{np} = \frac{\sum H_{кр}^{ка}}{n} \quad (2.19)$$

Соблюдение баланса земляных работ не всегда возможно (например, на затопляемых участках возможна только подсыпка грунта). Кроме того, часто проектную высоту приходится согласовывать с высотами ранее построенных сооружений (дорог, мостов, зданий и т.д.), что, как правило, приводит к нарушению баланса земляных работ.

2.4.2. Картограмма земляных работ

Вторым чертежом, который входит в состав проекта вертикальной планировки, является план земляных масс (картограмма земляных работ), по которому определяется граница нулевых работ (линия, разделяющая участки выемки и насыпи грунта) и выполняется после этого расчет объемов земляных работ.

Чертеж (рис. 2.5,б) представляет собой сетку квадратов на планируемом участке (копию с плана организации рельефа). В вершинах квадратов и около характерных точек выписывают отметки: фактические $H_{ф}$ (черным цветом); проектные H_{np} (красным цветом) над фактическими $H_{ф}$; рабочие $h_p = H_{np} - H_{ф}$ (синим цветом) слева от фактических $H_{ф}$.

Положительным рабочим отметкам ($h_p > 0$) соответствуют насыпи, а отрицательным ($h_p < 0$) – выемки грунта.

Контролем вычисления рабочих отметок при горизонтальной проектной плоскости является равенство нулю среднего арифметического из них (в пределах $0,01 \div 0,02$), т.е.

$$\frac{\sum h_p}{n} \approx 0. \quad (2.20)$$

Линия нулевых работ (граница между участками насыпи и выемки грунта) проходит через точки нулевых работ, каждая из которых располагается на стороне квадрата с рабочими отметками противоположных знаков и делит сторону квадрата d на части, пропорциональные модулям рабочих отметок. Положение точки нулевых работ на стороне квадрата 1-2 определяется расстояниями x_1 и x_2 от нее до вершин квадрата, которые вычисляются по очевидным формулам (рис. 2.4)

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{|h_1|}{|h_1| + |h_2|} \cdot d; \\ x_2 &= \frac{|h_2|}{|h_1| + |h_2|} \cdot d, \end{aligned} \quad (2.21)$$

где h_1 и h_2 – рабочие отметки вершин квадрата с противоположными знаками.

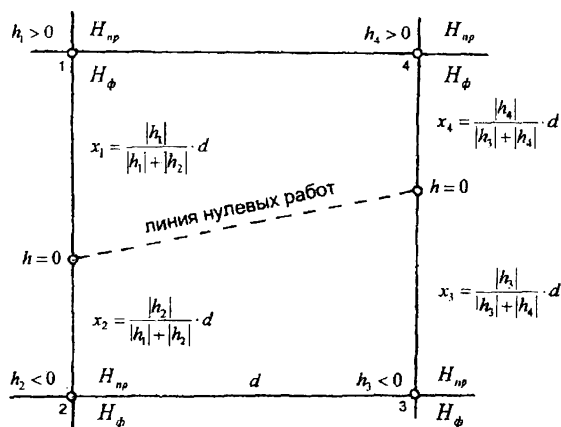


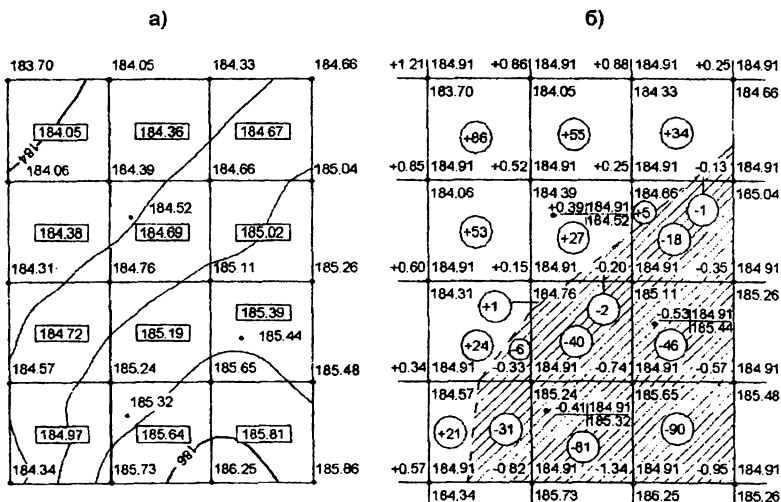
Рис. 2.4. Схема расчета положения точек нулевых работ

В числителе формулы стоит рабочая отметка той вершины, от которой вычисляется расстояние.

Контролем вычислений является равенство

$$x_1 + x_2 = d. \quad (2.22)$$

Точки нулевых работ соединяют красной пунктирной линией и получают *линию нулевых работ*, которая отсекает от квадратов прямоугольные трапеции и треугольники.



Проектная высота горизонтальной плоскости при балансе земляных работ

$$H_{np} = \frac{\sum H_{кв}^{cp}}{n} = 184.91$$

Контроль: $\frac{\sum h_p}{n} = 0.01$

Таблица объемов (м³)

				Σ
Насыпь	+184	+83	+39	+306
Срез	-37	-123	-155	-315
$\frac{\Delta V}{V_{общ}} \cdot 100\% = \frac{9}{621} \cdot 100\% = 1.4\%$				$V_{общ}$ 621

Рис. 2.5. Проект вертикальной планировки площадки:
а – план организации рельефа; б – картограмма земляных работ

Объемы земляных работ вычисляют в каждой фигуре (квадрате, трапеции, треугольнике, пятиугольнике) по формуле

$$V_{фиг} = S_{фиг} \cdot h_p^{cp}, \quad (2.23)$$

где $S_{\text{фиг}}$ - площадь фигуры; h_p^{cp} - средняя рабочая отметка фигуры, причем рабочие отметки вершин фигуры на линии нулевых работ равны нулю.

Площади фигур $S_{\text{фиг}}$ квадратов, трапеций, треугольников вычисляются по известным формулам геометрии. Площадь пятиугольника равна площади квадрата без площади отсеченного прямоугольного треугольника.

При вычислении площади трапеций и треугольников длины их сторон берут из аналитических расчетов точек нулевых работ.

Объемы работ выписывают внутри каждой фигуры со своим знаком до м^3 . Под сеткой квадратов располагают таблицу, в которую помещают: объемы работ по насыпи V_H и выемке V_B грунта по всей площадке, т.е. $V_{\text{общ}} = |V_H| + |V_B|$; абсолютную величину разности объемов насыпи и выемки по их абсолютным величинам, т.е. $\Delta V = \left\| |V_H| - |V_B| \right\|$. Кроме того, выполняют оценку качества проекта по относительной погрешности (в процентах) баланса земляных работ:

$$\frac{\Delta V}{V_{\text{общ}}} \cdot 100\%.$$

Для наглядности участок насыпи окрашивают в розовый цвет, а участок выемки – в желтый, или один из них покрывают штриховкой.

Пример проекта вертикальной планировки площадки дан на рис. 2.5.

2.5. ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОЕКТА К ВЫНОСУ

Строительство любого объекта начинается после разработки его проекта.

Проект (от лат. *projectus* – брошенный вперед) – это совокупность документов (чертежей, расчетов и др.), необходимых для возведения сооружения.

Сооружением является все, что создано человеческим трудом.

Здание – это наземное сооружение с внутренним пространством для различных видов человеческой деятельности (жилые дома, школы, магазины, заводские корпуса и т.д.).

Геометрической основой проекта являются линии (оси) и горизонтальные плоскости (горизонты), относительно которых располагают отдельные сооружения или их части. Различают главные, основные и дополнительные оси.

Главными осями называются оси симметрии сооружения. Для зданий – это две взаимно перпендикулярные линии симметрии, для линейных сооружений – это продольная ось, т.е. трасса. Главные оси имеют сооружения сложной конфигурации и с большой площадью или протяженностью.

Основными (габаритными, контурными) осями называются линии, определяющие размер и форму сооружения, т.е. образующие его внешний контур.

Дополнительными (вспомогательными) осями называются все остальные оси (отдельных частей сооружения, монтажные, межсекционные и др.). Относительно них располагают отдельные части сооружения или конструкции.

Продольные оси, т.е. расположенные по длине сооружения (главные, основные и дополнительные), обозначают *заглавными буквами русского алфавита* (обычно снизу вверх), а *поперечные*, т.е. расположенные по ширине сооружения, – *арабскими цифрами* слева направо (рис. 2.6).

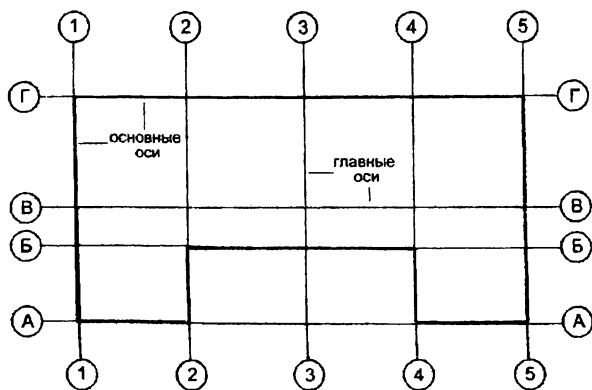


Рис. 2.6. Оси сооружения

Для возведения сооружения необходимо знать положение осей и горизонтов *на местности*.

Процесс определения на местности осей и горизонтов сооружения называется его *выносом в натуру*, или *разбивкой*.

Величины (угловые, линейные или те и другие), связывающие точки сооружения с существующими местными предметами или геодезическими пунктами, называются *разбивочными элементами*.

Определение разбивочных элементов называется *геодезической подготовкой проекта к выносу*.

Существуют *три способа* подготовки проекта к выносу: графический, аналитический и графо-аналитический.

Графический способ заключается в том, что разбивочные элементы (расстояния, горизонтальные и дирекционные углы, координаты) определяются по плану, на котором нанесено проектное сооружение, линейкой с поперечным масштабом, измерителем и транспортиром. Этот способ является простым и оперативным, но точность его невысокая.

Точность определения расстояний в этом случае составляет 0,2-0,4 мм плана (для масштаба 1:500: 10-20 см; для масштаба 1:1000: 20-40 см; для масштаба 1:2000: 40-80 см и т.д., т.е. чем крупнее план, тем выше точность определения разбивочных элементов). Погрешность определения угла транспортиром составляет, в лучшем случае, 15'.

Кроме того, на точность графических определений значительное влияние оказывает деформация бумаги.

Графический способ применяется при выносах невысокой точности (земляные работы, вертикальная планировка, предварительные и контрольные выносы).

Аналитический способ заключается в том, что аналитически определяются координаты всех необходимых точек сооружения (углы зданий, повороты коммуникаций, пересечения осей проездов т.д.), а разбивочные элементы, к которым относятся горизонтальные проложения d и дирекционные углы α линий между исходными *геодезическими пунктами и точками сооружения*, определяют из решения *обратных геодезических задач*.

При решении задач следует использовать те геодезические пункты, с которых имеется *видимость* на точки сооружения. По возможности разбивочные элементы для каждой точки вычисляют от *двух и более* пунктов.

Для разбивки сооружения должны быть вычислены дирекционные углы линий в направлении от *геодезического пункта к точке сооружения*, поэтому следует из *координат определяемой точки вычитать координаты геодезического пункта*.

Румб линии r вычисляется по абсолютным величинам приращений Δx и Δy , а его название устанавливается по знакам приращений Δx и Δy . *Дирекционный угол линии α* определяется по ее румбу r с помощью формул связи. *Горизонтальное проложение d* линии между геодезическим пунктом и точкой сооружения вычисляется трижды, что является *контролем* решения задачи.

Алгоритм аналитического определения разбивочных элементов с численным примером дан в табл. 2.2.

В замкнутых фигурах, образованных проектными и исходными линиями (треугольниках, четырехугольниках и т.п.), вычисляют для *контроля* внутренние углы по формуле

$$\beta = \alpha, -\alpha_n \pm 180^\circ, \quad (2.24)$$

где α , - дирекционный угол задней по ходу линии; α_n - дирекционный угол передней по ходу линии.

Чтобы угол β был *внутренним* углом фигуры, *направление обхода этой фигуры* следует принимать *по ходу часовой стрелки*. Если направление линии данного угла не совпадает с направлением обхода, то ее дирекционный угол α , или α_n необходимо *изменить на 180°*, при этом

измененные дирекционные углы не могут быть отрицательными и больше 360° . Знак перед числом 180° противоположен знаку разности $(\alpha_i - \alpha_n)$. Сумма вычисленных внутренних углов фигуры должна равняться ее теоретической сумме (в треугольнике 180° , в четырехугольнике 360° и т.д.).

Таблица 2.2

Вычисление разбивочных элементов

Действия	Вершина A1		Схема	
	Пункт 12	Пункт 16		
$x_{верш}$	873.81	873.81		
$x_{пункт}$	863.95	838.54		
$y_{верш}$	434.39	434.39		
$y_{пункт}$	412.54	437.85		
$\Delta x = x_{верш} - x_{пункт}$	+ 9.86	+ 35.27		
$\Delta y = y_{верш} - y_{пункт}$	+ 21.85	- 3.46		
$r = \arctg \frac{ \Delta y }{ \Delta x }$	св: $65^\circ 42,7'$	сз: $5^\circ 36,2'$		
α	$65^\circ 42,7'$	$354^\circ 23,8'$		
$d = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$	23.97	35.44		$\beta_{A1} = 71^\circ 18,9'$
$d = \frac{ \Delta x }{\cos r}$	23.97	35.44		$\beta_{16} = 46^\circ 06,2'$
$d = \frac{ \Delta y }{\sin r}$	23.97	35.44	$\beta_{12} = 62^\circ 34,9'$	
			$\Sigma \beta = 180^\circ 00,0'$	

Например, для вычисления угла β_{12} в треугольнике с вершинами 12, A1, 16 задней линией в направлении хода часовой стрелки будет линия 16-12, и ее дирекционный угол α_{12-16} нужно изменить на 180° , так как направление линии не совпадает с направлением обхода. Тогда

$$\beta_{12} = \alpha_{16-12} - \alpha_{12-A1} \pm 180^\circ = (128^\circ 17,6' + 180^\circ) - 65^\circ 42,7' - 180^\circ = 62^\circ 34,9'.$$

Аналогично вычисляются внутренние углы на других вершинах замкнутых фигур.

Аналитический способ наиболее точный, но является трудоемким и применяется при ответственных выносах, где требуется высокая точность (уникальные сооружения, промышленные и высотные здания и др.).

Графо-аналитический способ заключается в том, что некоторые величины определяются графически (обычно координаты наиболее длинной стороны сооружения для вычисления ее дирекционного угла), а остальные величины вычисляют аналитически (обычно координаты остальных точек сооружения) по проектным углам и длинам. Замкнутые контуры сооружений рассматривают как замкнутый теодолитный ход в направлении хода часовой

стрелки, в котором исходными являются: вычисленный по графическим координатам *дирекционный угол наиболее длинной стороны* и *графические координаты конечного пункта этой линии*. В таком ходе нет угловых и линейных невязок.

Графо-аналитический способ сочетает в себе достоинства и недостатки аналитического и графического способов и является наиболее применяемым.

По результатам подготовки проекта к выносу составляют *разбивочный чертеж* (рис. 2.7), который представляет собой *схему* в произвольном масштабе, но с сохранением *пропорций и ориентировки*, на которую выписаны все величины, необходимые для выноса (*с контролем*) сооружения на местность: разбивочные элементы; дирекционные углы линий между геодезическими пунктами (исходные направления); проектные параметры сооружения (углы, размеры). Выписка всех величин на разбивочный чертеж должна быть тщательно проверена вторым лицом.

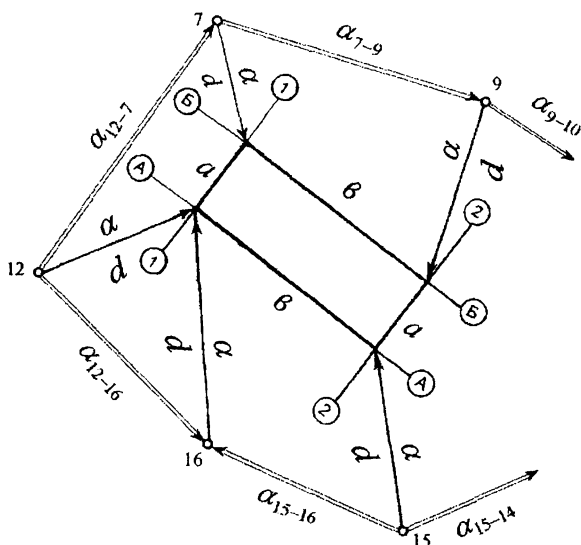


Рис. 2.7. Разбивочный чертёж

2.6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ СЕТКИ

Для разбивки сооружений на строительной площадке создают *специальные геодезические сети*, из которых наиболее распространенным видом является строительная сетка.

Строительная сетка (рис. 2.8) представляет собой совокупность прямоугольников или квадратов, стороны которых параллельны главным и основным осям сооружений, а вершины закреплены специальными знаками.

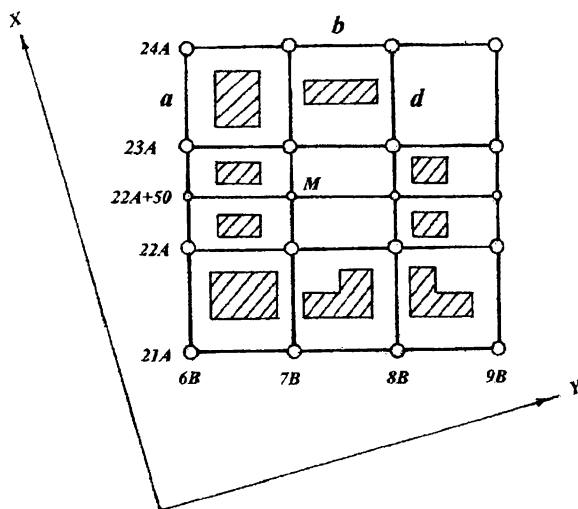


Рис. 2.8. Строительная сетка

Построению строительной сетки на местности предшествует разработка ее проекта. Проектирование строительной сетки включает:

- 1) размещение пунктов;
- 2) выбор способа построения на местности;
- 3) расчет точности геодезических измерений;
- 4) вычисление проектных координат пунктов;
- 5) подсчет объемов и стоимости работ.

1. Сетку удобнее всего проектировать на *стройгенплане*, на котором показаны все существующие и будущие (проектируемые) сооружения, в том числе и временные. Форма строительной сетки зависит от характера размещения сооружений, их назначения и особенности рельефа.

Линии сетки должны быть запроектированы с учетом *видимости* между пунктами, *удобства* геодезических измерений, *сохранности* пунктов и таким образом, чтобы проектируемые сооружения оказались *внутри фигур* как можно ближе к линиям сетки.

Размер стороны прямоугольника, квадрата или расстояния между параллельными линиями сетки и пунктами рекомендуется принимать с учетом размеров сооружений, простоты последующих разбивочных работ и контроля за возведением объекта в соответствии с табл. 2.3.

2. Строительная сетка на местности создается методами триангуляции, трилатерации, полигонометрии, способами засечек (угловых, линейных, комбинированных), четырехугольников без диагоналей. Наиболее

распространенными являются метод полигонометрии и способ четырехугольников без диагоналей.

Таблица 2.3

Геометрические параметры строительной сетки

Характеристика сетки	Класс	Разряд	
	4	1	2
Размер сторон, м прямоугольника	400x400	400x100	200x100
	400x100	200x100	100x50
	200x200	150x150	150x150
квадрата	150x150	100x100	100x100
	100x100		50x50
Расстояние между параллельными линиями, м	200, 150, 100	150, 100	150, 100, 50

3. Точность строительной сетки в плане (класс, разряд) и по высоте зависит от размера строительной площадки, вида строительства и регламентируется СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве» (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Точность строительной сетки

Класс, разряд	Характеристика строительства	Средняя квадратическая погрешность		
		угловых измерений m_β, c	линейных измерений m_l/l	превышений на 1 км $m_h, мм$
4 кл	Предприятия на площади более 1 км ²	3	1:25 000	4
1 р	Предприятия на площади менее 1 км ²	5	1:10 000	6
2 р	Отдельно строящиеся здания с площадью застройки до 1 га	10	1:5 000	10
-	Дороги, инженерные сети вне застройки, земляные сооружения, вертикальная планировка	30	1:2 000	15

Проект строительной сетки необходимо оценить расчетом ее точности, исходя из формы сетки, метода ее построения, точности геодезических измерений. Для метода полигонометрии относительная средняя квадратическая погрешность $\frac{m_d}{d}$ стороны ряда, состоящего из четырехугольников, вычисляется по формуле (рис. 2.8)

$$\frac{m_d}{d} = \sqrt{\left(\frac{m_\alpha}{\alpha}\right)^2 + \left(\frac{m_\beta}{\beta}\right)^2} \frac{b}{d} n, \quad (2.25)$$

где m_α - средняя квадратическая погрешность исходной стороны a ;
 m_β - средняя квадратическая погрешность измерения углов; b - сторона,

перпендикулярная к определяемой связующей (промежуточная сторона); n – число фигур от исходной стороны a до определяемой связующей стороны d .

Вычисленная погрешность должна соответствовать принятой в соответствии с таблицей точности строительной сетки. В противном случае проект строительной сетки меняют, добиваясь, чтобы предвычисленная погрешность не превышала принятой (увеличивают длину стороны, уменьшают число фигур в рядах, повышают точность измерения и т.п.).

4. Главные (основные) оси сооружений и координатные оси генплана X , Y не параллельны. Поэтому для удобства координаты пунктов строительной сетки вычисляют в *условной системе координат*, оси которой параллельны осям сооружений, и обозначают: ось абсцисс буквой A (вместо X), ось ординат буквой B (вместо Y).

В записи координат число сотен метров указывается цифрой перед соответствующей буквой, а число метров – цифрой со знаком плюс. *Например*, на рис. 2.8 точка M имеет координаты $22A+50; 7B$, т.е. 2250.00; 700.00.

Координаты юго-западного пункта выбирают кратными длине стороны сетки и такими, чтобы координаты остальных пунктов сетки были положительными. По возможности начальный пункт сетки совмещают с имеющимся на плане геодезическим пунктом, что облегчает связь условной системы координат A, B с системой координат X, Y генплана.

Проектные координаты пунктов строительной сетки – удобные целые числа, кратные длине стороны сетки.

5. На готовом проекте подсчитывают количество пунктов и периметр строительной сетки, потребность в материалах для изготовления и закладки знаков, объем других работ, обеспечивающих необходимые условия для выполнения измерений (прочистка створов, прорубка просек, земляные работы и т.д.), по которым определяют окончательную стоимость построения строительной сетки.

Строительную сетку используют также для съемок построенных сооружений и готовых территорий (*для исполнительных съемок*).

ГЛАВА 3. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ

3.1. СУЩНОСТЬ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

Положение сооружения в проекте (на плане) дано *графически*, а для строительства необходимо знать его положение *на местности*. Возведение сооружения ведется в вертикальной плоскости, поэтому в процессе строительства определяется положение его точек и в вертикальной плоскости, т.е. по высоте.

Разбивка сооружения, или *вынос проекта в натуру*, – это определение и закрепление на местности планового и высотного положения точек сооружения согласно его проекту.

Разбивочные работы составляют *главную часть* геодезического обеспечения строительных работ.

3.2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАЗБИВОЧНЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Геодезические **разбивочные работы** выполняются в *три этапа* по принципу перехода от общего к частному.

На первом этапе выносят от геодезических пунктов *главные и основные оси* и закрепляют их на местности. Вынос главных и основных осей называется *основными разбивочными работами*. Главные и основные оси определяют *общее положение объекта*, и их вынос может быть выполнен с погрешностью 3-5см и даже больше. *При сложной конфигурации сооружения*, а также в тех случаях, когда группа зданий связана *конструктивно или технологическими процессами*, обязательно разбивают *главные оси*. Для *простых по форме зданий и сооружений* разбивают только *основные оси*.

Главные и основные оси являются *исходными* для выполнения других разбивочных работ, контрольных измерений и исполнительных съемок.

На втором этапе от главных и основных осей выносят продольные и поперечные оси отдельных частей сооружения (*дополнительные оси*), а также определяют положение необходимых точек и плоскостей сооружения *по высоте*. Вынос дополнительных осей, построение проектных высот и горизонтов называется *детальными разбивочными работами*.

Для выноса проектных высот и горизонтов создается *высотная сеть* – совокупность пунктов с известными высотами (совокупность реперов). Горизонт на уровне пола первого этажа называется *нулевым*, или *исходным*, монтажным горизонтом, и его отметка, условно принимаемая за ноль, называется *строительным нулем*. Отметки точек сооружения в *проектах* даются *от строительного нуля* вверх со знаком плюс, вниз – со знаком минус. Для построения проектных высот *устанавливают связь между строительной и абсолютной системами высот*. Детальная разбивка определяет *взаимное положение отдельных частей сооружения* и

выполняется значительно *точнее, чем разбивка главных и основных осей*, с погрешностью 2-3мм и точнее.

Третий этап заключается в геодезическом обеспечении монтажных работ. При монтаже конструкций и технологического оборудования удобнее пользоваться не осями, а параллельными им линиями, смещенными на некоторое удобное расстояние (например, на 100мм, 200мм или на половину ширины конструкции и т.п.), которые называются *монтажными (технологическими) осями*. *Вынос и закрепление монтажных осей и установка оборудования в проектное положение называется геодезическим обеспечением монтажных работ*. На этом этапе геодезические работы выполняются с наиболее высокой точностью, порядка 1-0,1 мм.

Строительные работы ведутся в такой последовательности:

1. **Подготовительные работы**, в процессе которых готовят подъездные пути и временные сооружения, завозят необходимые материалы и оборудование, а также выполняют *основные геодезические работы*.

2. **Возведение подземной части сооружения до уровня первого этажа** (нулевой цикл): рытье котлована; монтаж фундаментов и стен подвала; установка перекрытий над подвалом (пола первого этажа); планировка площадки, укладка трубопроводов (канализация, водопровод и т.д.); *исполнительная съемка конструкций*.

3. **Возведение надземной части сооружения** (надземный цикл): построение опорной плановой и высотной сети на исходном горизонте (обычно на уровне пола первого этажа); детальная разбивка осей; возведение первого и последующих этажей; монтаж конструкций: колонн (вертикальных опор), перекрытий (горизонтальных плит, разделяющих этажи), лестничных маршей, лифтовых шахт и т.д.

Монтаж конструкций состоит из следующих операций: подготовка (очистка, контроль геометрических размеров, нанесение установочных линий – *рисок*, т.е. разметка); подъем; временное закрепление; *выверка* (определение величин перемещений в плане и по высоте для окончательной установки в проектное положение); установка в проектное положение и окончательное закрепление; *исполнительная съемка конструкций*.

С исходного горизонта точки опорной сети проектируются на монтажные горизонты (этажи), на каждом из которых выполняется детальная разбивка осей.

4. **Монтаж и выверка технологического оборудования**, размещаемого внутри сооружения. *Исполнительная съемка* установленного оборудования.

В состав геодезических работ в строительный период входит:

- построение плановой и разбивочной основы, дополняющей геодезическое обоснование, созданное на стадии изысканий;
- вынос проекта сооружения на местность;
- определение объемов земляных и бетонных работ;
- контроль за выполнением строительных работ;

- определение фактического положения сооружений и конструкций (исполнительные съемки);
- наблюдение за перемещениями и деформациями сооружений.

3.3. СТРОИТЕЛЬНЫЕ ДОПУСКИ И ТОЧНОСТЬ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

Здания и сооружения состоят из отдельных конструкций (фундаментов, стен, колонн, панелей, балок, перекрытий, лестничных маршей, дверей, окон, балконов и т.п.). Размеры конструкций даются в проекте. *Проектный* (номинальный) размер l_{np} - это точное, теоретическое (идеальное) значение параметра конструкции. *Параметр конструкции* - это линейная или угловая величина, характеризующая ее размер и форму.

Абсолютно точно изготовить конструкцию невозможно, поэтому ее фактические размеры отличаются от проектных. Предельная погрешность в размере конструкции называется *допуском размера* Δ . Наибольший l_{max} и наименьший l_{min} допускаемый размер (еще пригодный к использованию) называется *предельным размером* (рис. 3.1).

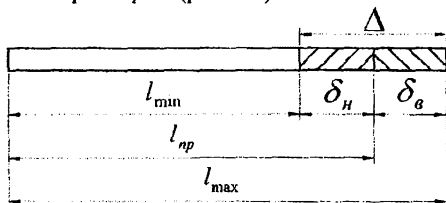


Рис. 3.1. Допустимые отклонения размеров в конструкциях

Допуск размера (поле допуска) Δ - это разность между максимальным и минимальными предельными размерами конструкции, т.е.

$$\Delta = l_{max} - l_{min}. \quad (3.1)$$

Разность между предельными (l_{max} , l_{min}) и проектным l_{np} размерами называется *допускаемым, или предельно допустимым, отклонением* (верхним δ_B , которое всегда *положительно*, и нижним δ_H , которое всегда *отрицательно*), т.е.

$$\delta_B = l_{max} - l_{np}; \quad (3.2)$$

$$\delta_H = l_{min} - l_{np}. \quad (3.3)$$

Очевидно, что

$$\Delta = \delta_B - \delta_H. \quad (3.4)$$

Различают следующие допуски: Δ_P - *допуск размещения* на местности главных и основных осей сооружения относительно пунктов геодезической основы; Δ_C - *строительный (технологический) допуск* – предельная погрешность в положении установленной конструкции, определяющая точность взаимного положения объектов или их частей.

Величина допуска размещения Δ_P не является очень жесткой, так как характеризует точность положения объекта на местности в общем, которое чаще всего определяется графически по плану с точностью 10-20 см.

Значительно точнее определяется взаимное положение объектов и их частей, и оно задается *строительным допуском* Δ_C .

Установить конструкцию в проектное положение (в плане и по высоте) абсолютно точно невозможно, так как допускаются некоторые погрешности: при изготовлении и разметке конструкции; при выносе ее разбивочных осей в натуру; при совмещении разметочных рисок с разбивочными осями в процессе строительно-монтажных работ. Поэтому *строительный допуск* Δ_C содержит три независимых допуска:

Δ_H - допуск на изготовление конструкции;

Δ_G - допуск на построение разбивочных осей на местности, т.е. на геодезические работы;

Δ_M - допуск на совмещение оси конструкции с разбивочной осью при строительно-монтажных работах.

Тогда согласно теории погрешностей

$$\Delta_C^2 = \Delta_H^2 + \Delta_G^2 + \Delta_M^2. \quad (3.5)$$

Допуски Δ_H , Δ_G , Δ_M , составляющие строительный допуск Δ_C , принимаются равными друг другу (*принцип равных влияний*), т.е.

$$\Delta_H = \Delta_G = \Delta_M, \quad (3.6)$$

тогда

$$\Delta_C^2 = 3 \cdot \Delta_G^2,$$

откуда

$$\Delta_C = \Delta_G \cdot \sqrt{3}. \quad (3.7)$$

Каждый из допусков – величина случайная с предельным значением, т.е. является предельной случайной погрешностью.

Согласно теории погрешностей при самых *нестрогих* требованиях (при вероятности $P = 0.9973$) величина предельной погрешности (*половина поля допуска*) определяется тремя средними квадратическими погрешностями (при более строгих требованиях двумя и даже меньше), т.е. можно принять

$$\Delta_r = 3 \cdot m_r.$$

Тогда

$$\Delta_c = 3m_r \cdot \sqrt{3},$$

откуда

$$m_r = \frac{\Delta_c}{3 \cdot \sqrt{3}}, \quad (3.8)$$

или

$$m_r \approx \frac{1}{6} \cdot \Delta_c. \quad (3.9)$$

То есть *средняя квадратическая погрешность геодезических измерений составляет от данного строительного допуска одну шестую его часть.*

При *ответственных* разбивках она может быть уменьшена до одной десятой строительного допуска

$$m_r = 0,1 \cdot \Delta_c. \quad (3.10)$$

Кроме абсолютной величины важное значение имеет *направление* допусков. Например, продольный сдвиг опор линии электропередачи 20см практически не имеет значения, а поперечный такой величины недопустим.

Особые требования устанавливаются для самотечных трубопроводов *по высоте*, для которых скорость жидкости должна быть такой, чтобы не оседали твердые или взвешенные частицы, т.е. достаточной для самоочистения, и не слишком большой, чтобы не изнашивались трубы от трения.

Система строительных допусков Δ_c в мм установлена ГОСТом 21779-82 «Технологические допуски» по шести классам от 1 (самый точный) до 6 (наименее точный) в зависимости от размеров конструкций, изготавливаемых на заводах (от 2,5 м до 160 м). Строительные допуски Δ_c в виде допусков размера $\Delta = 2\delta = 6m$ даны на межосевые размеры после монтажа конструкций по следующим видам работ (табл. 3.1): $\Delta_{пл}$ - допуски разбивки осей в плане; $\Delta_{пр}$ - допуски передачи осей по вертикали (проектирования); Δ_B - допуски высотных отметок.

Фактические отклонения в положении установленной конструкции не должны превышать указанных в табл. 3.1.

Для *погашения* накопленных ошибок в сборных конструкциях предусмотрены специальные устройства (*компенсаторы*) в виде зазоров, швов, площадок опирания. За счет *положительных* допускаемых отклонений увеличивается размер конструкции и уменьшается зазор между элементами, а за счет *отрицательных* зазор увеличивается.

Таблица 3.1

Строительные допуски $\Delta_{лз}$, $\Delta_{пр}$, $\Delta_{в}$ в мм на межосевые размеры

Раз- меры конст- рукций, м	Классы																	
	1		2		3		4		5		6							
	$\Delta_{лз}$	$\Delta_{пр}$	$\Delta_{лз}$	$\Delta_{пр}$	$\Delta_{лз}$	$\Delta_{пр}$	$\Delta_{лз}$	$\Delta_{пр}$	$\Delta_{лз}$	$\Delta_{пр}$	$\Delta_{лз}$	$\Delta_{пр}$						
До 2,5	0,6	-	1	0,6	-	1,5	1	0,6	2,4	1,6	1	4	2,4	1,6	6	4	2,4	
2,5 - 4	1	0,6	-	1,5	1	0,6	2,4	1,6	1	4	2,4	1,6	6	4	2,4	10	6	
4 - 8	1,5	1	0,6	2,4	1,6	1	4	2,4	1,6	6	4	2,4	10	6	4	16	10	
8 - 16	2,4	1,6	1	4	2,4	1,6	6	4	2,4	10	6	4	16	10	6	24	16	
16 - 25	4	2,4	1,6	6	4	2,4	10	6	4	16	10	6	24	16	10	40	24	
25 - 40	4	4	2,4	10	6	4	16	10	6	24	16	10	40	24	16	60	40	
40 - 60	10	6	4	16	10	6	24	16	10	40	24	16	60	40	24	100	60	
60 - 100	16	10	6	24	16	10	40	24	16	60	40	24	100	60	40	160	100	
100 - 160	24	16	10	40	24	16	60	40	24	100	60	40	160	100	60	-	-	

Точность геодезических работ установлена СНиП 3.01.03-84 тоже по шести классам от 1-р до 6-р. Средние квадратические погрешности измерения углов m_{β} , превышений m_h , относительная погрешность линейных измерений $\frac{m_l}{l}$, средние квадратические погрешности передачи

высоты $m_h^{м.г.}$ и осей $m_{пр}$ на монтажные горизонты определяются конструктивными особенностями сооружений и даны в табл. 3.2.

В проектной документации и СНиПах даются строительные допуски Δ_c в виде предельно допустимых отклонений δ , равных половине допуска размера.

В СНиП 3.01.03-84 даны средние квадратические погрешности при построении углов, линий и высот.

В необходимых случаях переход от строительных допусков к средним квадратическим погрешностям выполняется по указанным формулам.

Таблица 3.2

Точность разбивочных работ, построения внешних и внутренних сетей сооружения

Класс точности	Характеристика зданий и сооружений	Средние квадратические погрешности				
		m_{β} , с	$\frac{m_l}{l}$	m_h , мм	$m_h^{м.г.}$, мм	$m_{пр}$, мм
1-р	Сооружения высотой более 100 м или с пролетами от 30 до 36 м	5	1:15 000	1	6	4
2-р	Здания выше 15 этажей (60-100 м) или с пролетами 18-30 м	10	1:10 000	2	5	3
3-р	Здания от 5 до 15 этажей (15-60 м) или с пролетами 6-18 м	20	1:5 000	2,5	4	2,5
4-р	Здания до 5 этажей (до 15 м) или с пролетами до 6 м	30	1:3 000	3	3	2
5-р	Конструкции из дерева или линейные сооружения	30	1:2 000	5	-	-
6-р	Земляные сооружения, вертикальная планировка	45	1:1 000	10	-	-

3.4. СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОЕКТА

К геометрическим элементам проекта относятся:

- 1) линии, образующие проектные углы: горизонтальные и дирекционные;
- 2) линии проектной длины;
- 3) точки с проектными высотами;
- 4) линии и плоскости с проектными уклонами;
- 5) вертикальные линии.

Величины геометрических элементов (разбивочные элементы: углы, длины, высоты, уклоны) даются непосредственно в проекте или вычисляются при подготовке проекта к выносу. Эти элементы *строят на местности* с помощью соответствующих приборов, что составляет содержание разбивочных работ, или выноса проекта в натуру.

3.4.1. Построение проектных горизонтальных и дирекционных углов

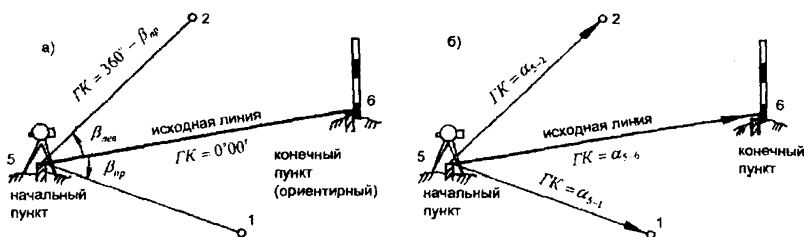


Рис. 3.2. Схема построения проектных углов:
а – горизонтальных; б – дирекционных

Проектные углы (горизонтальные $\beta_{пр}$ и дирекционные $\alpha_{пр}$) строят с помощью теодолита соответствующей точности и переносной цели – вехи.

Для построения проектного угла $\beta_{пр}$ или $\alpha_{пр}$ необходимо иметь на местности *исходную линию*, один из пунктов которой является вершиной проектного угла.

При выносе *проектного горизонтального угла* $\beta_{пр}$ необходимо определить, в какую сторону от исходной линии (вправо или влево) расположен заданный проектный угол.

Вынос горизонтального угла выполняют в такой последовательности (рис. 3.2,а):

- устанавливают теодолит по отвесу (нитяному или оптическому) над исходным пунктом в вершине угла, а над вторым исходным пунктом – строго вертикально цель (веху или марку на штативе);

- ориентируют горизонтальный круг (*ГК*) теодолита *вдоль исходной линии нулевым отсчетом*, т.е. при наведении зрительной трубы пересечением нитей на цель, установленную в конце исходной линии, отсчет по *ГК* должен быть равным нулю. Порядок ориентирования зависит от конструкции теодолита: если теодолит *повторительный* (какими являются все технические теодолиты), то вращением алидады находят нулевой отсчет по *ГК* и закрепляют ее, после чего открепляют лимб (отсчет останется неизменным), наводят зрительную трубу на цель и закрепляют лимб; если теодолит *не является повторительным* (какими являются почти все точные теодолиты), то наводят зрительную трубу на цель, а нулевой отсчет устанавливают вращением специального винта перемещения лимба;

- находят на *ГК* (вращением алидады) отсчет, величина которого зависит от расположения угла β_{np} относительно линии ориентирования (исходной линии): если угол β_{np} расположен *вправо* от исходной линии, то отсчет по *ГК* будет равным проектному углу β_{np} , т.е. $ГК = \beta_{np}$; если же угол β_{np} расположен *влево* от исходной линии, то отсчет по *ГК* будет равен дополнению угла β_{np} до 360° , т.е. $ГК = 360^\circ - \beta_{np}$;

- глядя в зрительную трубу, устанавливают на пересечении нитей основание вехи в нужном месте;

- переводят зрительную трубу через зенит и все указанные действия выполняют при *другом положении ГК*, в результате чего получают *второе* положение вехи, близкое к первому;

- закрепляют среднее положение вехи надежным знаком (столб, металлический штырь, гвоздь насечка, откраска и т.п.);

- измеряют полным приемом построенный угол, сравнивают его с проектным и при необходимости смещают центр на знаке в нужную сторону на величину разности между проектным и измеренным углом.

Построение проектных дирекционных углов α_{np} (рис. 3.2,б) выполняется аналогично построению проектных горизонтальных углов β_{np} , только *ГК ориентируют отсчетом равным дирекционному углу исходной линии* (а не нулевым), т.е. $ГК = \alpha_{исх}$. После этого вращением алидады устанавливают на горизонтальном круге отсчеты, равные *проектным* дирекционным углам, т.е. $ГК = \alpha_{np}$, тогда визирная ось зрительной трубы каждый раз занимает нужное направление.

Объектив зрительной трубы всегда указывает направление линии, дирекционный угол которой устанавливается на горизонтальном круге теодолита как при ориентировании, так и при построениях (рис. 3.2,б).

3.4.2. Построение проектных расстояний

Вычисление наклонного расстояния

Проектное расстояние d - это горизонтальное проложение, т.е. длина линии на горизонтальной плоскости. Местность, на которой выполняются построения, обычно является наклонной, и величину наклонного расстояния D , которое всегда больше проектного расстояния d , необходимо вычислить. Для этого определяют или превышение h конечных пунктов наклонной линии D , или ее угол наклона ν (рис. 3.3).

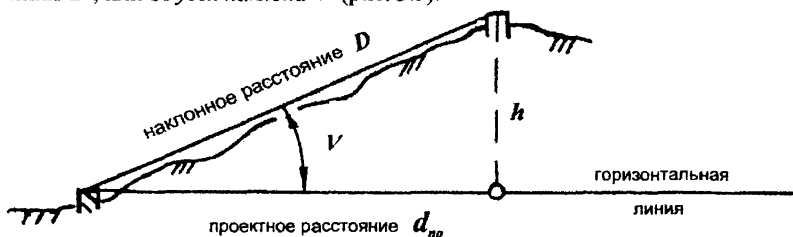


Рис. 3.3. Схема построения проектных расстояний

Тогда

$$D = \sqrt{d^2 + h^2}; \quad (3.11)$$

$$D = \frac{d}{\cos \nu}. \quad (3.12)$$

В наклонное расстояние D вводят следующие поправки: за компарирование ΔD_k и за температуру ΔD_t .

Поправка за компарирование

Поправка за компарирование в мерный прибор $\Delta l_k = l_p - l_{обр}$ - это отличие фактической длины прибора l_p (рабочей длины) от той, которая указана на нем цифрой около последнего деления. Она определяется путем сравнения рабочей длины l_p с известной $l_{обр}$ (образцовой) длиной, т.е. в процессе компарирования.

Если рабочий прибор длиннее образцового $l_{обр}$, т.е. $\Delta l_k = l_p - l_{обр} > 0$, то каждое его уложение увеличивает длину линии на величину Δl_k , а вся линия D станет длиннее на величину D_k , которую нужно вычесть из отложенного расстояния, т.е. поправка за компарирование в длину линии

$$\Delta D_k = n \cdot \Delta l_k, \quad (3.13)$$

где $n = \frac{D}{l_p}$ - число уложений мерного прибора.

Если фактическая длина l_p мерного прибора *меньше* указанной на нем последним делением, т.е. $\Delta D_k < 0$, то суммарную поправку ΔD_k за компарирование следует *прибавить* к отложенному наклонному расстоянию D . Обычно выносимые расстояния не превышают длины мерного прибора, т.е. число уложений не более одного (единицы).

Таким образом, *поправка за компарирование при построении проектных расстояний имеет знак, противоположный* знаку разности $\Delta D_k = l_p - l_{обр}$.

Поправка за температуру

Температура t_p , при которой выполняется вынос (работа), обычно отличается от температуры t_k , при которой выполнялось компарирование, вследствие чего длина мерного прибора изменилась, и в построенное расстояние D необходимо ввести *поправку за температуру* ΔD_t , которая вычисляется по формуле линейного расширения

$$\Delta D_t = \alpha \cdot D \cdot \Delta t, \quad (3.14)$$

где α - коэффициент линейного расширения материала мерного прибора (для стали $\alpha = 0,000012$); Δt - разность температур работы t_p и компарирования t_k , т.е. $\Delta t = t_p - t_k$.

При $\Delta t > 0$, т.е. при $t_p > t_k$, длина мерного прибора *увеличится* и поправку ΔD_t нужно *отнять* от отложенного наклонного расстояния D .

При $\Delta t < 0$, т.е. при $t_p < t_k$, поправку ΔD_t необходимо *прибавить* к наклонному расстоянию D .

Таким образом, поправка за температуру *при построении проектных линий* имеет знак, *противоположный* знаку разности $\Delta t = t_p - t_k$.

Обычно при выносе откладывают наклонное расстояние, а от полученной точки откладывают вперед или назад *общую поправку* ΔD , равную алгебраической сумме поправок: за компарирование ΔD_k и за температуру ΔD_t , т.е.

$$\Delta D = \Delta D_k + \Delta D_t. \quad (3.15)$$

Механические мерные приборы обеспечивают следующую точность построений: мерные ленты 1:2000 – 1:3000; рулетки 1:3000 – 1:10000; инварные проволоки и ленты 1:10000 – 1:50000.

3.4.3. Построение проектных высот

Точки с проектной высотой $H_{пр}$ строят с помощью *нивелира* и *рейки*, на которую нанесена линейная шкала.

Для выноса проектной высоты $H_{пр}$ необходимо наличие пункта с *известной высотой* $H_{исх}$ – исходного репера.

Построение проектной высоты $H_{пр}$ выполняется в таком порядке:

- устанавливают нивелир посередине между исходным репером и точкой, в которой нужно построить проектную высоту $H_{пр}$, а на исходный репер – рейку, по которой берут отсчет $Z_{исх}$ (отсчет на исходном репере является задним), и вычисляют горизонт инструмента: $ГИ = H_{исх} + Z_{исх}$;

- вычисляют отсчет $П_{пр}$ по черной шкале рейки в точке выноса (он является передним), соответствующий проектной высоте $H_{пр}$: $П_{пр} = ГИ - H_{пр}$.

Если $П_{пр} > 0$, т.е. проектная высота $H_{пр}$ ниже горизонта инструмента $ГИ$, то в точке выноса устанавливают высокий кол (штырь) и постепенно забивают его, добиваясь, чтобы на рейке, установленной на нем, оказался вычисленный отсчет $П_{пр}$ (рис. 3.4, а).

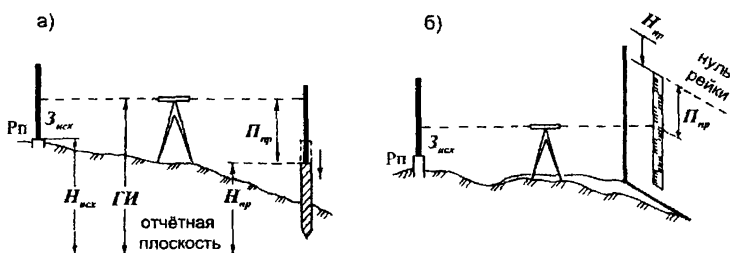


Рис. 3.4. Схема построения проектных высот

Если $П_{пр} < 0$, т.е. проектная высота $H_{пр}$ выше горизонта инструмента $ГИ$ (рис. 3.4,б), то рейку или линейку переворачивают нулем вверх, прислоняют к вертикальному предмету (высокому колу, столбу, стене и т.п.) и перемещением ее вверх-вниз устанавливают на средней нити нивелира вычисленный отсчет $П_{пр}$, после чего отмечают нулевое деление рейки (линейки), которое будет находиться на проектной высоте $H_{пр}$.

В том случае, когда проектная высота находится слишком высоко или низко от исходного репера (на монтажном горизонте или на дне глубокого котлована), сначала закрепляют на этаже или на дне котлована рабочий репер и определяют его высоту H_x с помощью вертикально подвешенной рулетки с миллиметровыми делениями (обычно нулевым делением вниз). Для подвеса рулетки используют специальные кронштейны. В зданиях рулетку располагают между этажами через вентиляционные отверстия,

лифтовые шахты, оконные проемы и т.п. Чтобы уменьшить колебания рулетки, нагруженный ее конец помещают в емкость с водой и опилками (рис. 3.5).

Определение высоты H_x рабочего репера выполняется в таком порядке (рис. 3.5, а):

- на реперах (исходном и определяемом) устанавливают рейки, а между рейкой и подвешенной рулеткой на каждом горизонте (исходном и монтажном или на дне котлована) – нивелиры;

- по команде берут отсчеты по рейкам и рулетке на каждом горизонте в направлении хода *исходный репер – определяемый репер*: на исходном горизонте $Z_{исх}$ (на исходном репере) и P_n – по рулетке (передний отсчет); на монтажном горизонте (или на дне котлована) P_z – по рулетке (задний отсчет) и $П_x$ – на определяемом репере;

- вычисляют отметку H_x рабочего репера на монтажном горизонте или на дне котлована по очевидной формуле

$$H_x = H_{исх} + Z_{исх} + (P_z - P_n) - П_x . \quad (3.16)$$

При передаче *высоты* вверх превышение $(P_z - P_n)$ между визирными лучами нивелиров всегда *положительно*, а при передаче *высоты* вниз – *отрицательно* (рис. 3.5, б).

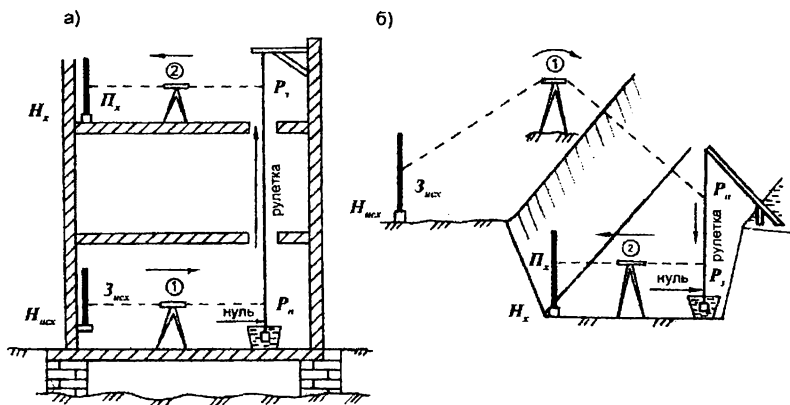


Рис. 3.5. Схема передачи высоты рулеткой:
а – вверх; б – вниз

3.4.4. Построение линий проектных уклонов

Наклонные линии и плоскости сооружений (трубопроводы, дороги, откосы и т.д.) задаются в проекте уклоном $i_{пр}$, который есть тангенс угла наклона ν линии (плоскости), или превышение h , приходящееся на единицу ее горизонтального проложения, т.е.

$$i_{np} = \operatorname{tg} v = \frac{h}{d}. \quad (3.17)$$

Уклон i выражается:

- десятичной дробью;
- в процентах (превышение на 100 метров);
- в промилях (превышение на 1000 метров, т.е. на 1 км);
- дробью с числителем единица (знаменатель показывает, во сколько раз горизонтальное проложение d больше превышения h).

Например, если угол наклона $v = 11^\circ 19'$, то уклон $i = \operatorname{tg} 11^\circ 19' = 0,2 = 20\% = 200\text{‰} = 1:5$

Повышению соответствует положительное значение уклона, т.е. $i > 0$, а понижению – отрицательное, т.е. $i < 0$.

Линию с проектным уклоном i_{np} можно построить с помощью нивелира и рейки или теодолита.

Построение линии проектного уклона нивелиром и рейкой

Для построения линий с проектным уклоном i_{np} должно быть известно положение *начальной точки* этой линии на местности *в плане и по высоте*, а также ее *длина d и направление*.

Построение линии проектного уклона нивелиром и рейкой выполняют в такой последовательности (рис. 3.6):

- вычисляют превышение между конечными точками линии, соответствующее проектному уклону, $h = i_{np} \cdot d$, причем уклон i_{np} берется со знаком плюс *при повышении* и со знаком минус *при понижении* линии;
- устанавливают в конце линии высокий деревянный кол или штырь;
- устанавливают на конечные точки линии рейки и между ними в середине – нивелир;

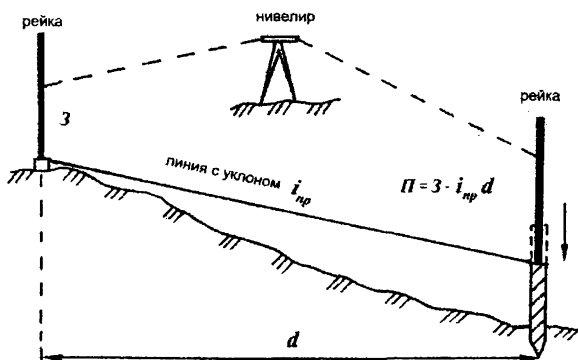


Рис. 3.6. Схема построения линии проектного уклона нивелиром и рейкой

- наводят зрительную трубу нивелира на рейку, установленную в начальной точке линии (на заднюю рейку), и берут по ней отсчет Z ;
- вычисляют отсчет по рейке, установленной в конечной точке линии (передняя рейка), соответствующий проектному уклону i_{np} , по формуле, вытекающей из известного соотношения $h = Z - \Pi$:

$$\Pi = Z - h = Z - i_{np} \cdot d ; \quad (3.18)$$

- наводят зрительную трубу нивелира на переднюю рейку, установленную на высоком штыре (колу), и постепенно забивают его с таким расчетом, чтобы отсчет по рейке оказался равным вычисленному Π .

Линия, соединяющая верх штыря с начальной точкой, будет иметь проектный уклон i_{np} .

Если превышение между конечными точками значительно и с одной установки нивелира построение выполнить невозможно, то линию делят на несколько частей, на каждой из которых последовательно строят проектный уклон аналогично.

Линию с проектным уклоном i_{np} можно построить по высоте ее конечной точки H_k , если известна высота начальной точки линии H_n . Высоту конечной точки H_k вычисляют по известному горизонтальному проложению d и заданному уклону i_{np} , взятому со своим знаком, по формуле: $H_k = H_n + i \cdot d$. После этого выносят отметку H_k указанным ранее способом.

Построение линии проектного уклона теодолитом

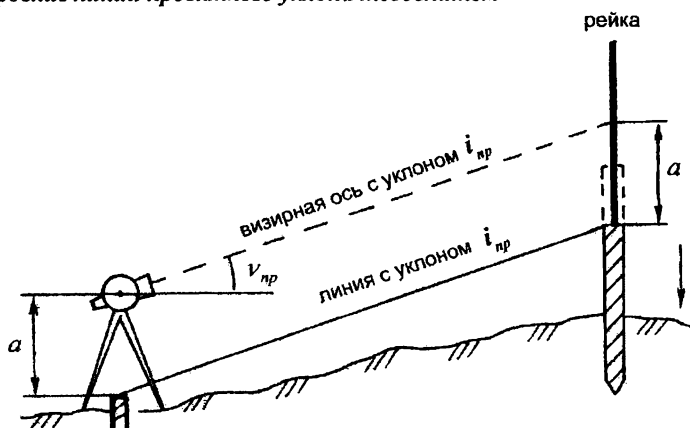


Рис. 3.7. Схема построения линии проектного уклона теодолитом

Вынос линии проектного уклона i_{np} теодолитом выполняется в такой последовательности (рис. 3.7):

- устанавливают в начале линии теодолит и измеряют его высоту a (отрезок от верха пункта до центра вертикального круга); отмечают этот отрезок на рейке (цветной нитью, резинкой, штрихом и т.п.);

- в конце линии устанавливают высокий кол или штырь;

- определяют место нуля вертикального круга $MO = \frac{BK_{кл} + BK_{кп}}{2}$,

где $BK_{кл}$ и $BK_{кп}$ – малые или приведенные к малым отсчеты по вертикальному кругу при наведении на одну и ту же цель;

- вычисляют угол наклона v_{np} (со своим знаком), соответствующий проектному уклону i_{np} , причем i_{np} должен быть десятичной дробью.

$v_{np} = \arctg i_{np}$ (v имеет знак плюс при повышении линии и минус при понижении);

- приводят вертикальный круг в основное положение (при поднятом вверх объективе отсчеты по вертикальному кругу должны быть малые положительные) и устанавливают на нем отсчет $BK_{осн}$, соответствующий углу наклона v_{np} с учетом величины и знака MO (визирная ось при этом установится в проектное положение с уклоном i_{np}):

$$BK_{осн} = v_{np} + MO. \quad (3.19)$$

Для углов понижения при круговой оцифровке вертикального круга устанавливают на нем дополнения вычисленного отсчета $BK_{осн}$ до 360° ;

- устанавливают в конце линии на штырь (на кол) рейку и наводят на нее зрительную трубу (пузырек уровня BK приводят в 0-пункт и проверяют установленный отсчет $BK_{осн}$);

- забивают штырь (кол) до положения, когда на средней линии сетки нитей окажется отмеченный отсчет a , равный высоте теодолита.

Линия, проходящая через верх начального и конечного пунктов, будет иметь проектный уклон i_{np} .

Вынос линий с уклоном i_{np} выполняется теодолитами соответствующей точности. Для большинства случаев промышленного и гражданского строительства необходимая точность выноса обеспечивается теодолитами технической точности Т15, Т30 и точным теодолитом Т5.

3.4.5. Построение вертикальных (отвесных) линий

Отвесные линии строят при монтаже сооружений и конструкций, оси которых должны быть вертикальными (башни, вышки, колонны, столбы, опоры мостов, ретрансляторы т.п.), а также при переносе осей сооружений и геодезических пунктов на монтажные горизонты (вверх или вниз).

Построение вертикальных линий может быть выполнено *механическими и оптическими приборами.*

Механическим прибором является отвес – груз, подвешенный на нити или тонкой проволоке, которая под действием силы тяжести располагается вертикально.

Для успокоения колебаний груз опускают в емкость с водой и опилками. Массу груза и толщину проволоки подбирают в зависимости от длины отвесной линии (высоты) в соответствии с табл. 3.3.

Точность построения вертикальных линий на 60 м около 2мм при благоприятных условиях (отсутствие ветра, вибраций и т.п.), а при неблагоприятных условиях – около 5 см.

Таблица 3.3

Параметры отвеса

Высота, м	Масса груза, кг	Диаметр проволоки, мм
20	10	0,3
40	15	0,4
60	25	0,5

При построении отвесных линий до 20 м используют прочную нить или леску и груз от 0,2 до 2 кг. *Погрешность* построения отвесных линий в этом случае составляет при благоприятных условиях 0,5 -2 см, а при неблагоприятных – до 5 см.

Оптическими приборами для построения вертикальных линий являются: лотаппараты двухстороннего визирования, приборы вертикального проектирования ПВП (зенит-приборы), теодолиты.

Лотаппарат представляет собой оптический прибор с вертикальной оптической осью и увеличением зрительной трубы не более 5 крат. Он имеет поворотную призму, с помощью которой визирный луч направляется вниз или вверх.

Зенит-прибор является оптическим прибором с вертикальным лучом визирования и увеличением зрительной трубы порядка 30 крат. Он имеет также оптический отвес для установки над пунктом.

Построение вертикали из данной точки лотаппаратом и зенит-прибором выполняется аналогично в таком порядке (рис. 3.8, а):

- устанавливают прибор над данной точкой (зенит-прибор с помощью оптического отвеса, а для установки лотаппарата поворотной призмой визирную ось направляют вниз);
- на монтажном горизонте над прибором укрепляют прозрачную пластину (при необходимости для этого в перекрытиях делают отверстия);
- визируют вверх (ось лотаппарата направляют вверх поворотной призмой) и на пластине отмечают карандашом или иглой пересечение нитей каждый раз при повороте зрительной трубы на 90° (4 положения), в результате чего получают на пластине 4 проекции точки, над которой установлен прибор;

- соединяют прямыми линиями противоположные проекции и на пересечении получают окончательное положение проекции нижней точки на пластине;

- закрепляют проекцию выносками, по которым она восстанавливается в необходимых случаях.

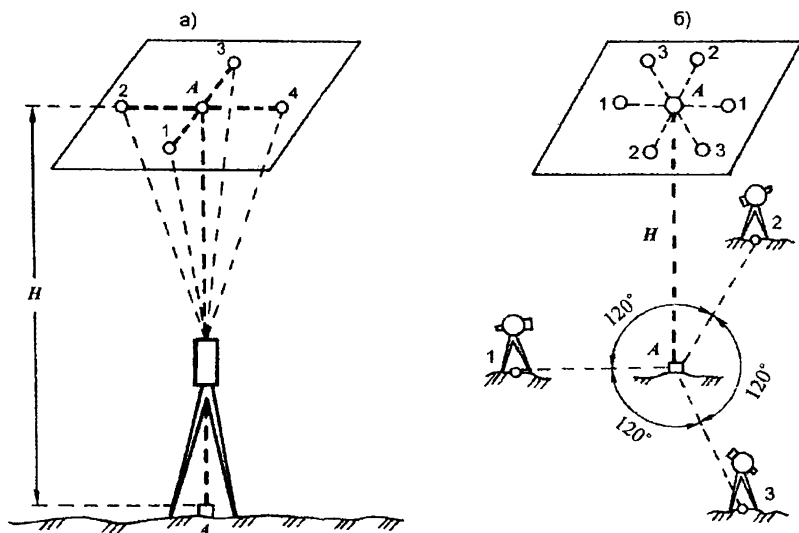


Рис. 3.8. Схема построения отвесной линии оптическими приборами:
а – прибором вертикального проектирования ПВП; б – теодолитом

Увеличение лота аппарата незначительно, поэтому с его помощью возможен вынос вертикальных линий не более 15-20 м с точностью 1-1,5 мм.

Точность выноса отвесных линий зенит-прибором составляет около 1 мм на высоту 100 м.

Отвесная линия может быть построена с помощью теодолита, который устанавливают обычно два или три раза (в зависимости от условий работы) вокруг данной точки через 90° или 120° на расстоянии, приблизительно равном высоте проектирования (рис. 3.8, б).

Построение отвесной линии теодолитом выполняется в такой последовательности:

- устанавливают теодолит на первой точке, приводят его в рабочее положение, наводят пересечением нитей на исходную точку и закрепляют алидаду горизонтального круга;

- открепляют зрительную трубу и поднимают ее вверх, где на горизонтальной плоскости отмечают (карандашом, гвоздем и т.п.)

пересечение нитей; изменяют незначительно угол наклона и получают вторую точку на пересечении нитей зрительной трубы;

- переводят зрительную трубу через зенит и повторяют аналогичные построения при другом положении вертикального круга, в результате чего получают еще две точки рядом с ранее построенными. Средние положения этих точек свободны от инструментальных погрешностей, и их соединяют прямой линией, на которой находится проекция нижней точки. Аналогичные построения выполняют на второй и третьей точках.

Точка пересечения трех линий (или средняя точка полученного треугольника) является *проекцией* нижней точки.

Каждая из трех точек, на которых выполняются построения, определяется на местности приблизительно (шагами или даже на глаз) с учетом удобства работ.

При проектировании точек пересечения осей на верхние этажи (монтажные горизонты зданий) используют продолжения осей, закрепленные за пределами зданий знаками (выносками) (рис. 3.9).

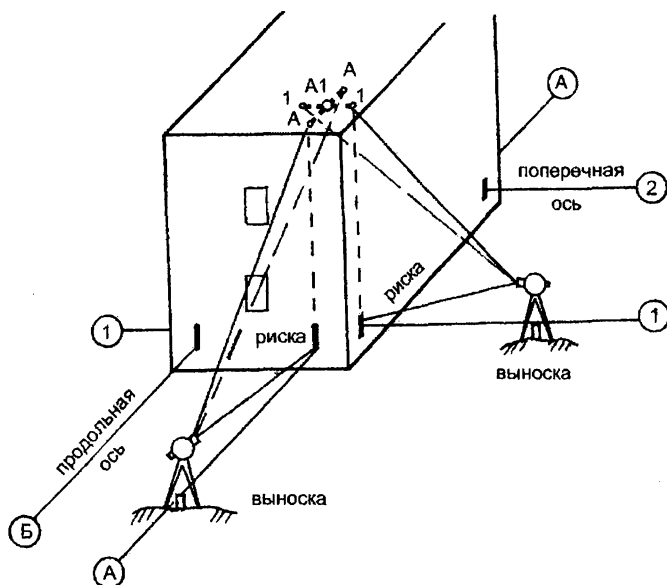


Рис. 3.9. Схема построения отвесных линий на зданиях

Теодолит тщательно *центрируют над выноской*, наводят зрительную трубу на вторую выноску (или на осевую риску) и, закрепив алидаду горизонтального круга, поднимают трубу (или опускают, если проектирование выполняется вниз) так, чтобы было видно основание тонкой

вехи на монтажном горизонте. Веху устанавливают в двух местах точно на пересечении нитей и отмечают их карандашом. Второй раз строят эти же точки при другом положении вертикального круга, отмечают средние положения точек и проводят через них прямую линию.

Переносят теодолит на перпендикулярную ось и поступают аналогично. В результате на монтажном горизонте получают две линии, пересечение которых дает вертикальную проекцию пересечения осей на монтажном горизонте.

Точность построения вертикальной линии теодолитом несколько ниже, чем зенит-прибором, и уменьшается с увеличением высоты проектирования. При этом особенно тщательно нужно устанавливать пузырек уровня горизонтального круга в нуль – пункт, так как ошибка за отклонение уровня не исключается даже в построениях точки при двух положениях вертикального круга.

В последнее время при построениях вертикальных линий применяют лучевые приборы (теодолиты, зенит-приборы), в которых вдоль визирной оси распространяется видимый красный луч света, что значительно облегчает труд и повышает качество работ.

3.5. ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТАХ

Геодезические построения проектных точек на местности выполняется с заданной точностью от пунктов с известными координатами и высотами, которые образуют опорную сеть строительной площадки.

На точность разбивочных работ оказывают влияние ряд погрешностей случайного и систематического характера, основными из которых являются следующие.

Погрешности исходных данных $m_{исх}$, т.е. ошибки в положении опорных пунктов, с которых выполняется разбивка. Учет этих погрешностей является довольно сложным, и в каждом конкретном случае определяют их приближенные значения.

Погрешность во взаимном положении смежных исходных пунктов, от которых выполняется разбивка, с некоторым приближением можно определить по точности опорного геодезического построения. Например, на 100 м для геодезической сети с относительной погрешностью: $1:25000 - m_{исх} \approx \approx 4$ мм; $1:10000 - m_{исх} \approx 10$ мм; $1:5000 - m_{исх} \approx 20$ мм; $1:2000 - m_{исх} \approx 50$ мм.

Погрешность фиксации m_f определяемой точки, т.е. погрешность обозначения полученной точки в натуре. Фиксацию точки на поверхности (земли, конструкции) с точностью порядка 1-2 мм обеспечивают заточенные карандаши, гвозди, шпильки. Фиксация точки с точностью порядка 0.5-1 мм над поверхностью обеспечивается визирной маркой на штативе. В этом случае погрешность фиксации точки на поверхности определяется способом ее проектирования вниз и составляет: оптическим отвесом 0.5-1 мм; нитяным

отвесом в закрытом помещении 2-3 мм, а на открытой местности при слабом ветре – 3-5 мм.

Совместная погрешность установки над пунктом угломерного прибора (центрирования) и визирных целей (редукции) $m_{ц,р}$ влияет не на точность построения угла, а на положение выносимой точки на местности, и ее действие аналогично влиянию погрешности исходных данных.

Оптические центриры и лотаппараты обеспечивают центрирование теодолитов и визирных марок с погрешностью порядка 0.5-1 мм, а способ *принудительного* центрирования, когда ось прибора или визирной цели и центр знака совмещаются непосредственно с помощью специального устройства (шара, винта и др.) – 0.1 мм.

Погрешность визирования m_s , т.е. погрешность введения визирной цели в биссектор, вычисляется по формуле

$$m_s'' = \frac{\delta''}{V}, \quad (3.20)$$

где δ'' - некоторый критический угол зрения, зависящий от условий наблюдений и типа визирной цели; V – увеличение зрительной трубы.

При использовании марок с контрастными визирными целями на незначительном удалении от теодолита угол δ составляет величину около 20". В неблагоприятных условиях наблюдений (слабая контрастность изображений, плохая освещенность) угол δ составляет 60" и более. В большинстве случаев погрешность визирования при разбивочных работах может быть вычислена по формуле

$$m_s'' = \frac{20''}{V}. \quad (3.21)$$

Ввиду того, что при построении точки приходится визировать дважды (вначале на марку ориентирного пункта, а потом на марку определяемой точки), то погрешность визирования будет в $\sqrt{2}$ раз больше, т.е.

$$m_s'' = \frac{20'' \cdot \sqrt{2}}{V}, \quad (3.22)$$

а в линейной мере (мм)

$$m_s = \frac{m_s'' D}{\rho''}, \quad (3.23)$$

где D – расстояние до визирной цели, мм.

На погрешность визирования влияют факторы случайного и систематического характера, и закон накопления этой ошибки довольно сложный.

Погрешности из-за внешних источников $m_{\text{ин}}$, наиболее существенной из которых является боковая рефракция (искривление визирного луча), возникающая вследствие неодинаковой плотности (температуры) воздуха вдоль линии визирования. В условиях строительной площадки температурные колебания (*градиенты*) могут принимать значения до 0.3° на 1 м, и боковое смещение выносимой точки может достигать значений от 5 до 30 мм (в зависимости от длины визирного луча).

В большинстве случаев влияние внешних источников ослабляют выбором времени наблюдений и соответствующей организацией работ, а при особо точных выносах определяют на пути визирного луча величины термических градиентов и вычисляют поправки за рефракцию в угловые измерения $m_{\text{напр}}$ (угл.с) и створные наблюдения $m_{\text{ств}}$ (мм) по формулам:

$$m_{\text{напр}}'' = \frac{10.6 P_{\text{cp}} D}{(273 + t_{\text{cp}})^2} \Delta t_{\text{cp}} ; \quad (3.24)$$

$$m_{\text{ств}} = \frac{0.05 P_{\text{cp}} (D - d)}{(273 + t_{\text{cp}})^2} \Delta t_{\text{cp}} , \quad (3.25)$$

где P_{cp} – среднее на визирном луче давление в мм рт.ст. (1 мм рт.ст. = = 133.322 Па); t_{cp} – средняя на визирном луче температура по Цельсию; D – общая длина направления (створа) в м; d – расстояние от прибора до точки в м; Δt_{cp} – средний на створе градиент температуры воздуха в направлении, перпендикулярном к створу, в градусах на 1 м.

Погрешность фокусирования $m_{\text{фок}}$ зрительной трубы, возникающая вследствие неправильного хода фокусирующей линзы, что вызывает смещение визирной оси при наведении на точки, расположенные на разных расстояниях от теодолита, и приводит к ошибкам в положении этих точек.

В современных теодолитах при их тщательной юстировке погрешность фокусирования приблизительно равна погрешности визирования, поэтому для ориентировочных расчетов можно принять $m_{\text{фок}}'' = m_{\text{в}}''$. Тогда общая погрешность визирования и фокусирования может быть вычислена по формуле

$$m_{\text{в, фок}}'' = \frac{\delta'' \sqrt{3}}{V} . \quad (3.26)$$

Инструментальные погрешности $m_{\text{и}}$, т.е. ошибки в показаниях теодолита, вызванные неправильным положением геометрических осей, неравномерностью делений на лимбе и алидаде. Значительная часть инструментальных погрешностей симметрична относительно оси вращения алидады горизонтального круга и устраняется (или ослабляется)

наблюдениями при двух положениях зрительной трубы: *КЛ* и *КП*. Неравномерность делений на лимбе и алиаде ослабляется наблюдениями одних и тех же точек на разных частях лимба, т.е. несколькими приемами.

Погрешность отсчитывания m_o зависит от типа отсчетного устройства и определяется его точностью (ценой деления) t . Погрешность отсчитывания *по лимбу теодолита* принимают равной погрешности измерения угла одним приемом (m_o в угловых секундах – это цифра после буквы *T* в шифре теодолита). Погрешность отсчитывания *по шкале мерного прибора* при отсчитывании на глаз определяется по формуле

$$m_o = 0.15t. \quad (3.27)$$

3.6. СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ТОЧКИ НА МЕСТНОСТИ

В зависимости от условий местности, типа и размеров сооружения, плотности и особенностей геодезической опорной сети, требуемой точности построений вынос проектных точек в натуру может быть выполнен способами угловых и линейных засечек, полярных и прямоугольных координат, створов и разбивки от местных предметов.

3.6.1. Способ угловой засечки

Способ угловой засечки заключается в том, что проектная точка *P* строится на местности отложением *проектных углов α и β* с конечных точек линии известной длины (*базиса*) (рис. 3.10).

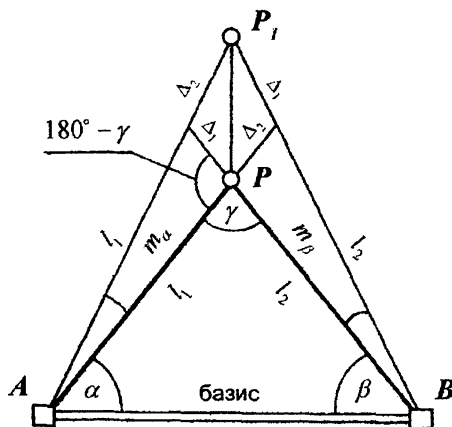


Рис. 3.10. Схема угловой засечки

Если углы α и β откладываются с погрешностями m_α и m_β , то вместо точки P будет построена точка P_1 , а отрезок PP_1 будет ошибкой построения способом угловой засечки, т.е. $PP_1 = m_{y.z.}$.

Погрешность в угле m_α вызовет смещение точки P на величину Δ_1 , которую можно определить из равностороннего треугольника со стороной l_1 , по теореме синусов

$$\frac{\Delta_1}{\sin m_\alpha} = \frac{l_1}{\sin(180^\circ - \gamma)},$$

откуда

$$\Delta_1 = \frac{\sin m_\alpha \cdot l_1}{\sin \gamma}. \quad (3.28)$$

Так как угол m_α очень мал, можно принять $\sin m_\alpha = m_\alpha$, а потом разделить m_α на ρ для перевода в радианы. Тогда

$$\Delta_1 = \frac{m_\alpha}{\rho \cdot \sin \gamma} \cdot l_1. \quad (3.29)$$

Аналогично определяется смещение Δ_2 точки P , вызванное погрешностью m_β угла β :

$$\Delta_2 = \frac{m_\beta}{\rho \cdot \sin \gamma} \cdot l_2. \quad (3.30)$$

Величина отрезка PP_1 определяется по теореме Пифагора из треугольника со сторонами Δ_1 и Δ_2 , который по малости Δ_1 и Δ_2 можно считать прямоугольным. Кроме того, $m_\alpha = m_\beta$, так как построение углов α и β выполняется, как правило, одним и тем же прибором. Поэтому в конечном итоге средняя квадратическая погрешность способа угловой засечки будет равна

$$m_{y.z.} = \frac{m_\beta}{\rho \cdot \sin \gamma} \cdot \sqrt{l_1^2 + l_2^2}. \quad (3.31)$$

Точность угловой засечки (согласно ее формуле) зависит от точности угловых измерений, от удаления определяемой точки до исходных пунктов, а также от формы треугольника, стороной которого является базис, т.е. от величины угла засечки γ при определяемой точке P .

Наивыгоднейший угол засечки зависит от способа оценки точности положения определяемого пункта.

При условии минимума абсолютной ошибки (она зависит не только от угла засечки γ , но и от расстояния l до определяемой точки) наивыгоднейший

угол засечки равен $109^{\circ}28'$. При условии минимума относительной ошибки (она зависит только от угла засечки γ) этот угол равен 90° . При условии минимума площади эллипса ошибок, внутри которого находится определяемый пункт с вероятностью 0,63, наивыгоднейший угол засечки равен 120° .

При разбивочных работах основное внимание уделяется соблюдению расчетных или установленных (заданных) абсолютных погрешностей, поэтому засечка при угле $\gamma = 109^{\circ}28'$ является наиболее предпочтительной.

На точность разбивки способом прямой угловой засечки оказывают влияние следующие погрешности: собственно способа $m_{y,z}$, исходных данных $m_{исх}$, центрирования и редукиции $m_{ц,р}$, фиксации точки $m_{ф}$, т.е. общая средняя квадратическая погрешность разбивки

$$m_p^2 = m_{y,z}^2 + m_{исх}^2 + m_{ц,р}^2 + m_{ф}^2. \quad (3.32)$$

Центрирование теодолита и визирных целей, а также фиксация выносимой точки может быть выполнена сравнительно точно (с погрешностью порядка 1 мм). Поэтому основными погрешностями, определяющими точность прямой угловой засечки, является погрешности способа $m_{y,z}$ и исходных данных $m_{исх}$.

Контроль построения точки угловой засечкой выполняется с третьего пункта.

Способ угловой засечки применяется при неблагоприятных условиях для линейных измерений.

3.6.2. Способ линейной засечки

Способ линейной засечки заключается в том, что проектная точка получается в пересечении двух проектных отрезков l_1 и l_2 (рис. 3.11), откладываемых от конечных точек базисной линии.

Способ применяется в том случае, когда расстояние от конечных точек базиса до определяемой точки короче, чем длина рабочего мерного прибора.

Формула точности линейной засечки $m_{л.з.}$ аналогична формуле точности угловой засечки, но вместо m_{β} в числителе находится средняя квадратическая погрешность m_l отложения длины (тогда и ρ в знаменателе не будет), т.е.

$$m_{л.з.} = \frac{m_l}{\sin \gamma} \cdot \sqrt{l_1^2 + l_2^2}. \quad (3.33)$$

Абсолютная и относительная погрешности линейной засечки будут минимальны, когда отрезки пересекаются под прямым углом, т.е. при $\gamma = 90^{\circ}$.

В случае применения мерных приборов ошибки центрирования и редукиции отсутствуют, поэтому *общая* ошибка положения разбиваемой точки выражается формулой

$$m_p^2 = m_{г.л.}^2 + m_{исх}^2 + m_{\phi}^2 . \quad (3.34)$$

Если строится *одна* проектная точка, то выполняется *контроль* построения с третьего известного пункта (с двух базисов).

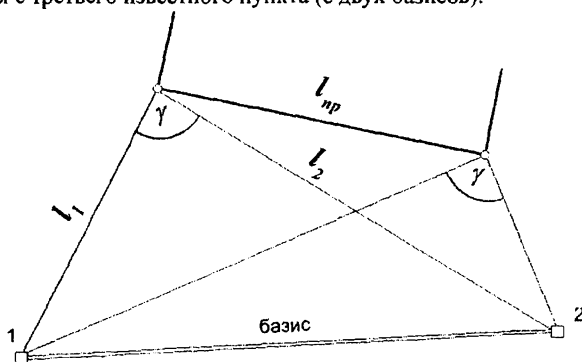


Рис. 3.11. Схема линейной засечки

Если строятся *две* проектные точки, т.е. проектный отрезок $l_{пр}$ (рис. 3.11), то *контроль* построения выполняется *промером* построенного отрезка и сравнением его длины с проектным размером $l_{пр}$.

3.6.3. Способ прямоугольных координат

Способ прямоугольных координат заключается в том, что проектная точка строится на местности посредством двух взаимно перпендикулярных отрезков, один из которых Δx расположен на исходной линии, а другой Δy перпендикулярен к ней – в конце отрезка (рис. 3.12, а).

Прямой угол в конце отрезка Δx строится теодолитом соответствующей точности с погрешностью m_{β} , которая вызывает линейное поперечное смещение конечной точки отрезка Δy , равное $m_{\Delta x}$ (рис. 3.12, а), причем очевидно

$$m_{\Delta x} = \frac{m_{\beta}}{\rho} \cdot \Delta y . \quad (3.35)$$

Отрезки Δx и Δy строятся с погрешностями $m_{\Delta x}$ и $m_{\Delta y}$. Тогда средняя квадратическая погрешность $m_{пр.к.}$ способа прямоугольных координат будет равна

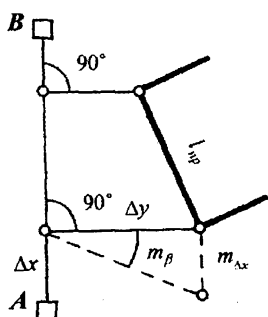
$$m_{пр.к.}^2 = m_{\Delta x}^2 + m_{\Delta y}^2 + \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \cdot \Delta y^2. \quad (3.36)$$

Общая средняя квадратическая погрешность в положении определяемой точки этим способом выражается формулой

$$m_p^2 = m_{пр.к.}^2 + m_{исх}^2 + m_{ц,р}^2 + m_{ф}^2. \quad (3.37)$$

Если погрешности центрирования, редукции и фиксации незначительны и не существенно влияют на общую погрешность, то их можно не учитывать.

а)



б)

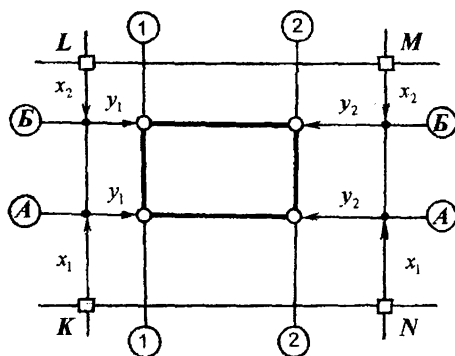


Рис. 3.12. Способ прямоугольных координат:

а – схема способа; б – схема разбивки сооружения по линиям строительной сетки

Способ прямоугольных координат целесообразно применять при небольших значениях Δx и Δy . Особенно эффективен способ при наличии строительной сетки (рис. 3.12, б). Разбивка в этом случае сводится к линейным промерам вдоль взаимно перпендикулярных исходных сторон.

Например, для разбивки сооружения прямоугольной формы, находящегося внутри прямоугольника $KLMN$ строительной сетки, на параллельных сторонах KL и MN откладывают отрезки x_1 и x_2 в сторону сооружения и получают направления продольных осей сооружения $A-A$ и $B-B$. Вдоль этих осей откладывают в сторону сооружения отрезки y_1 и y_2 и

находят угловые точки сооружения. Можно сначала на сторонах LM и KN отложить отрезки y_1 и y_2 , а потом на поперечных осях 1-1 и 2-2 отложить отрезки x_1 и x_2 .

Стороны строительной сетки в процессе разбивки обозначаются визирной осью теодолита, установленного над одним из ее пунктов, а при длинах сторон до 100 м удобно пользоваться натянутой между пунктами леской или капроновой нитью.

3.6.4. Способ полярных координат

Способ полярных координат заключается в том, что проектная точка K строится по дирекционному углу α_{AK} и длине d линии от исходного пункта A до определяемой точки (рис. 3.13).

На исходном пункте A устанавливают теодолит и ориентируют его на другой пункт B исходной линии отсчетом по горизонтальному кругу ($ГК$), равным дирекционному углу исходной линии α_{AB} . Потом вращением алидады устанавливают отсчет на горизонтальном круге, равный дирекционному углу α_{AK} линии от исходного пункта A до определяемого K , и в этом направлении откладывают горизонтальное проложение d этой линии.

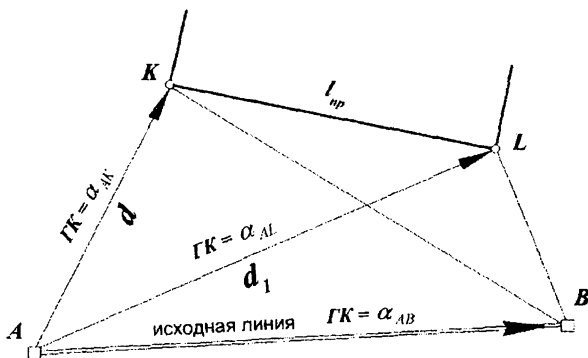


Рис. 3.13. Схема выноса сооружения способом полярных координат

Средняя квадратическая погрешность положения построенной точки K будет состоять из продольной погрешности m_d отложения отрезка и погрешности поперечного смещения m'_d , вызванной погрешностью m_α отложения дирекционного угла, которая в единицах длины будет равна

$$m'_d = \frac{m_\alpha}{\rho} \cdot d. \quad (3.38)$$

Тогда *средняя квадратическая погрешность способа полярных координат* будет равна

$$m_{п.к}^2 = m_d^2 + \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} \cdot d^2. \quad (3.39)$$

Общая средняя квадратическая погрешность разбивки m_p способом полярных координат вычисляется по формуле

$$m_p^2 = m_{п.к.}^2 + m_{мех}^2 + m_{и,р}^2 + m_\phi^2. \quad (3.40)$$

Контроль построения выполняется от другого исходного пункта, например *B* (рис. 3.13), по дирекционному углу и длине соответствующей линии.

При построении *двух точек* (например, углов сооружения) *контроль* выполняется измерением расстояния между ними и сравнением его с проектным отрезком $l_{пр}$.

Способ является наиболее распространенным и целесообразным, особенно на открытой местности, удобной для линейных измерений.

3.6.5. Способ створной засечки

Способ створной засечки заключается в том, что проектная точка строится на пересечении двух или более линий (створов), закрепленных исходными пунктами (рис. 3.14).

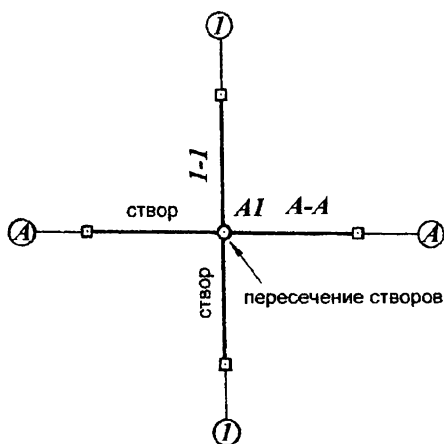


Рис. 3.14. Схема выноса точки способом створной засечки

Способ часто используется *при восстановлении* точек сооружения по пунктам, закрепляющим его оси.

Линии значительной длины задаются визирной осью теодолита, а короткие линии – капроновой нитью или леской, натянутой между исходными пунктами.

Точность положения точки $m_{с.з.}$ пересечения створов определяется точностью $m_{1с}$ и $m_{2с}$ построения каждого из створов, поэтому *средняя квадратическая погрешность* способа створной засечки вычисляется по формуле

$$m_{с.з.}^2 = m_{1с}^2 + m_{2с}^2. \quad (3.41)$$

Основными погрешностями при построении створов являются: центрирования и редукции $m_{ц.р}$, визирования m_v , фокусирования зрительной трубы $m_{фок}$, внешних условий $m_{вн}$. Поэтому средняя квадратическая погрешность построения створа равна

$$m_c^2 = m_{ц.р}^2 + m_v^2 + m_{фок}^2 + m_{вн}^2. \quad (3.42)$$

Общая средняя квадратическая погрешность разбивки m_p створной засечкой вычисляется по формуле

$$m_p^2 = m_{с.з.}^2 + m_{исх}^2 + m_{\phi}^2. \quad (3.43)$$

3.6.6. Способ бокового нивелирования

Способ бокового нивелирования заключается в том, что положение точек в вертикальной плоскости, проходящей через разбивочную ось AB , определяется *от параллельно смещенного створа* с помощью двух взаимно перпендикулярных отрезков, один из которых находится на смещенном створе, а другой – перпендикулярен к нему и равен величине смещения a створа (рис. 3.15).

Смещенный створ задается визирной осью теодолита, который устанавливается в начальной точке параллельно смещенной оси $A'B'$ и ориентируется по марке, установленной в конечной точке этой линии, а перпендикуляры к смещенному створу строятся рейкой длиной 1-2 м.

Конечные точки параллельно смещенной оси $A'B'$ находят построением перпендикуляров длиной a от конечных точек разбивочной оси AB .

Точность бокового нивелирования определяют следующие погрешности:

- разбивки параллельного створа $m_{ста}$;
- центрирования теодолита и визирной цели $m_{ц.р}$ на концах смещенной оси;
- установки рейки вдоль створа и перпендикулярно к нему m_y ;
- отсчета по рейке m_r .

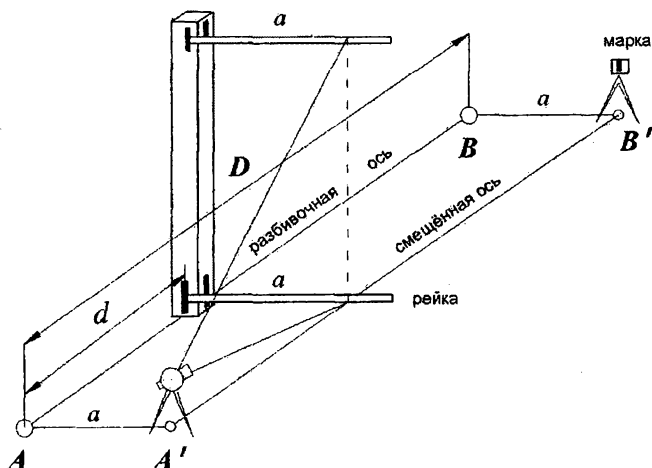


Рис. 3.15. Способ бокового нивелирования

Общая средняя квадратическая погрешность бокового нивелирования $m_{б.н.}$ вычисляется по формуле

$$m_{б.н.}^2 = m_{ств}^2 + m_{ц.р}^2 + m_y^2 + m_o^2. \quad (3.44)$$

Погрешность разбивки параллельного створа $m_{ств}$ аналогична погрешности полярного способа и вычисляется по формуле (3.39), но в $\sqrt{2}$ раз больше, так как параллельный створ находят выносом двух его конечных точек.

Погрешности центрирования и редукции $m_{ц.р}$ могут быть сведены к незначительным величинам применением оптических центриров, и в этих случаях их можно не учитывать.

Погрешность m_y установки рейки вдоль створа и перпендикулярно к нему аналогична погрешности способа прямоугольных координат и может быть вычислена по формуле (3.36), в которой погрешность отложения длины перпендикуляра $m_{дy}$ есть погрешность отсчета по рейке m_o , т.е. $m_{дy} = m_o$.

Погрешность отсчета по рейке m_o вычисляется по формуле

$$m_o = 0.03t + 0.2 \frac{d}{V}, \quad (3.45)$$

где t – цена деления шкалы рейки; d – расстояние от теодолита до рейки в м; V – увеличение зрительной трубы теодолита.

3.6.7. Способ разбивки от местных предметов

Этот способ заключается в том, что проектная точка строится от *существующих местных предметов* одним из указанных способов или их комбинацией. Разбивочные элементы для выноса определяются по плану *графически*, поэтому точка на местности определяется с *невысокой точностью*. Способ применяется в тех случаях, когда его точность достаточна для данного вида работ (предварительные разбивки, вертикальная планировка, земляные работы, вынос вспомогательных и временных сооружений и т.п.).

3.7. РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ ЗАДАННОЙ ТОЧНОСТИ РАЗБИВКИ

Надежность и долговечность сооружений в значительной степени зависит от точности расчетов при проектировании и учета реальных условий строительного-монтажного производства, а также от условий эксплуатационной работы несущих конструкций. При этом точность расчетов имеет большое значение и для дальнейшего совершенствования конструкций зданий и сооружений, создания новых рациональных систем и конструктивных решений, прогрессивных технологий, геодезических методов и средств автоматизации.

Точность разбивки сооружений зависит от многих факторов: типа и назначения сооружения, его места расположения (например, в городе требуется более высокая точность разбивки осей, чем на незастроенной территории) и размеров (с увеличением размеров возрастает и относительная точность разбивочных работ), материала (наиболее высокая точность требуется при монтаже металлических конструкций, средняя – при возведении сооружений из камня и бетона, наименьшая точность – при разбивке осей земляных сооружений), взаимного расположения его частей; порядка и способа производства строительных работ (например, при крупноблочном строительстве точность разбивочных работ должна соответствовать точности монтажа отдельных деталей сооружения), технологических особенностей эксплуатации и т.п.

Нормы точности на разбивочные работы в настоящее время задаются в проекте или нормативных документах: ГОСТах, СНиПах, ведомственных инструкциях.

В ГОСТ 21779-82 «Технологические допуски» и проектах строительный допуск Δ_c задан как допуск размера Δ (как разность между наибольшим и наименьшим значениями параметра), равный удвоенному значению предельной погрешности, или шестикратному значению средней квадратической погрешности m , т.е.

$$\Delta_c = \Delta = 6m. \quad (3.46)$$

Во всех главах СНиПов строительный допуск Δ_c задан как *предельно допустимое отклонение* δ (как разность между наибольшим или наименьшим и проектным значениями параметра), равное половине допуска размера, т.е.

$$\Delta_c = \delta = \frac{\Delta}{2} = 3m. \quad (3.47)$$

В СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве» указаны *средние квадратические погрешности* m по видам измерений: угловые, линейные, высотные.

Назначение допусков на технологические операции (изготовление конструкций, установку их в проектное положение, выполнение геодезических работ) должно быть обоснованным: назначение излишне жестких допусков на размеры строительных конструкций усложняет технологию производства и ведет к увеличению его трудоемкости и стоимости. С другой стороны, недостаточная точность изготовления строительных конструкций вызывает большое увеличение трудовых затрат на их подгонку при строительном-монтажных работах.

Несмотря на то, что основные допуски геодезических работ (разбивка осей в плане, передача точек и осей по вертикали, передача высотных отметок) определены в ГОСТ 21779-82 и СНиПах, на практике часто возникает необходимость расчета точности геодезических работ. В качестве исходных обычно используются данные ГОСТ 21779-82 и СНиПов.

Перед расчетом необходимо: установить по нормативным документам или другим путем необходимую для этого точность (строительный допуск Δ_c); выбрать наиболее целесообразный способ разбивки в условиях конкретного расположения определяемых точек, установить формулу общей погрешности данного способа разбивки; для наименее точно определяемой точки приравнять общую погрешность способа к $\frac{\delta}{6}$ или $\frac{1}{12}\Delta$ (в зависимости от того, какая из этих величин задана), т.е.

$$m_p = \frac{\delta}{6} = \frac{\Delta}{12} = \sqrt{m_r^2 + m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + \dots + m_n^2}, \quad (3.48)$$

где m_r – погрешность данного способа; $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ – другие составляющие общей погрешности.

При расчете точности геодезических работ часто применяют *принцип равного влияния* отдельных независимых погрешностей, принимая все погрешности, составляющие общую погрешность, равными друг другу, т.е.

$$m_r = m_1 = m_2 = m_3 = \dots = m_n. \quad (3.49)$$

Тогда величина каждой отдельной погрешности, в том числе и геодезических работ m_r , будет равна

$$m_i = m_r = \frac{\Delta}{12\sqrt{n}} = \frac{\delta}{6\sqrt{n}}. \quad (3.50)$$

Исходя из полученной величины составляющей погрешности, рассчитывают точность измерений, разрабатывают методику работ, подбирают инструменты.

Во всех возможных случаях применяют принцип ничтожно малого влияния отдельных погрешностей, когда вынос организуют таким образом (подбирают приборы, технологию и условия работ), чтобы величины некоторых погрешностей (центрирования, фиксации, визирования, внешних условий и т.п.) оказались при этом пренебрегаемо малыми, т.е. такими, которые можно не учитывать.

Обычно величина отдельной погрешности считается пренебрегаемо малой, если она не превышает половины общей погрешности разбивки m_p , или $1/12$ допустимого отклонения δ , или $1/24$ поля допуска Δ , т.е.

$$m_i \leq \frac{1}{2} m_p = \frac{\delta}{12} = \frac{\Delta}{24}. \quad (3.51)$$

Пример. Пусть требуется установить наиболее удаленную конструкцию, находящуюся на расстоянии 42 м от геодезического пункта, способом полярных координат с точностью 40 мм (по ГОСТ 21779-82) относительно пункта.

1. Общую погрешность способа полярных координат принимаем равной $\frac{1}{12}$ заданного в ГОСТе поля допуска, т.е. $m_p = \frac{40}{12} = 3,3 \text{ мм}$, или,

используя формулу способа, $\sqrt{m_{н.к.}^2 + m_{исх}^2 + m_{ч.р.}^2 + m_{\phi}^2} = 3,3 \text{ мм}$.

2. По принципу равного влияния принимаем $m_{н.к.} = m_{исх} = m_{ч.р.} = m_{\phi}$, тогда $2m_{н.к.} = 3,3 \text{ мм}$ и $m_{н.к.} = 1,6 \text{ мм}$.

3. Погрешность исходных данных принимаем равной нулю, т.е. $m_{исх} = 0$, т.к. на положение конструкции относительно геодезического пункта эта погрешность не влияет.

4. Погрешность центрирования теодолита и визирной цели порядка 1 мм обеспечивает оптический центрир, поэтому суммарная погрешность центрирования и редукции $m_{ч.р.}$ будет в $\sqrt{2}$ раз большей и равной $m_{ч.р.} = \sqrt{2} = 1,4 \text{ мм}$. Эта погрешность составляет менее половины общей погрешности $m_p = 3,3 \text{ мм}$, и ее по принципу ничтожно малого влияния можно не учитывать при использовании оптического отвеса.

5. Погрешность фиксации m_ϕ порядка 1 мм обеспечивается остро отточенным карандашом, допустимая величина этой ошибки составляет 1,6 мм. То есть использование остро отточенного карандаша обеспечивает с запасом точность фиксации выносимой точки. По принципу ничтожно малого влияния погрешность m_ϕ в этом случае также можно не учитывать.

6. Погрешность способа полярных координат $m_{н.к.}$ содержит две составляющие: продольную m_d , обусловленную погрешностью построения проектного расстояния d , и поперечную m'_d , обусловленную погрешностью построения проектного дирекционного угла α .

По принципу равного влияния примем эти погрешности равными друг другу, т.е. $m_d = m'_d$, тогда $m_{н.к.} = m_d \sqrt{2}$, откуда допустимая линейная величина продольной и поперечной погрешностей $m_d^{don} = \frac{m_{н.к.}}{\sqrt{2}} = \frac{1,6}{\sqrt{2}} = 1,1 \text{ мм}$.

Построение проектного отрезка $d = 42$ м с погрешностью порядка 1 мм обеспечивается 50-метровой рулеткой с миллиметровыми делениями с учетом поправок за наклон, компарирование, температуру и провес.

Поперечная погрешность $m'_d = \frac{m_\alpha}{\rho} \alpha$, откуда допустимая погрешность построения дирекционного угла

$$m_\alpha^{don} = \frac{m_d^{don} \rho}{d} = \frac{1,1 \cdot 206285''}{42000} = 5,4''.$$

Одно построение дирекционного угла с такой точностью обеспечивается теодолитом Т5. Однако при выносе каждой точки строятся два дирекционных угла: исходный (при ориентировании лимба теодолита) и проектный.

Поэтому фактическая погрешность m_α выноса дирекционного угла теодолитом Т5 будет в $\sqrt{2}$ раз больше его средней квадратической погрешности и равна $m_\alpha = 5'' \sqrt{2} = 7''$, что больше допустимой погрешности. То есть теодолитом Т5 заданная точность выноса не обеспечивается.

В этом случае необходимо использовать точный теодолит типа Т2 со средней квадратической погрешностью построения угла $2''$, которым построение проектного дирекционного угла выполнятся с погрешностью $2\sqrt{2} \approx 3''$, что с некоторым запасом обеспечивает заданную точность.

Таким образом, для выноса конструкции необходимо использовать: точный теодолит типа Т2 и визирную марку с оптическим отвесом, 50-метровую компарированную рулетку с миллиметровыми делениями и остро отточенный карандаш для фиксации выносимых точек.

ГЛАВА 4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В ПРОМЫШЛЕННОМ И ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

4.1. ПРОМЫШЛЕННЫЕ И ГРАЖДАНСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Все, что построено человеком для удовлетворения материальных и духовных потребностей общества называется *сооружениями*. Из множества сооружений выделяют группу сооружений, называемых *зданиями*.

Здание – надземное сооружение с внутренним пространством, которое предназначено для различных видов человеческой деятельности (жилые дома, магазины, заводские корпуса и т.п.).

Все сооружения, не относящиеся к зданиям (надземные, подземные, надводные, подводные), предназначенные для выполнения технических задач, принято называть *инженерными сооружениями* (дороги, мосты, плотины, метро и т.д.).

Структуру здания определяют его взаимосвязанные *конструктивные элементы*: фундаменты, стены, перекрытия, отдельные опоры (столбы, колонны), лестницы, перегородки, окна, двери, крыши, стропильные фермы.

Детали, из которых состоят конструктивные элементы, называются *строительными изделиями* (плиты, панели, площадки, лестничные марши и др.).

Фундамент – конструкция ниже уровня земли, воспринимающая и передающая на грунт (основание) нагрузки от здания. Верхняя часть фундамента, на которой располагаются надземные части здания, называется *обрезом*, а нижняя его плоскость, опирающаяся на основание, – *подошвой фундамента*. По конструктивной схеме различают следующие фундаменты (рис. 4.1):

ленточные, располагаемые сплошной лентой по всей длине стен и под рядами колонн;

столбчатые для отдельно стоящих опор, а иногда и для стен;

сплошные, представляющие собой сплошную плиту под всей площадью здания или его частью;

свайные, состоящие из отдельных свай (стержней, погружаемых в грунт), объединенных поверху плитой, называемой *ростверком*.

По способу изготовления фундаменты бывают *монолитные*, представляющий единый блок, и *сборные*, состоящие из отдельных блоков.

Стены – вертикальные ограждения помещений от влияния внешней среды и друг от друга.

Перекрытия – конструкции, разделяющие здание на этажи.

Отдельные опоры (столбы и колонны) поддерживают перекрытия и другие элементы здания и передают нагрузку от них на фундаменты.

Лестницы служат для сообщения между этажами.

Перегородки – внутренние стены.

Окна предназначены для естественного освещения и проветривания помещений.

Двери служат для сообщения между помещениями.

Крыша – верхнее ограждение здания от атмосферных осадков, ветра и солнечной радиации.

Стропильные фермы – конструкции, на которых размещается покрытие крыши.

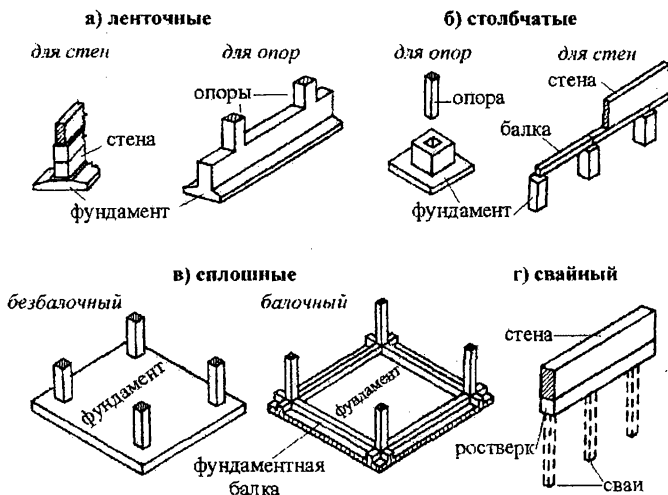


Рис. 4.1. Конструктивные схемы фундаментов

Конструкции подразделяются на *несущие*, которые воспринимают на себя нагрузку от вышележащих частей здания, снега, ветра и т.д., и *ограждающие*, которые предназначены только для ограждения внутренних частей здания от влияния метеоусловий.

Помещение, полы которого находятся на одном уровне, образуют *этаж*.

По этажности различают следующие здания: малоэтажные (до 3-х этажей); многоэтажные (4-9 этажей); повышенной этажности (10 и более этажей).

По конструктивной схеме различают следующие здания (рис. 4.2): *бескаркасные*, в которых несущими элементами являются стены; *каркасные*, в которых несущими элементами, образующими остов (каркас здания), являются *колонны* (вертикальные опоры) и горизонтальные связи между ними: *ригели* и *прогоны*. *Ригель* (нем. *rigel* – поперечина) –

балка, которая укладывается на консоли (франц. *console* – выступ) продольного ряда колонн. *Прогон* – балка, соединяющая колонны поперечного ряда;

комбинированные, в которых несущими элементами являются наружные стены и внутренние колонны с ригелями.

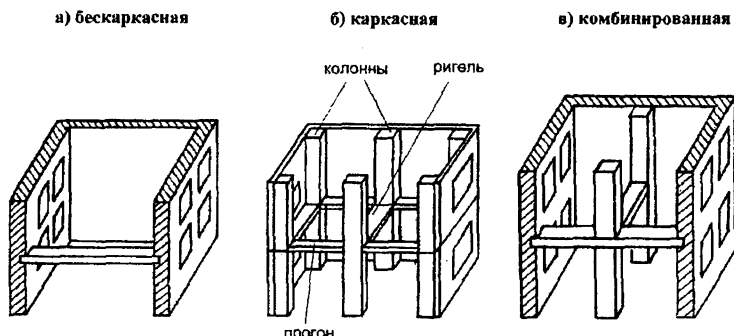


Рис. 4.2. Конструктивные схемы зданий

По методам выполнения строительных работ различают следующие здания:

кирпичные (блочные), возводимые из кирпичей и блоков;

крупнопанельные, возводимые из крупноразмерных плоских элементов (панелей) заводского изготовления;

объемно-блочные, возводимые из объемных блоков полной заводской готовности (комнаты, санузлы и т.п.);

монолитные, возводимые как единое сооружение с помощью *опалубки*, которая представляет собой временное сооружение в виде двух тонких стен по внешнему и внутреннему контуру здания, между которыми заливается бетон;

сборные, которые собираются из заранее изготавливаемых на заводе конструкций (колонн, ригелей, перекрытий и т.п.);

сборно-монолитные, отдельные конструкции которых (например, внешние стены) возводятся монолитными.

По конфигурации различают следующие здания:

односекционные (один подъезд);

удлиненные (свыше двух секций);

сложной конфигурации (круглые, со смещенными секциями, с разворотом и т.п.).

Одно из основных требований к положению сборных элементов многэтажных зданий заключается в том, чтобы *сборные несущие конструкции совпадали по вертикали на всех этажах*. Стыки этих элементов наиболее чувствительны к нагрузкам, что требует особой точности при их установке.

Другое важное требование состоит в том, чтобы была обеспечена **собираемость** здания. Монтаж должен выполняться так, чтобы все детали (или их большинство) устанавливались в проектное положение с необходимой точностью без предварительной подгонки или обработки.

Сборный метод строительства является наиболее распространенным при возведении различных зданий.

По назначению здания подразделяются на гражданские, промышленные и сельскохозяйственные.

К **гражданским** относятся здания, предназначенные для обслуживания бытовых и общественных потребностей людей. Гражданские здания разделяют на *жилые* (жилые дома, гостиницы, общежития) и *общественные* (административные, торговые, учебные, спортивные и т.д.).

Гражданское здание (рис. 4.3) состоит из следующих основных взаимосвязанных конструктивных элементов: фундаментов, стен, перекрытий, отдельных опор (колонн), лестниц, окон, дверей, перегородок, крыши.

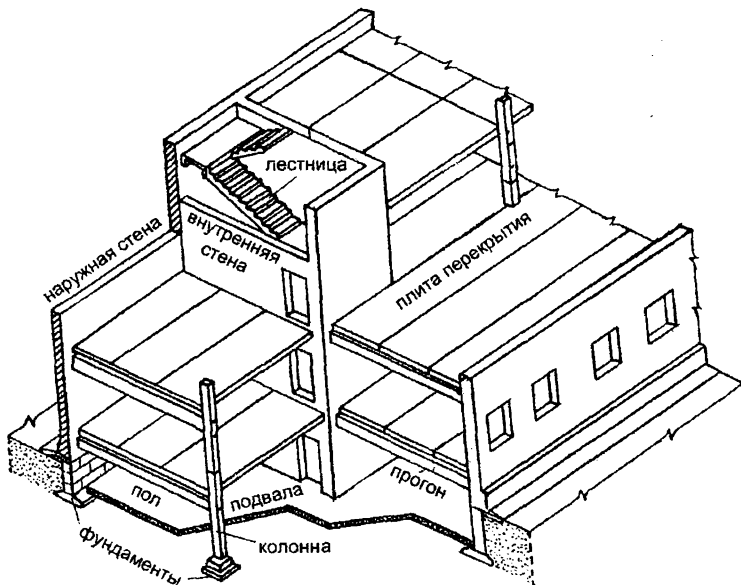


Рис. 4.3. Гражданское здание

К **промышленным** относятся здания, предназначенные для обслуживания нужд производства и транспорта (заводские и фабричные корпуса, электростанции, склады, депо и т.д.). Чаще всего они являются

каркасными и оборудованными подъемно-транспортными мостовыми кранами, которые перемещаются по рельсам, уложенным на *подкрановые балки*. Подкрановые балки опираются на *консоли колонн* и служат также продольными элементами каркаса здания. *Крановый путь* (рельсы) крепят к подкрановым балкам болтами, петлями и специальными крюками. На крайних рядах колонн укрепляют *стеновые панели*.

Промышленные здания бывают одноэтажные, многоэтажные, однопролетными и многопролетными.

Каркас одноэтажного промышленного здания (рис. 4.4) содержит следующие основные конструктивные элементы: фундаменты колонн, фундаментные балки, колонны, подкрановые балки, фермы стропильные и подстропильные.

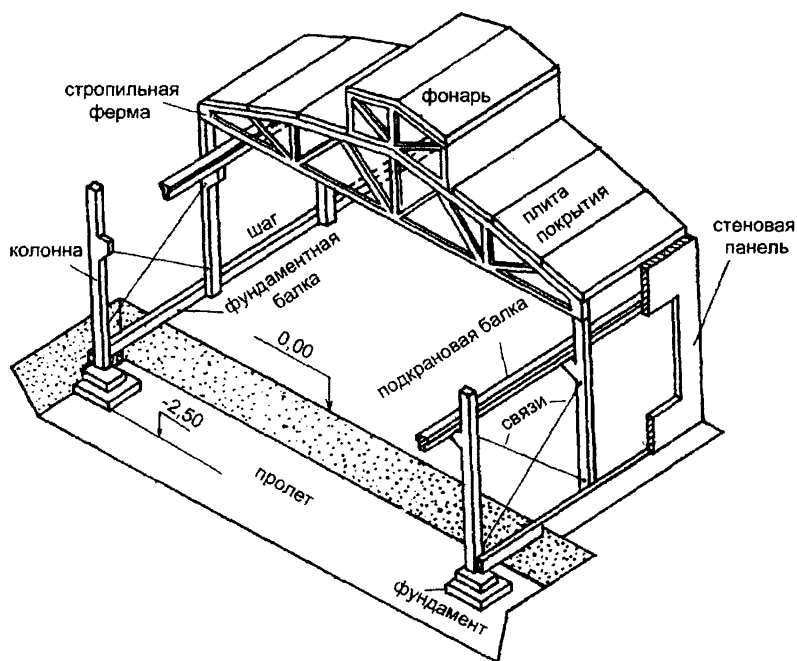


Рис. 4.4. Одноэтажное промышленное здание

Колонны размещают вдоль основных (разбивочных) осей здания – продольных и поперечных. Расстояние между *продольными* осями называется *пролетом*, между *поперечными* – *шагом колонн*.

Сельскохозяйственными называются здания, предназначенные для обслуживания потребностей сельского хозяйства (здания для содержания животных и птиц, теплицы, складские помещения и т.д.).

4.2. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДКАХ

Решение многообразных задач строительного производства на всех его этапах (изыскания, проектирование, строительного-монтажные работы) возможно при соответствующем их геодезическом обеспечении, основой которого являются *геодезические сети* (планоовые и высотные).

Геодезические сети в строительном производстве подразделяются на два вида: *сети геодезического обоснования* топографической съемки строительной площадки и *геодезические строительные сети*.

4.2.1. Сети геодезического обоснования

Сети геодезического обоснования создаются на стадии инженерно-геодезических изысканий, в результате которых получают топографический план будущей строительной площадки, используемый для проектирования инженерных сооружений. Точность плановых и высотных сетей определяется размером площадки и регламентируется СП 11-104-97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства» и СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве» (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Точность сетей геодезического обоснования

Площадь участка, км ²	Опорные сети		Класс нивелирных сетей
	класс	разряд	
От 25 до 50	4	1, 2	III, IV
От 10 до 25	4	1, 2	IV
От 5 до 10	-	1, 2	IV
От 1 до 5	-	2	IV
До 1	Теодолитные ходы или триангуляция (взамен теодолитных ходов)		техническое нивелирование

На участках до 1 км² геодезическое обоснование создается в виде теодолитных ходов и ходов технического нивелирования с закреплением не менее 20% пунктов постоянными знаками.

Сети геодезического обоснования используются также для предварительной разбивки запроектированных сооружений.

4.2.2. Геодезические строительные сети

Геодезические строительные сети создаются для выноса проектов на местность, для обеспечения строительного-монтажных работ и контроля за

возведением сооружений (так называемые **разбивочные сети**), а также для наблюдений за положением сооружений в период их строительства и эксплуатации.

Плановые разбивочные сети на строительных объектах создают в виде специальных сетей. Наиболее распространенными видами этих сетей являются *строительная сетка* (для основных разбивочных работ) и *сети для строительства уникальных сооружений*.

Строительная сетка, стороны которой параллельны линиям застройки, позволяет без предварительных вычислений простыми способами выполнять разбивку главных и основных осей сооружений. Требования к длине сторон и точность строительной сетки приведены в табл. 2.3 и 2.4.

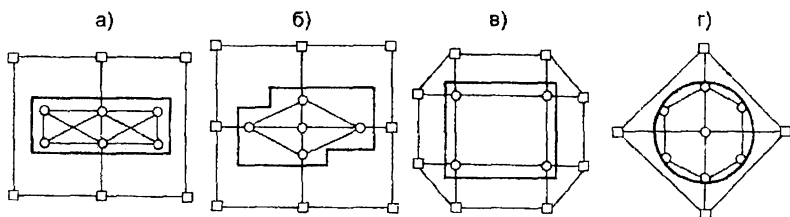


Рис. 4.5. Внешние и внутренние сети зданий:
а - прямоугольной формы; б - со смещёнными секциями;
в - квадратной формы; г - круглой формы

Для строительства уникальных сооружений, где требуется высокая точность детальных разбивочных работ, строят *отдельные (локальные) разбивочные сети* для каждого здания: *внешние* и *внутренние* (рис. 4.5).

Несмотря на разнообразие уникальных сооружений, принципы построения локальных разбивочных сетей являются общими:

- плановые сети создаются в виде *правильных фигур*, повторяющих общую конфигурацию сооружения: прямоугольников, квадратов, ромбов и т.п., совокупности треугольников с общей вершиной (*центральных систем*), радиально-кольцевых систем и т.д.;

- стороны фигур *параллельны* проектным осям сооружения;

- локальные сети являются *свободными*, т.е. представляют собой замкнутый контур, в котором исходным является только один из пунктов и одно из направлений от этого пункта на наиболее удаленный пункт (обычно закрепляющий продольную ось);

- точность разбивочных сетей *повышается* при переходе к более плотным и мелким построениям, т.е. по принципу «от общего к частному» в отличие от принципа построения других геодезических сетей.

Размер, форму и точность сети выбирают в зависимости от особенностей сооружений и требований к точности монтажа в соответствии с табл. 3.2.

Внешняя разбивочная сеть строится за пределами контура здания и предназначена для *детальной разбивки осей в нулевом цикле*, т.е. в котловане или на конструкциях подземной части сооружения, а также для *передачи осей по вертикали* методом наклонного проектирования. Кроме того, внешняя разбивочная сеть предназначена для определения фактического положения построенных частей и конструкций сооружения (т.е. для *исполнительных съемок*). Пункты внешней разбивочной сети *закрепляются за пределами земляных работ* надежными знаками, в местах, где обеспечивается их сохранность до конца строительных работ.

После завершения строительства подземной части сооружения создается **внутренняя сеть** на основе его внешней сети.

Плоскость, на которой первый раз построена внутренняя сеть, называется **исходным горизонтом**. Это может быть пол подвала (шахты) или пол первого этажа (перекрытие между подземной частью и первым этажом).

Пункты внутренней разбивочной сети намечают по плану первого этажа (или подвала) с учетом их сохранности и возможности передачи на другие этажи (монтажные горизонты). **Закрепление пунктов** выполняется на конструкциях здания специальными знаками, насечками и кернами на металлических пластинах, дюбелями и т.п. с обязательной надписью несмываемой краской.

На **монтажные горизонты**, т.е. на первый, второй, третий и т.д. этажи, пункты разбивочной сети переносят с исходного горизонта *по отвесным линиям*. Проектирование должно быть таким, чтобы сохранилась единая ориентировка сетей на всех этажах и одноименные пункты находились на одной и той же отвесной линии. При сдвигах и разворотах затрудняются монтажные работы; кроме того, в конструкциях возникают односторонне направленные силы, что значительно снижает прочность сооружения. Особенно опасны такие смещения при строительстве высотных зданий.

Точность сети на исходном горизонте должна быть на класс выше, чем по характеристике строящегося здания (табл. 3.2), чтобы обеспечить точность разбивочных сетей на других монтажных горизонтах.

Проектирование пунктов на монтажные горизонты может быть выполнено с помощью приборов: для зданий до пяти этажей **теодолитом** с пунктов **внешней сети**, а для зданий большей высоты специальными приборами **вертикального проектирования** с пунктов **внутренней сети**. Требования к точности вертикального проектирования исходных пунктов на монтажные горизонты приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Точность вертикального проектирования

Высоты проектирования, м	15 (до 5 этаж.)	15 – 60 (5–15 этаж.)	60 – 100 (выше 15 этаж.)	Выше 100
Ср. кв. погрешность вертикального проектирования, мм	2	2,5	3	4
Тип прибора	T30	T5, T2	PZL, ЦО-1, «Зенит ОЦП», ПОВП	

Положение полученных проектированием пунктов *контролируется* измерением углов и линий в полученной сети, значения которых сравниваются с исходными.

Строительные допуски Δ_{np} вертикального проектирования по классам точности даны в табл. 3.1.

Для строительства подземных инженерных сетей разбивочная сеть создается в виде теодолитного хода вдоль трассы.

Высотная разбивочная сеть строительной площадки создается проложением отдельных нивелирных ходов, опирающихся на пункты высотной сети геодезического обоснования или государственные реперы. Пункты разбивочной высотной сети *закрепляют* в непосредственной близости от возводимых сооружений и часто *совмещают* с плановыми пунктами внешней разбивочной сети сооружения, в результате чего образуется *сеть строительных реперов*. Превышения в разбивочной сети определяют нивелированием IV класса.

Число реперов и их расположение на объекте должно обеспечивать передачу отметок на сооружения с одной установки нивелира.

При наличии строительной сетки разбивочной высотной сетью являются ее плановые пункты, по которым прокладываются ходы геометрического нивелирования соответствующей точности (обычно III или IV класса).

Пункты внутренней высотной сети (реперы и марки) закрепляются в конструкциях исходного горизонта (фундамента или первого этажа). *Число пунктов* исходной высотной сети должно быть *не менее трех*. Передачу отметок на пункты внутренней высотной сети исходного горизонта выполняют от реперов внешней высотной сети. Отметки пунктов высотной сети исходного горизонта вычисляют *в двух системах*: государственной и в условной системе здания (от строительного нуля, которым принимается уровень пола первого этажа данного здания).

Точность построения внутренней высотной сети должна быть такой же, как и при построении внешней высотной сети.

Высотная разбивочная сеть каждого монтажного горизонта должна иметь *не менее двух реперов*, отметки которых определяют нивелирным ходом, как минимум, от двух реперов исходного горизонта. Нивелирные ходы на более высокие этажи прокладывают по лестничным маршам, а в котлованы – по пологим съездам для транспорта (пандусам).

На монтажные горизонты значительной высоты и на дно глубоких котлованов целесообразно передавать отметки от исходного горизонта с помощью вертикально подвешенной рулетки с миллиметровыми делениями, двух нивелиров, установленных на соответствующих горизонтах, и двух реек, одна из которых устанавливается на репере исходного горизонта, а другая на определяемом репере (рис. 3.5).

Средние квадратические погрешности $m_{M.G.}$ передачи отметок зависят от высоты монтажного горизонта над исходным и даны по классам точности в табл. 3.2.

4.3. СОЗДАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ РАЗБИВОЧНОЙ ОСНОВЫ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

В промышленном и гражданском строительстве *общей разбивочной основой строительной площадки* является строительная сетка.

Строительная сетка может быть создана различными методами и способами: полигонометрией, триангуляцией, трилатерацией, засечками, четырехугольниками без диагоналей. Независимо от метода определение координат пунктов строительной сетки выполняется в такой последовательности:

1. Составление проекта;
2. Расчет разбивочных элементов для выноса исходного направления;
3. Предварительная разбивка сетки на местности и закрепление ее временными пунктами;
4. Измерение углов и линий с соответствующей точностью;
5. Вычисление предварительных координат временных пунктов строительной сетки;
6. Закрепление строительной сетки постоянными знаками и построение их проектных центров с координатами, кратными сторонам фигур (*редуцирование пунктов сетки на проектное положение*);
7. Контрольные измерения углов и линий строительной сетки.

Исходным направлением строительной сетки, запроектированной на генеральном плане, является одна из ее сторон (или часть стороны), расположенная наиболее удобно (для измерений) относительно исходных геодезических пунктов в районе строительства, в системе которых составлен генеральный план (рис. 4.6).

На исходной стороне выбирают две точки (например, *A* и *B* на рис. 4.6) и *графически* определяют их координаты. По координатам этих точек и координатам геодезических пунктов (например, 1 и 2 на рис. 4.6) вычисляют решением обратных геодезических задач *разбивочные элементы* для выбранных точек: дирекционные углы α и горизонтальные проложения *d* линий от геодезических пунктов до определяемых точек.

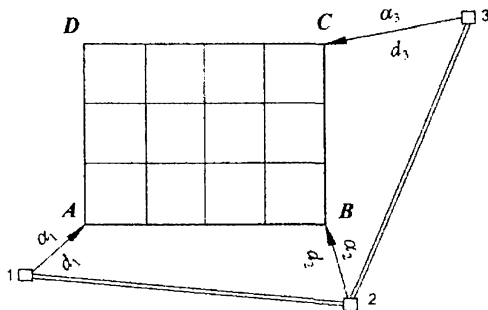


Рис. 4.6. Вынос исходного направления строительной сетки

Для контроля целесообразно вычислить разбивочные элементы для третьей точки (например, C на рис. 4.6), расположенной на перпендикуляре к исходной линии.

По вычисленным разбивочным элементам выносят *три точки*, закрепляют их на местности временными знаками (металлическими штырями, деревянными кольями и т.п.) и измеряют полученный угол, отклонение которого от 90° является показателем качества выноса исходного направления.

Так как координаты точек определялись графически (с точностью порядка $0,2 - 0,3$ мм плана), то измеренный угол не будет прямым, но его отклонение от 90° не должно быть более $5'$ (длина исходной стороны должна быть не короче 100 м). Полученное отклонение устраняют перемещением конечных точек сторон угла (A и C на рис. 4.6) в соответствующую сторону на *половину углового отклонения*: внутрь, если измеренный угол больше 90° , и наружу – в противном случае. Для перемещения рассчитывают линейную величину поперечного смещения, пропорциональную длине стороны угла, исходя из того, что одна угловая минута ($1'$) вызывает поперечное смещение точки, равное $2,9$ см на каждые 100 м длины.

Пример. Измеренный угол ABC оказался равен $89^\circ 56'$ (рис. 4.6), т.е. угловое отклонение составляет $4'$ (половина отклонения равна $2'$).

Длина стороны AB равна 400 м, длина стороны AC равна 300 м. Тогда точки A и C необходимо раздвинуть: точку A на $\frac{400\text{ м}}{100\text{ м}} \cdot 2,9 \cdot 2 = 23,2\text{ см}$;

точку C на $\frac{300\text{ м}}{100\text{ м}} \cdot 2,9 \cdot 2 = 17,4\text{ см}$.

Исправленный угол измеряют и при необходимости снова перемещают конечные его точки в нужную сторону.

Можно выбрать *три точки на одной линии* и после их построения на местности измерить угол на средней точке. Отклонение этого угла от 180° устраняют перемещением конечных точек его линий аналогично.

От вынесенного исходного направления (или от двух исправленных взаимно перпендикулярных направлений) выполняют разбивку остальных пунктов строительной сетки одним из способов: полигонометрии, осевым, редуцирования.

Способ полигонометрии заключается в том, что вдоль линий строительной сетки прокладывают полигонометрические ходы соответствующей точности, образующие замкнутые полигоны. Пункты ходов закрепляют *временными знаками*, и они должны находиться от предполагаемых пунктов строительной сетки не дальше, чем длина рулетки. Координаты пунктов полигонометрических ходов вычисляют *в частной системе координат A, B* , в которой вычислены проектные координаты пунктов строительной сетки (при составлении ее проекта). По координатам пунктов полигонометрических ходов и проектным координатам пунктов строительной сетки вычисляют *разбивочные элементы* для каждого ее пункта. *Пункты строительной сетки* выносят от пунктов полигонометрических ходов с помощью теодолита и рулетки и закрепляют

их *временными знаками*, а также четырьмя выносками с четко обозначенными центрами (по две выноски в двух взаимно перпендикулярных направлениях на расстоянии 1-3 м), рис. 4.7. Вынос *контролируют* промерами между пунктами.

После этого на месте временного пункта устанавливают *постоянный знак* (штырь или трубу на бетоне с якорем ниже глубины промерзания грунта). Центр на постоянном знаке обозначают отверстием или крестообразной насечкой на пересечении нитей, протянутых через противоположные выноски.

Способ полигонометрии применяется в закрытой или пересеченной местности, где проложение полигонометрических ходов вдоль линий строительной сетки является менее трудоемким, чем разбивка пунктов сетки по взаимно перпендикулярным ее сторонам.

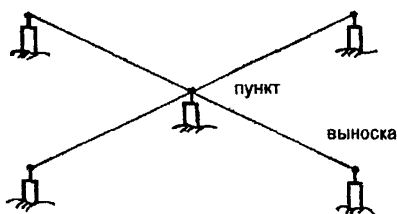


Рис. 4.7. Схема закрепления временных пунктов строительной сетки выносками

Осевой способ заключается в том, что сначала от исходного направления выносят *четыре угловых пункта* строительной сетки (*A, B, C, D* на

рис. 4.6), добиваясь, чтобы углы на них были равны 90° , а расстояния между ними – проектным с принятой точностью. Потом на внешних сторонах прямоугольника с помощью рулетки и теодолита откладывают расстояния, равные длинам сторон сетки, и закрепляют их временными знаками с выносками (рис. 4.7). По линиям между противоположными знаками разбивают и закрепляют временными знаками с выносками внутренние пункты строительной сетки. После этого временные знаки заменяют постоянными и по выноскам намечают на них центры. Через эти центры прокладывают полигонометрические ходы и вычисляют окончательные координаты пунктов строительной сетки.

Если размеры строительной сетки незначительны и разбивка ее пунктов выполнялась с достаточной точностью, то окончательные координаты ее пунктов будут отличаться от проектных незначительно. Однако таким отличием не всегда можно пренебречь. Поэтому осевой способ применяется там, где высокая точность разбивочных работ не требуется и отклонениями координат пунктов строительной сетки от проектных значений в пределах 3 – 5 см можно пренебречь.

Способ редуцирования заключается в том, что сначала одним из способов (чаще всего осевым) разбивают пункты строительной сетки с

точностью порядка 1 : 5 000 и закрепляют их постоянными знаками, верхней частью которых является *квадратная пластина* размером 20х20 см.

На пластины переносят по выноскам *предварительные центры* пунктов и легко обозначают их крестообразными штрихами (если знак заложен точно на месте временного пункта, то его центром будет пересечение диагоналей пластины). По этим центрам прокладывают полигонометрические ходы необходимой точности и вычисляют *предварительные координаты* пунктов строительной сетки, которые будут отличаться от проектных не более, чем на несколько сантиметров. Эти отличия (разности проектных и предварительных координат) называются *редукциями* r_A и r_B . Они представляют собой отрезки, параллельные осям A и B , т.е. сторонам сетки, на которые необходимо сместить (*редуцировать*) предварительные центры, чтобы получить центр с проектными (круглыми) координатами. Если координаты предварительного центра *меньше* проектных, то его следует переместить вдоль линий сетки *вперед и вправо* на величину редуций r_A и r_B , и наоборот.

Пример. Координаты предварительного центра равны: $A = 500,117$; $B = 199,914$. Тогда редуции для этого центра будут такими: $r_A = -117$ мм; $r_B = +86$ мм. Предварительный центр необходимо сместить по оси A назад на 117 мм и вправо на 86 мм.

Полученные центры с проектными координатами обозначают на пластине отверстиями диаметром 2 мм.

После выноса редуций выполняют *контрольные измерения* (рис. 4.8): *линейные выборочно* в нескольких местах (обычно в наиболее слабых); *угловые в шахматном порядке* (через пункт) одним приёмом с таким расчетом, чтобы при этом были использованы все стороны сетки.

Если контрольные и проектные величины (длины линий и углы) различаются в пределах заданной точности, то координаты пунктов строительной сетки принимаются равными проектным, а углы между сторонами – прямыми.

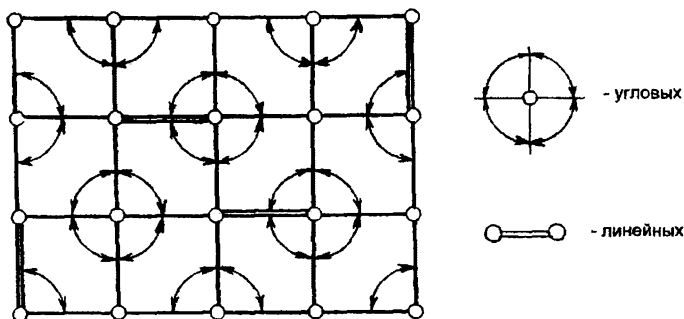


Рис. 4.8. Схема контрольных измерений после выноса редуций

Высотная разбивочная основа строительной площадки создается положением ходов нивелирования соответствующей точности (обычно III и IV классов) по пунктам строительной сетки с их привязкой не менее, чем к двум реперам исходного геодезического обоснования или государственной геодезической сети.

4.4. ОСНОВНЫЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ

Геометрической основой инженерного сооружения являются *разбивочные оси и монтажные горизонты*, относительно которых даются в проекте размеры его частей и отдельных конструкций. При строительстве *промышленных и гражданских сооружений* исходными осями являются оси внешних стен, т.е. основные (габаритные) оси. При строительстве *линейных сооружений* (дорог, трубопроводов и т.п.) такими осями являются продольные оси, т.е. главные оси, или трасса, а при строительстве *отдельных или специальных сооружений* (башен, труб и т.п.) – оси симметрии (тоже главные оси).

Исходные (главные и основные) оси выносят в натуру *от пунктов геодезической основы*, а для выноса монтажных горизонтов создают *высотную основу (сеть)* соответствующей точности.

Отметки монтажных горизонтов в проектах задаются от условной плоскости – уровня чистого пола первого этажа (*строительного нуля*): со знаком плюс вверх и со знаком минус вниз. Для каждого сооружения строительный нуль имеет определенную абсолютную отметку.

На промышленных площадках и на крупных объектах гражданского строительства разбивку исходных осей выполняют от пунктов *строительной сетки способом прямоугольных координат*. Для этого определяют разность абсцисс Δx и ординат Δy выносимых точек *основного контура* сооружения и ближайших пунктов строительной сетки. Вычисленные отрезки Δx и Δy строят на сторонах сетки.

Пример. На рис. 4.9 разность координат для точки А1:

$$\Delta x = 692,00 - 600,00 = 92,00 \text{ м}; \quad \Delta y = 476,00 - 400,00 = 76,00 \text{ м}.$$

Установив теодолит над пунктом № 3, наводят пересечение нитей зрительной трубы на пункт № 8 и вдоль визирной оси откладывают отрезок 76,00 м. Потом переносят теодолит в найденную точку, строят прямой угол и вдоль полученного направления откладывают отрезок 92,00 м, конечная точка которого является искомой точкой А1.

Аналогично находят на местности другие точки контура сооружения от пунктов № 4, № 7 и № 8. Для контроля разбивки измеряют стороны контура сооружения, а при возможности и его диагонали, и сравнивают полученные результаты с проектными значениями.

В тех случаях, когда размеры сторон сетки значительны и измерения линий механическими приборами затруднены, целесообразно использование для разбивок оптических и электронных дальномеров соответствующей

точности. В этих случаях рейку или отражатель устанавливают по теодолиту на линии строительной сетки *приблизительно* на вычисленное расстояние от пункта и измеряют расстояние. Разность между измеренным и вычисленным расстоянием откладывают *рулеткой* вдоль линии строительной сетки вперед или назад и закрепляют найденную точку. Потом устанавливают рейку (отражатель) на закрепленную точку и выполняют *контрольное измерение* построенной линии.

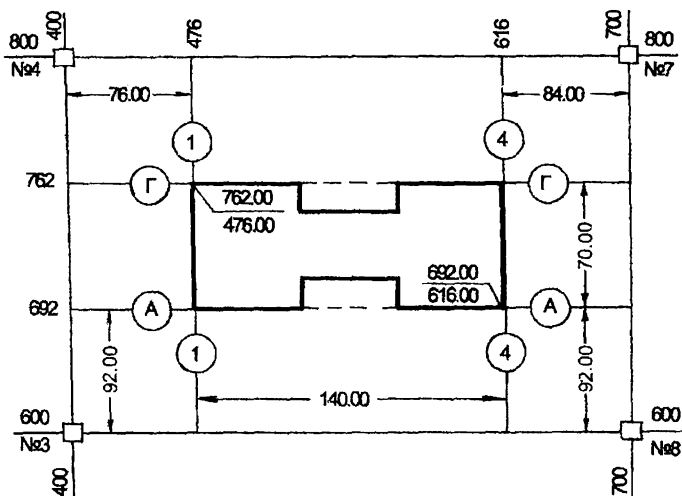


Рис. 4.9. Схема разбивки исходных осей способом прямоугольных координат

Контроль разбивки выполняют также измерением внутренних углов контура сооружения. Отклонения измеренных углов от 90° , а также разность фактических и проектных расстояний не должны превышать значений, приведенных в табл. 3.2. При больших отклонениях разбивку повторяют.

Если длины линий строительной сетки незначительны, то их целесообразно обозначить натянутой между пунктами капроновой нитью и построения отрезков выполнять без теодолита.

В случаях недостаточной плотности пунктов строительной сетки и при неблагоприятных условиях измерений вдоль ее сторон, а также на строительных площадках, где строительная сетка не создавалась, разбивка исходных осей выполняется *полярным способом*. Для этого по приращениям координат Δx и Δy вычисляют дирекционные углы и длины линий от геодезических пунктов до определяемых точек (табл. 2.2). Потом устанавливают теодолит над геодезическим пунктом и *ориентируют лимб горизонтального круга* вдоль исходной линии (на другой исходный

геодезический пункт) *отсчетом, равным ее дирекционному углу*. Отложив на лимбе *вычисленный дирекционный угол линии* и вдоль визирной оси ее *длину*, находят положение определяемой точки.

Контроль и точность разбивки исходных осей сооружения, выполненной полярным способом, *аналогичны* указанным в способе прямоугольных координат.

Точность разбивок обоими способами приблизительно одинакова. Тот или другой способ применяется в зависимости от наличия геодезических пунктов и конкретных условий измерений.

4.5. ЗАКРЕПЛЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОСЕЙ

Основные разбивочные работы завершаются *закреплением осей* специальными постоянными знаками, расположенными на продолжении осей за пределами земляных работ (*выносками*), в таких местах, где обеспечивается их наилучшая сохранность (рис. 4.10).

Главные оси закрепляют *четырьмя знаками* – по два знака с каждой стороны сооружения (рис. 4.10, б).

Основные и промежуточные оси закрепляются *двумя знаками* – по одному с каждой стороны сооружения (рис. 4.10, а, б).

В качестве *постоянных знаков* применяют специальные железобетонные конструкции, обрезки рельсов, труб, арматуры и т.п. Их устанавливают в грунт ниже глубины промерзания и бетонируют.

Для *временного закрепления* используют деревянные колья, металлические штыри и обрезки труб.

В сочетании с грунтовыми знаками применяют *цветные откраски* продолжения осей на постоянных зданиях и сооружениях (рис. 4.10, а).

Линейные сооружения на закруглениях следует закреплять в их главных точках: начале (*НК*), середине (*СК*), конце (*КК*). Вершины углов закрепляются с *внешней стороны закругления* несколькими способами в зависимости от условий на повороте: по два знака на продолжении осей; два знака по биссектрисе или по любому другому направлению (рис. 4.10, в).

Осевые знаки располагают обычно на расстоянии 15 – 30 м от контура сооружения вне зоны земляных работ (на газонах, обочинах дорог, вдоль заборов и т.п.). Наименьшее расстояние допускается 3 м, наибольшее $-\frac{1}{2}$ высоты здания, но не более 50 м.

На период строительства *подземной части* сооружения для закрепления осей и удобства разбивок создают *обноску* – временное ограждение вокруг здания на расстоянии 3 – 5 м от его внешнего контура.

На обноску переносят от створных знаков *главные и основные оси* с помощью *теодолита*, а затем от них *линейными промерами* – *вспомогательные оси*. Оси на обноске закрепляют гвоздями, а также штырями под ними и подписывают краской.

Обноска бывает *сплошной, разреженной, створной*. Сплошная обноска представляет собой доску на столбах с горизонтальным верхним ребром, которая окаймляет все здание (при строительстве монолитных фундаментов, при сложной конфигурации здания) (рис. 4.10, а). Разреженную и створную обnosки устанавливают отдельными частями (секциями) только на продолжении осей (при строительстве сборных, свайных и столбчатых фундаментов) (рис. 4.10, б). В настоящее время применяют, в основном, створную обноску, так как она значительно дешевле сплошной и не затрудняет движение строительных машин и механизмов.

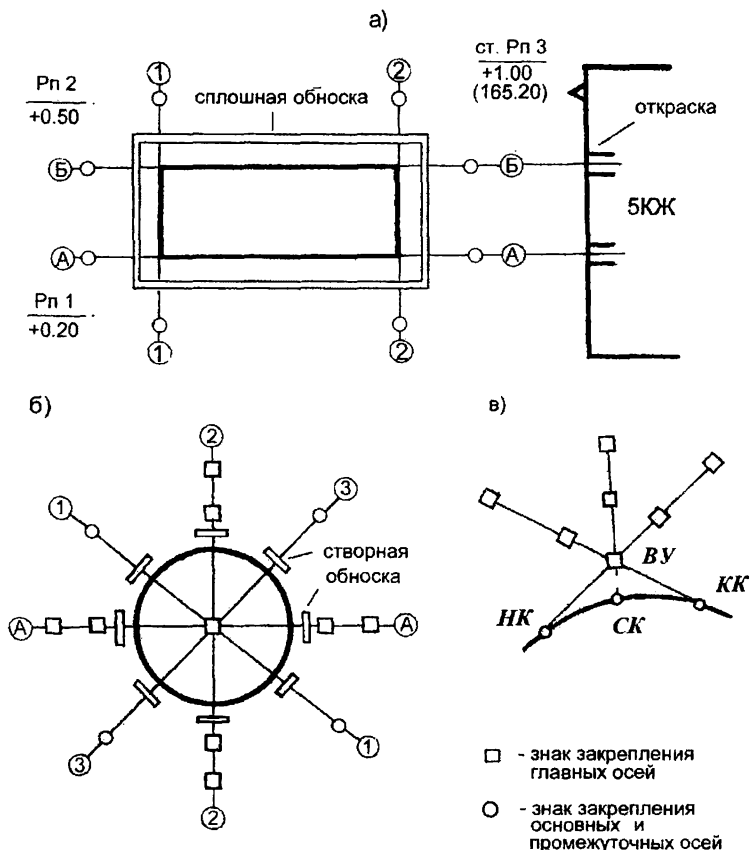


Рис. 4.10. Схема закрепления осей: а – основных; б – главных и промежуточных; в – линейных сооружений на закруглениях

При глубине котлована более трех метров обноску делают внутри котлована.

В практике строительных работ применяется *сборная инвентарная обноска*, состоящая из полых металлических якорей, забиваемых в землю (вместо деревянных столбов) и соединяемых горизонтальными трубчатыми штангами с передвижными хомутами на них, которые устанавливаются на осях сооружения.

Кроме осей закрепляют не менее *одного репера на каждое сооружение* при строительстве нескольких зданий, для *линейных сооружений* – один репер через 0,5 км. Реперы обычно совмещают с осевыми знаками. По возможности реперы закрепляют на существующих устойчивых зданиях (рис. 4.10, а). *Нулевой горизонт* или *удобные высоты* (обычно кратные 0,5 м или 1 м) закрепляют на обносках, столбах, на сооружениях горизонтальными *рисками* (короткими линиями) несмываемой краской.

При наличии *обноски оси восстанавливают* с помощью капроновой нити, лески или монтажной проволоки натяжением между соответствующими знаками (гвоздями) на обноске.

В процессе строительства положение обноски должно оставаться неизменным. В противном случае обноска немедленно восстанавливается и оси переносятся на нее от выносок.

Если нет *обноски, оси сооружения восстанавливают* с помощью теодолита, для чего устанавливают его на одном из осевых знаков и наводят зрительную трубу на противоположный знак. В местах пересечения с другими осями намечают по две точки на визирной оси теодолита и закрепляют их. Потом переносят теодолит на другую перпендикулярную ось (или расположенную под углом) и поступают аналогично. На пересечении двух линий, соединяющих первую и вторую пару точек, находится пересечение соответствующих разбивочных осей (угол сооружения).

После завершения строительства *подземной части сооружения* выноски и обноска утрачивают свое практическое значение, так как по мере возведения стен закрывается видимость между противоположными осевыми знаками. Поэтому для обеспечения дальнейших разбивочных работ *основные оси переносят внутрь зданий*. Перенос осей выполняется до закрытия видимости между противоположными осевыми знаками, т.е. когда высота стен первого этажа не превышает 1 м. Оси внутри здания закрепляют на противоположных стенах скобами с насечками, кернами на металлических пластинах, специальными знаками. Часто оси внутри зданий закрепляют забетонированными в фундаменты или перекрытия знаками, над которыми возможна установка теодолита.

Кроме того, одновременно с этим *снаружи здания* на противоположных стенах *закрепляются продольные и поперечные оси* (рисками несмываемой краской или специальными знаками) (рис. 3.9). По этим рискам основные оси проектируются с помощью теодолита на монтажные горизонты.

Внутри здания переносят также *высотные знаки* – реперы, которые закрепляют надежными знаками в удобных местах или совмещают с плановыми знаками.

4.6. ДЕТАЛЬНЫЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ

Детальные разбивочные работы заключаются в построении на местности от главных и основных осей всех геометрических элементов проекта (горизонтальных, вертикальных и наклонных линий; горизонтальных и дирекционных углов; точек и горизонтов с проектными высотами), определяющих положение сооружения и отдельных его частей в плане и по высоте с необходимой точностью.

Детальные разбивочные работы выполняются по рабочим чертежам в соответствии со стадиями строительно-монтажных работ: разбивка котлована и траншей под фундаменты, монтаж фундаментов и подвальной части сооружения; прокладка сетей инженерных коммуникаций; возведение надземной части сооружения; монтаж строительных конструкций и оборудования.

Точность детальных разбивочных работ задается СНиП 3.01.03 – 84: в плане относительно разбивочных осей сооружения; по высоте – относительно рабочих реперов, и приводится ниже в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Точность детальных разбивочных работ

Вид детальных работ	Ср. кв. погрешность
1. Земляные сооружения, см: разбивка осей и бровок вынос проектных высот	2-3 1
2. Бетонные и железобетонные сооружения, мм: разбивка осей и контуров фундаментов разбивка центров опор, осей колонн, осей закладных частей	3-5 2-3
передача проектных высот на фундаменты передача проектных высот на опорные плоскости строительных конструкций и оборудования	3-4 1-2
3. Монтаж строительных конструкций и оборудования, мм: плановая и высотная выверка строительных конструкций	2-3
плановая и высотная выверка типового оборудования плановая и высотная выверка уникального оборудования	1-2 0,5-0,05

4.7. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ РЫТЬЕ КОТЛОВАНОВ

Котлован (рис. 4.11) – искусственное углубление в земной поверхности, предназначенное для возведения фундамента и подземной части сооружения. В поперечном сечении котлован представляет собой

трапеции, нижние основания которых образуют дно (*нижний контур*), верхние основания – бровку (*верхний контур*), а боковые стороны являются откосами с уклоном $1 : t$, зависящим от вида грунта и проектной глубины h .

Детальные работы начинаются с разбивки котлованов. Разбивка выполняется в соответствии с *рабочим чертежом*, на котором указываются главные и основные оси сооружения, глубина котлована и размеры фундамента. В состав *геодезических работ* при устройстве котлована входят:

- вынос нижнего контура котлована;
- вынос верхнего (внешнего) контура котлована;
- нивелирование внешнего контура котлована по квадратам;
- периодические исполнительные съемки котлована в процессе

выемки грунта;

- зачистка дна и откосов котлована;
- исполнительная съемка котлована.

Вынос нижнего контура котлована выполняют от *основных осей* сооружения, предварительно вынесенных на обноску. Для этого через гвозди, закрепляющие основные оси на обноске, натягивают капроновые нити или тонкую проволоку, точки их пересечения проектируют на землю отвесом и обозначают кольями (рис. 4.11).

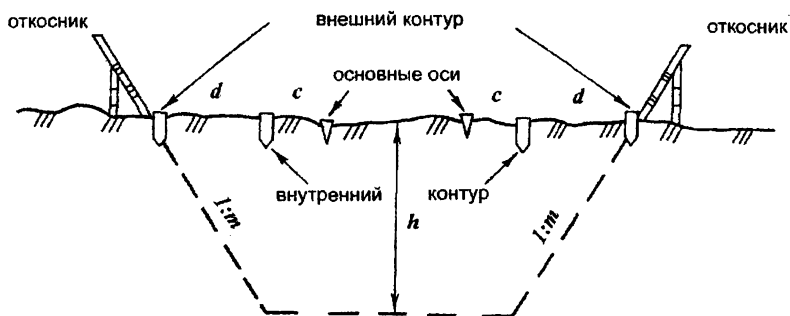


Рис. 4.11. Схема разбивки котлована

Потом вдоль продольных и поперечных осей откладывают отрезки c , равные *половине ширины фундамента* плюс $0,5 - 1$ м для пазухи (расстояние от откоса до боковой наружной грани фундамента), в результате чего получают нижний контур котлована, который окончательно закрепляется кольями или металлическими штырями с выносками за пределы земляных работ.

Вынос верхнего контура котлована и его закрепление кольями выполняют от внутреннего контура отложением отрезка d , величину которого вычисляют по глубине котлована h и уклону откоса i :

$$i = \operatorname{tg} \nu = \frac{h}{d} = \frac{1}{m}, \quad (4.1)$$

откуда

$$d = h \cdot m. \quad (4.2)$$

Так как в процессе земляных работ колья будут уничтожены, то *внешний контур привязывают к выноскам нижнего контура.*

Нивелирование внешнего контура котлована по квадратам со стороной 5 – 10 м выполняют до начала выемки грунта. По результатам нивелирования определяют среднюю глубину выемки грунта в каждом квадрате $h_{кв}^{cp}$ как разность средней отметки квадрата и проектной отметки дна котлована, по которой подсчитывается объем земляных работ в квадрате. *Общий объем* земляных работ будет равен сумме объемов работ в квадратах контура котлована, т.е.

$$V = \sum S_{кв} \cdot h_{кв}^{cp}. \quad (4.3)$$

Периодические исполнительные съемки выполняют с целью вычисления текущих объемов земляных работ, а также для контроля за выемкой грунта, чтобы не допустить его излишней выемки и не нарушить естественный грунт, который служит опорой (основанием) фундамента на проектной отметке дна. Для этого выемку грунта заканчивают с *недобором 10-20 см* до проектной отметки дна котлована. Оставшийся грунт выбирают вручную или планировочными машинами, т.е. выполняют *зачистку дна.*

Зачистка дна с необходимой точностью выполняется по кольям, которые предварительно устанавливают на проектную высоту по всей площади котлована через 5-10 м друг от друга в вырытых для этого углублениях.

Если котлован *неглубокий* (до 2 м), то установку колея на проектную высоту выполняют от ближайшего репера. Если котлован *глубокий*, то отметку передают на временный репер, установленный на откосе или дне котлована. *Нивелирный ход на дно котлована* прокладывают по пологим въездам в котлован (*пандусам*) или откосам. При крутых откосах, когда установка нивелира на них невозможна, отметку вниз на *временный (рабочий) репер* передают с исходного репера с помощью двух нивелиров и подвешенной компарированной рулетки (рис. 3.5, б). Ошибка передачи высоты не должна превышать 1 см. От временного репера устанавливают торцы колея на проектную отметку.

Отметку на дно глубокого котлована с точностью 1-2 см можно передать с помощью *теодолита*, у которого предварительно определено место нуля (*МО*) вертикального круга, в таком порядке (рис. 4.12):

- устанавливают теодолит в рабочее положение на бровке котлована, а на исходном и рабочем реперах – рейки;

- приводят вертикальный круг в *основное положение* (отсчеты по вертикальному кругу должны быть меньше 90° и положительными, если объектив зрительной трубы приподнят);

- устанавливают на вертикальном круге MO (визирная ось зрительной трубы займет горизонтальное положение) и берут отсчет средней нитью по рейке, установленной на исходном репере, $З_{исх}$;

- наводят зрительную трубу на рейку, установленную на рабочем репере, определяют наклонное расстояние по нитяному дальномеру D_q , после чего устанавливают среднюю нить на удобное деление рейки V (обычно кратное 1 м) и берут отсчет по вертикальному кругу BK_m , который в случае *круговой* оцифровки переводят в *малый отсчет* BK_m (меньший 90°) вычитанием 180° один или два раза;

- вычисляют угол наклона визирной оси $\nu = BK_m - MO$, причем MO берется со своим знаком в *малых отсчетах*;

- вычисляют превышение h_s конца визирной оси над ее началом:

$$h_s = \frac{D_q}{2} \cdot \sin 2\nu, \quad (4.4)$$

причем $h_s < 0$;

- вычисляют отметку рабочего репера по формуле

$$h_{rp} = H_{исх} + З_{исх} - V + h_s, \quad (4.5)$$

где h_s берется со своим знаком;

- определяют отметку рабочего репера *второй раз* аналогично, изменив высоту теодолита или наведения V на рейке.

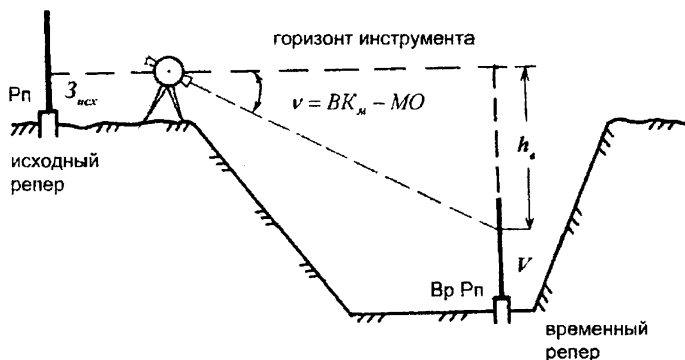


Рис. 4.12. Схема передачи высоты на дно котлована теодолитом

Зачистка откосов котлована выполняется с помощью установленных по внешнему его контуру специально изготовленных откосников (рис. 4.11). Откосник представляет собой прямоугольный треугольник, катеты которого находятся в отношении 1 (высота h) к m (горизонтальные проложения d), а гипотенуза задает проектный уклон.

Исполнительная съемка котлована выполняется от *основных осей*, которые переносят на дно котлована после его окончательной зачистки. Для этого внешний и внутренний контуры привязывают к основным осям сооружения, а также выполняют нивелирование дна по квадратам со стороной 3-5 м. По результатам съемки составляют *исполнительный чертеж котлована* (рис. 6.2). На чертеже указывают: расстояние от контуров котлована (нижнего и верхнего) до основных осей сооружения; отметки поверхности внешнего контура до начала выемки грунта; исполнительные отметки и проектную отметку дна котлована. Отклонения исполнительных отметок должны быть не более 2-3 см.

Геодезические измерения при устройстве котлованов должны выполняться с погрешностью не более: *линейные* – 3 см; *угловые* – 30"; *высотные* – 1 см; *определение объемов работ* – 5%.

4.8. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ МОНТАЖЕ ФУНДАМЕНТОВ

Одним из самых важных и ответственных этапов возведения сооружения является устройство *фундамента*, от качества монтажа которого зависит *устойчивость* и *надежность* сооружения, отдельных его конструкций и технологического оборудования.

По конструкции фундаменты подразделяются на сплошные, ленточные, столбчатые, свайные (рис. 4.1), а *по способу изготовления* - на монолитные и сборные.

4.8.1. Монтаж монолитных фундаментов

Монтаж опалубки. Для возведения монолитных фундаментов используется *опалубка*, т.е. специальная форма – временное сооружение из тонких деревянных или металлических щитов по внешнему и внутреннему контуру фундамента, заполняемое бетоном. При сооружении фундаментов из железобетона внутри опалубки монтируют *арматурный каркас* (арматура от лат. *armatura* – снаряжение), представляющий собой металлическую сетку или отдельные гибкие стержни. *Разбивку арматурного каркаса* выполняют от основных осей, которые переносят с обноски вниз и закрепляют на дне котлована обычно тоже на обноске, чаще всего створной. Поперечные размеры арматурного каркаса должны быть *меньше* поперечных размеров фундамента для обеспечения *защитного бетонного слоя* толщиной не менее 5 см.

Монтаж опалубки выполняется также от основных осей сооружения. Сначала устанавливают нижние ряды щитов, а потом верхние строго вертикально с помощью отвеса. *Отклонение опалубки от вертикали* не

должно превышать 5 мм на 1 м высоты, но не более 20 мм на всю высоту конструкции. *Смещение оси опалубки* относительно основных осей допускается не более 20 мм. *Не допускается* уменьшение поперечных размеров опалубки, а *увеличение должно быть не более 5 мм*. Установка опалубки завершается *выверкой*, при необходимости *небольшими перемещениями щитов* в случае недопустимых отклонений ее параметров и *окончательным закреплением*. При установке опалубки монтируют внутри нее так называемые *закладные детали* (металлические пластины, анкерные болты, вентиляционные трубы, пробки для вводов коммуникаций и т.д.), необходимые для закрепления на них строительных конструкций и оборудования.

После выверки на опалубку выносят проектные отметки верхнего обреза фундамента и фиксируют их тонкой чертой или гвоздями, по которым *контролируют* уровень заполнения опалубки бетоном. *Ошибки выноса* проектных отметок не должны превышать 3-4 мм.

Для приведения верхнего обреза фундамента к *проектному уровню* в сырой бетон устанавливают под нивелир на проектную высоту металлические штыри или гвозди, по которым затирают бетон специальным брусом с гладкой поверхностью.

После затвердевания бетона выполняют *нивелирование* поверхности фундамента по осям и через 5-10 м между ними. Кроме того, определяют *фактическое положение осей* фундаментов, а также закладных деталей относительно проектных осей. По результатам этих измерений составляют *исполнительную схему фундамента*, на которой указывают отклонение фактических величин от проектных (рис. 6.3).

Монтаж монолитных фундаментов под колонны. В каркасных зданиях основными несущими элементами являются *колонны*: железобетонные или металлические (сплошные и решетчатые) (рис. 4.13, а, б, в). В верхней части колонна имеет опорную площадку в виде выступа – *консоль* (фр. *console* – выступ), на которую укладываются *горизонтальные конструкции*, составляющие здание: ригели, балки, фермы, перекрытия и др. Кроме того, к колоннам крепят *вертикально* плоские плиты (панели), образующие стены здания (нем. *raupeel* – плоский элемент строительной конструкции заводского изготовления) (рис. 4.4). *Нижняя часть* колонны опирается на фундамент, который принимает на себя нагрузку от вышележащих конструкций. Для каждой колонны устраивают отдельный фундамент.

Под железобетонную колонну монтируют фундамент в виде башмака с углублением (*стаканом*), в который устанавливают колонну (рис. 4.13, г). Стенки стакана должны быть отвесными и параллельны соответствующим основным продольным и поперечным осям. Для монолитного фундамента монтируют сначала опалубку, на которую выносят теодолитом или по натянутой проволоке продольные и поперечные оси с погрешностью не более ± 5 мм. *Высота дна* задается нивелиром обычно на 2-3 см ниже

проектной, чтобы избежать довольно сложного процесса по удалению излишнего бетона. Вертикальность опалубки проверяется отвесом.

После затвердевания залитого в опалубку бетона на фундаменте передаются и закрепляются рисками (короткими штрихами) *продольные* и *поперечные оси* (рис. 4.13, г, д).

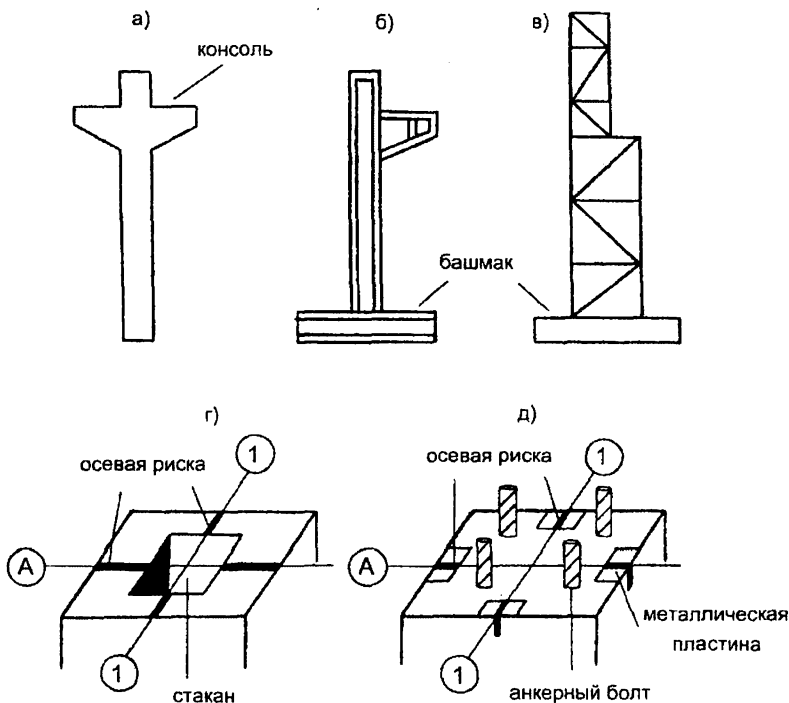


Рис. 4.13. Фундаменты под колонны:

а – железобетонная колонна; **б** – стальная колонна; **в** – стальная колонна решетчатая; **г** – фундамент под железобетонную колонну; **д** – фундамент под стальную колонну

Для этого устанавливают теодолит на каждой из разбивочных осей, наводят визирную ось на противоположный осевой знак и тонким карандашом обозначают проекцию визирной оси на краях стенок каждого стакана. Полученные точки соединяют острым предметом и образовавшуюся черту (осевую линию) обозначают яркой краской.

Монтаж фундаментов заканчивается их *исполнительной съемкой*.

По результатам исполнительной съемки составляют *исполнительные схемы*, на которых показывают (рис. 4.14):

- фактические расстояния между поперечными и продольными осями фундаментов;
- фактические расстояния от продольных и поперечных осей до стенок стакана в нижнем сечении;
- отклонение фактической отметки дна стакана от проектной (после нивелирования дна стакана по углам и в середине и подливки бетона до проектной отметки).

Отклонение отметки дна стакана от проектной должно быть не более ± 5 мм. Смещение оси фундамента не должно превышать ± 10 мм. В стаканах с недопустимыми отклонениями осей *подрубают* соответствующие стенки. Дно стаканов на проектную высоту выводят его *подчисткой* или *подливкой* бетона.

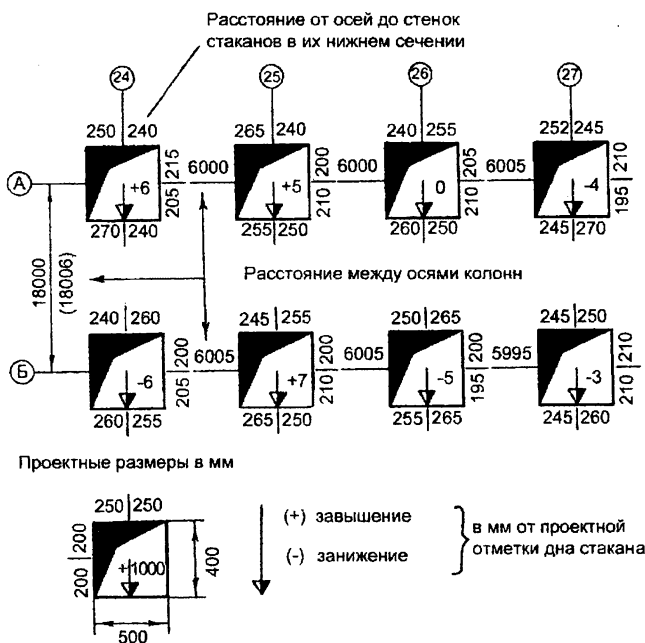


Рис. 4.14. Исполнительная схема нижнего сечения фундаментов – стаканов под железобетонные колонны

Стальная колонна в нижней части имеет металлическую пластину с отверстиями по углам (*башмак*), которой она устанавливается на бетонный фундамент с *анкерными болтами* (нем. *anker* – якорь, деталь для крепления конструкций и их частей) (рис. 4.13, д). Анкерные болты должны войти в соответствующие отверстия башмаков колонны, после чего башмак закрепляется на болтах гайками.

Для фундамента сооружается опалубка соответствующих размеров и формы, на которую переносятся и закрепляются рисками продольные и поперечные оси, а также проектная отметка его верха. *Анкерные болты* устанавливают внутрь опалубки относительно осей фундамента и относительно друг друга с погрешностью не более ± 5 мм. Для достижения необходимой точности установки болтов изготавливают специальную рамку прямоугольной формы соответствующих размеров с осевыми рисками и отверстиями по углам для анкерных болтов (*шаблон-кондуктор*). *Перед бетонированием* шаблон прочно укрепляют сверху опалубки по осевым и высотным рискам, вставляют в отверстия анкерные болты, устанавливают в вертикальное положение *по отвесу* и закрепляют их гайками. На *проектную* высоту болты устанавливают от верхней плоскости кондуктора с точностью ± 5 мм. Нижние концы анкерных болтов приваривают к каркасу или арматуре, после чего снова делают *контрольные* промеры между болтами.

Одновременно с анкерными болтами устанавливают другие закладные детали, в том числе и *геодезические знаки* (металлические пластины) на края фундамента вдоль его осей (рис. 4.13, д).

До бетонирования выполняют плановую и высотную выверку установки анкерных болтов и закладных деталей, при которой *контролируют* положение вынесенных на опалубку осей и высот, положение анкерных болтов по высоте, а также относительно осей и относительно друг друга. По результатам выверки составляют *исполнительную схему*. Бетонирование начинают только *после устранения* всех недопустимых отклонений.

В *сырой бетон* вбивают гвозди, с помощью нивелира устанавливают их на проектную высоту и по ним тщательно затирают весь верх фундамента пластиной с гладкой поверхностью.

После затвердевания бетона на фундамент выносят продольные и поперечные оси, обозначая их рисками на *геодезических знаках* и *фундаменте*. На геодезические знаки передают также *высоту* от ближайших реперов. От вынесенных высот и реперов выполняют *исполнительную съемку* фундамента и всех его закладных деталей, при которой выполняют нивелирование верхней плоскости фундамента по углам и в центре, измеряют расстояние от осей до центров анкерных болтов, расстояние между осями фундамента и т.д.

По результатам съемки составляют *две исполнительные схемы*: верхней плоскости фундамента (рис. 4.15, а) и установки анкерных болтов (рис. 4.15, б).

На исполнительной схеме *верхней плоскости фундамента* показывают: проектную и фактическую отметки центра фундамента и уклоны от центра к углам (в десяти тысячных с соответствующим знаком) как отношение разности высот угловой и центральной точки к длине диагонали.

На исполнительной схеме установки анкерных болтов показывают фактические и проектные расстояния от осей до анкерных болтов и фактические расстояния между осями.

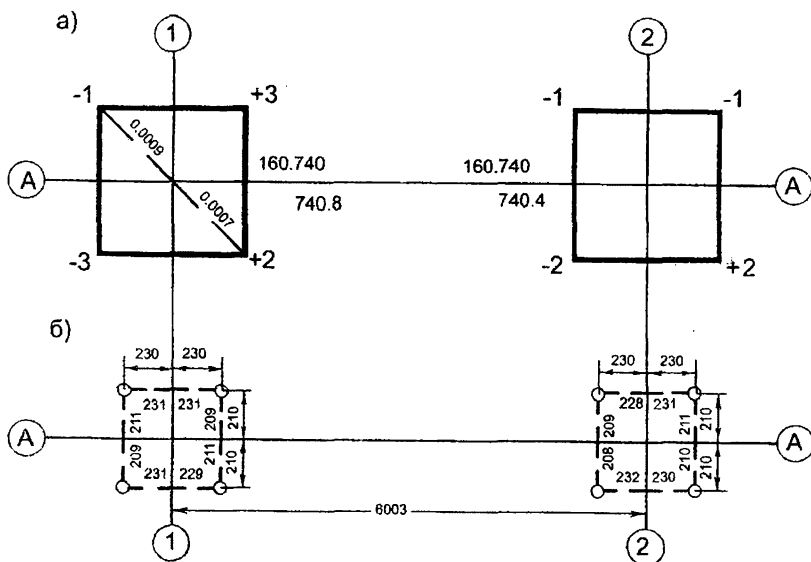


Рис. 4.15. Исполнительная схема фундаментов под металлические колонны: а – верхней плоскости фундамента; б – установки анкерных болтов

Отклонения анкерных болтов в плане и по высоте допускается не более ± 5 мм, отклонения (уклоны) опорных плоскостей (башмака колонны и верхней плоскости фундамента) не должны превышать 1:1000-1:1500. Все недопустимые отклонения устраняют, после чего колонну устанавливают на фундамент. В тех случаях, когда требуется более высокая точность установки колонны в вертикальное положение, в верхней части фундамента устанавливают строго горизонтально и бетонируют отшлифованную металлическую пластину.

4.8.2. Монтаж сборных фундаментов

В жилищном и гражданском строительстве обычно применяют сборные фундаменты из бетона и железобетона, изготавливаемые на заводах (рис. 4.16).

Ленточный фундамент под несущие стены (рис. 4.16, а) состоит из подушек в виде трапеций и прямоугольных блоков, которые образуют также и стены подвала. *Перед монтажом* в котлован или траншею передают теодолитом или от обноски основные оси, вдоль которых тщательно по нивелиру выравнивают основание. На *торцевых* и *верхних гранях* подушек и блоков наносят *осевые риски* краской. *Сначала* выполняют разбивку *угловых блоков* и промежуточных приблизительно через 20 м. Эти блоки устанавливают на основание и тщательно проверяют их положение в *плане* по осевой проволоке или шнуру, а *по высоте* – нивелиром, не допуская отклонений относительно оси более ± 10 мм и по высоте более ± 5 мм.

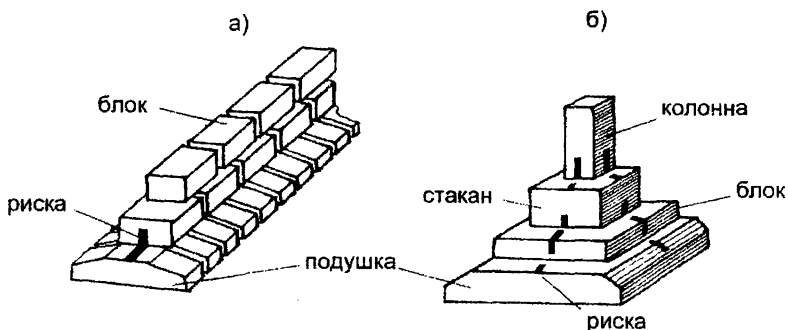


Рис. 4.16. Типы сборных фундаментов:
а – ленточный; б – под железобетонную колонну

Остальные блоки устанавливают по проволоке или шнуру, натянутых в 10-20 мм от наружных граней угловых блоков, и проверяют их положение по осевой проволоке и нивелиром. По осям *первого ряда* выполняют укладку по высоте других рядов фундаментных блоков.

Монтаж сборных фундаментов под колонны выполняется на предварительно подготовленное основание. Разбивку и закрепление осей выполняют *отдельно для каждого фундамента* с помощью теодолита или осевой проволоки от обноски. *До монтажа* наносят краской *установочные риски* на верхних и боковых гранях составных частей фундамента (рис. 4.16, б): *стакане, блоке, подушке*. *Сначала* устанавливают в проектное положение *подушку*. *Другие части* фундамента монтируют по их установочным рискам.

По окончании монтажа сборных фундаментов выполняют их *исполнительную съемку* с составлением *исполнительных схем* и последующим устранением недопустимых отклонений.

4.8.3. Монтаж свайных фундаментов

Свайные фундаменты состоят из погружаемых в грунт (обычно слабый или насыпной) свай, поверху которых укладывается железобетонная плита, называемая *ростверком*. Фундаментные сваи обычно проектируют рядами и располагают кустами. Разбивку мест погружения свай выполняют от основных и вспомогательных осей, построенных на дне котлована. Вдоль всех осей натягивают монтажную проволоку и способом прямоугольных координат или промерами по створу определяют положение центров свай с точностью 1-2 см. Для *контроля* погружения каждую сваю *размечают* на метровые отрезки от острия к оголовку и намечают яркой краской *риску проектного погружения* с буквами «ПГ» (проектная глубина погружения). В *процессе погружения* следят за вертикальностью свай с помощью теодолита (допустимое отклонение от вертикали 0.01). Для обеспечения *вертикальности* погружения сваи устанавливают в отвесное положение *направляющую стрелу копровой установки* с помощью теодолита или отвеса. При отклонении свай от вертикального положения работы приостанавливают для выправления свай и положения механизмов.

По окончании погружения свай на их грани переносят и закрепляют горизонтальными рисками проектную отметку *низа* опорной фундаментной плиты (ростверка). По этим рискам сваи *срезают* и выполняют их *исполнительную съемку*. Отклонения в положении свай относительно осей не должна быть больше 0,4 стороны или диаметра сваи, но не более 40 см. Более точно устанавливаются крайние ряды свай: расстояние в свету от сваи до края ростверка должно быть 0,15 стороны или диаметра сваи, но не менее 5 см.

На сваи укладывают фундаментную плиту (ростверк). Если ростверк монолитный, то для его бетонирования выполняют разбивку опалубки от основных осей с точностью до 1 см. На *поверхность ростверка* переносят и закрепляют *основные оси* здания.

4.9. РАЗБИВКА ПОДКРАНОВЫХ ПУТЕЙ ДЛЯ БАШЕННЫХ КРАНОВ

Строительство крупных сооружений ведется с помощью башенных кранов, которые предназначены для подъема и перемещения различных грузов. Для башенного крана предварительно укладывается *рельсовый подкрановый путь*, по которому он перемещается вдоль сооружения. *Рельсы* (англ. *reils* от лат. *regula* – прямая палка) – стальные балки специального сечения, которые крепятся к *шпалам* (гол. *spalk* – подпорка).

К положению рельсового пути в плане и по высоте предъявляются высокие требования, несоблюдение которых может привести к тяжелым последствиям: авариям, разрушениям, несчастным случаям и т.п. Технические нормы по устройству и эксплуатации башенных кранов даются в официальных документах («Инструкция по устройству, эксплуатации и перебазированию подкрановых путей для строительства башенных кранов, СН-78-79»). М.: Стройиздат, 1979, «Правила устройства и безопасной

эксплуатации грузоподъемных кранов.» ГТН РФ, 1999). На основании этих документов составляют *отдельный проект геодезических работ* на период строительства и эксплуатации подкрановых путей.

Для этого сначала *выносят* на местности *ось подкранового пути*, отложив от основной оси здания расстояние, установленное для данного вида крана, которое обязательно указывается в рабочем чертеже. От оси пути в обе стороны по перпендикуляру откладывают половину ширины колеи и закрепляют конечные точки обоих рельсов.

Шпалы и рельсы укладывают на горизонтальное земляное полотно, возводимое *по проекту вертикальной планировки* путевой площадки, в котором рассчитывают проектную высоту полотна, а также объемы земляных работ.

Для *разработки проекта вертикальной планировки* составляют: продольный профиль по оси пути; поперечные профили путевой площадки через каждые 5-10 м и на перегибах местности; план пути с фактическими отметками точек на его оси и поперечниках.

Поперечники *разбивают* с помощью теодолита и рулетки. Точки на поперечниках закрепляют кольями вровень с землей и их высоты определяют геометрическим нивелированием.

При выносе проекта вертикальной планировки в точках поперечников устанавливают колья на проектную высоту и *контролируют* возведение земляного полотна нивелиром.

После уплотнения земляного полотна сверху насыпают слой гравия (балласт), на который укладываются шпалы.

Укладка шпал и крепление рельсов к ним (*рихтовка*) ведется относительно проволоки, натянутой по оси пути. Рихтовка контролируется по высоте нивелиром, а ширина колеи (расстояние между внутренними гранями рельсов) – рулеткой или шаблоном.

По окончании работ выполняют *исполнительную съемку* рельсового пути определением через 10 м положения каждого рельса в *плане* и в *условной системе высот*, нулем которой является *минимальная отметка* головки рельса. Требования к точности укладки подкранового пути для башенных кранов приводятся ниже.

Таблица 4.4
Точность укладки подкранового пути башенных кранов

Наименование отклонений	Допуски мм
Разность отметок головки одного рельса на расстоянии 10 мм	±20
Разность отметок головок рельсов пути в одном поперечном сечении	±5
Отклонения ширины колеи в любом месте пути от проектной	±3
Отклонения расстояния между осями рельсов от проектного	±10

Указанная точность геодезических работ обеспечивается применением теодолита и нивелира технической точности, а также компарированной рулетки.

Обнаруженные в процессе исполнительной съемки недопустимые отклонения устраняют дополнительной рихтовкой.

Если полотно возводится на грунтах, слабо пропускающих влагу (глинах, суглинках и т.п.), то уклоны полотна в сторону водоотвода допускаются не более: продольный 0,005, поперечный 0,01.

В случае *криволинейного пути* разбивают по оси кривую данного радиуса и поперечники к ней, нивелируют точки на поперечниках, составляют проект вертикальной планировки пути, выносят проект на местность и возводят земляное полотно. На готовом полотне выполняют *детальную разбивку кривой для каждого рельса отдельно*. В остальном порядок работ аналогичен.

В период эксплуатации башенного крана систематически проверяют состояние подкранового пути, а также после сильных осадков, после замерзания и оттаивания грунта.

4.10. ЗАКРЕПЛЕНИЕ ОСЕЙ И ГОРИЗОНТОВ НА ЦОКОЛЕ ЗДАНИЯ

Подвальная часть здания содержит фундамент, по верху которого укладывается гидроизоляционный слой, предохраняющий здание от грунтовой влаги, и горизонтальные ряды блоков, образующие вертикальные стены подвала, на внутреннюю часть которых сверху опирается горизонтальное перекрытие – пол первого этажа (рис. 4.17). Стены подвала возводятся из прочного материала на некоторую высоту (0,5-1 м) над землей, чтобы образовалась нижняя выступающую часть наружных стен здания, так называемый цоколь (от итал. *zocolo*, предохраняющий здание от механических воздействий). Для отвода атмосферной влаги вокруг здания укладывают твердое покрытие из асфальта или бетона – отмостку шириной около 1 м.

Геодезические работы при возведении подвальной части здания включают:

- контроль за горизонтальным уложением рядов блоков друг над другом и за вертикальностью стен;
- вынос отметки нижней плоскости перекрытия над подвалом и контроль за его уложением в горизонтальное положение с необходимой точностью с помощью нивелира;
- вынос с помощью нивелира, как минимум, от двух реперов и закрепление на цоколе здания (снаружи и внутри) условного горизонта, смещенного вниз от нулевого горизонта (уровня чистого пола первого этажа). Нулевой горизонт, который всегда выше цоколя и перекрытия на целое число дециметров, выносят на стены здания (снаружи и внутри) после того, как они будут выведены над цоколем на соответствующий уровень;

- вынос с помощью теодолита и закрепление *снаружи на цоколе* (рисками или специальными знаками) *основных осей здания от осевых знаков до того, как закроется стенами взаимная видимость между ними*;
- исполнительную съемку подвальной части здания.

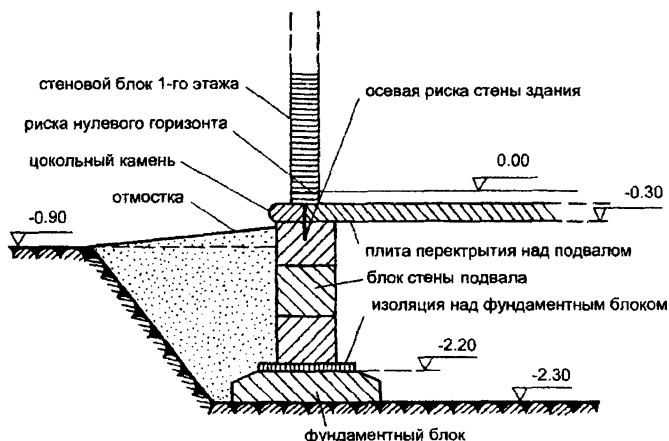


Рис. 4.17. Подвальная часть здания

Вынос основных осей на цоколь здания (рис. 4.17) выполняется теодолитом, который тщательно устанавливают над одним из осевых пунктов и наводят пересечением нитей зрительной трубы на центр противоположного знака, а потом опускают визирную ось до уровня цоколя и отмечают на нем пересечение нитей карандашом. Второй раз проектируют визирную ось на цоколь при другом положении вертикального круга и среднее ее положение закрепляют яркой краской или насечкой (отверстием, керном) на специальных знаках.

Сооружением подвальной части до уровня цоколя *завершается* нулевой строительный цикл. Геодезические работы в нулевом цикле *завершаются* *исполнительной съемкой* подвальной части здания, в процессе которой определяют и показывают на схеме (рис. 6.6):

- фактические отметки пола подвала, верх гидроизоляции, верх цоколя;
- отклонения фактических отметок от проектных верхней плоскости перекрытия в точках пересечения осей и между ними.

Отклонения фактических отметок от проектных не должны превышать: для пола подвала 2 см; гидроизоляции и перекрытия 1 см; цоколя 0,5 см.

4.11. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Промышленные и гражданские сооружения обеспечиваются водой, теплом, газом, электроэнергией, связью. Кроме того, от них отводятся атмосферные осадки и непригодные продукты деятельности (отходы, грязная вода и т.п.). Для этой цели здания и сооружения связывают *коммуникациями* различного назначения, которые часто прокладывают под землей (лат. *соттинисо* – связываю, делаю общим). Подземные коммуникации можно разделить на три основные группы: *трубопроводы*, *кабельные сети*, *коллекторы*.

К трубопроводам относятся коммуникации в виде труб (металлических, пластмассовых) различного диаметра: водопровод, газопровод, теплоснабжение, водостоки (*канализация*). Жидкость в трубах может перемещаться под действием силы тяжести, тогда трубопровод укладывается с понижением в сторону перемещения (*самотечные трубопроводы*), или под давлением (*напорные трубопроводы*). Самотечной бывает только канализация. Водопровод, теплосети, частично канализация, а также газопровод являются напорными.

К кабельным относятся электросети (для передачи электроэнергии) и сети связи (для передачи информации: телефон, телеграф, радио, телевидение).

Коллектор (лат. *collector* – собиратель) представляет собой совокупность коммуникаций различного или одного и того же назначения.

Трубопроводы и кабельные сети укладывают в *траншеи* (франц. *tranchee* – ров, вытнутое искусственное углубление в земной поверхности), которые потом засыпаются землей. *Коллекторы* прокладывают в *тоннелях* небольших размеров (англ. *tunnel* – подземное сооружение для прокладки сетей).

Для обслуживания подземных коммуникаций (ремонт, наладка, осмотр и т.п.) через определенные расстояния (от 10 до 200 м) сооружают вертикальные подходы к ним – *смотровые колодцы* (люки), закрываемые металлической крышкой.

Геодезические работы при строительстве подземных коммуникаций начинаются с подготовки проекта к выносу в соответствии с рабочим чертежом, на котором указываются: ось коммуникации (трасса); координаты центров смотровых колодцев и точек поворота, расстояния между ними; схемы привязки к геодезическим пунктам и существующей застройке; проектные отметки и уклоны дна траншеи или тоннеля; другие необходимые данные.

Вынос оси коммуникаций выполняется с точностью: в плане порядка 1:2000, а по высоте – с различной точностью в зависимости от вида, важности и т.д. коммуникации.

Обычно геодезических пунктов для выноса всей коммуникации недостаточно. Поэтому вдоль трассы коммуникации прокладывают *теодолитный ход* точности не менее 1:2000 и *ход геометрического*

нивелирования необходимой точности (от II класса до технической) с установкой реперов через 100-200 м.

От геодезических пунктов или от существующей застройки выносят и закрепляют кольями *повороты* коммуникации, *центры смотровых колодцев*, а также прямолинейные участки *через 5-10 м*. Потом закрепляют внешний и внутренний контуры траншеи, для чего откладывают *половину ее ширины* в обе стороны от осевых кольев. Разбивают также *котлованы* для смотровых колодцев от их центров.

Повороты коммуникации, колодцы и прямые участки через каждые 50 м и на перегибах местности *закрепляют* обносками, так как осевые кольца при рытье траншеи будут уничтожены. *Обноска* представляет собой два столба по разные стороны от оси траншеи, соединенные горизонтальной доской на высоте около 1 м (рис. 4.18). Столбы прочно вкапывают в землю на расстоянии 1,5-2 м от внешнего контура траншеи. *Ось траншеи* переносят теодолитом на доску обноски и закрепляют снизу гвоздем. Проволока, натянутая через гвозди соседних обносок, является осью коммуникации.

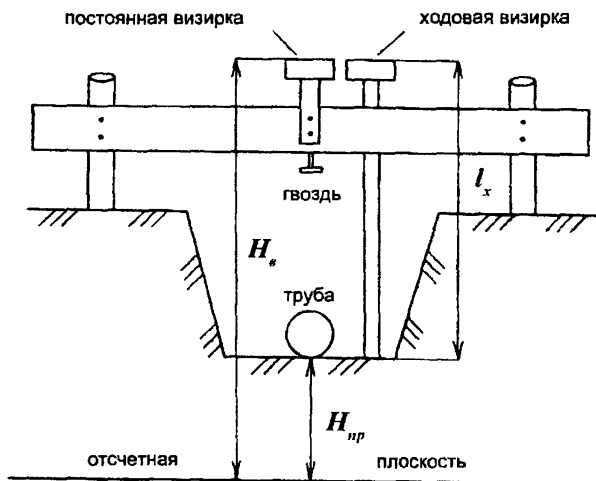


Рис. 4.18. Обноска на траншее

Рытье траншеи выполняется землеройной машиной. За выемкой грунта ведется постоянное наблюдение. Грунт *не добирается* на 15-20 см до проектной отметки. *Окончательную подготовку* дна траншеи для укладки труб выполняют более точно вручную при помощи *трех визирок*: двух постоянных и одной ходовой, имеющих одинаковую высоту (обычно не более 4 м).

Постоянная визирка представляет собой горизонтальную планку, прибиваемую гвоздями к верху доски обноски по оси траншеи. *Первую планку* устанавливают произвольно на высоте, удобной для визирования невооруженным глазом. На смежной обноске планку укрепляют с некоторым превышением h относительно первой планки, которое определяется величиной и знаком проектного уклона i_{np} трубопровода и расстоянием d между обносками:

$$h = i_{np} \cdot d . \quad (4.6)$$

Постоянные визирки нивелируют и вычисляют их высоты H_a .

Ходовая визирка представляет собой вертикальную рейку в виде буквы Г. Ее длину l_x вычисляют как разность отметки H_a постоянной визирки и проектной отметки H_{np} дна траншеи под постоянной визиркой (рис. 4.18):

$$l_x = H_a - H_{np} . \quad (4.7)$$

Защитка дна выполняется до уровня, при котором верх ходовой визирки, установленной в любом месте траншеи, будет находиться на линии, соединяющей верх постоянных визирок. Эта линия определяется чаще всего невооруженным глазом или задается натянутой проволокой. Если траншея глубокая, то постоянные визирки необходимой длины закрепляются вниз от горизонтальной доски обноски.

Укладка труб на дно по оси выполняется с помощью отвеса от проволоки, проходящей через гвозди соседних обносок.

Укладка труб по высоте выполняется разными способами в зависимости от требуемой точности.

Все напорные трубопроводы и кабельные сети с достаточной точностью укладываются по ходовым визиркам. Безнапорные (самотечные) трубопроводы (различные виды канализации), имеющие, как правило, небольшие уклоны, укладываются с помощью нивелира, а каждая в отдельности труба - с помощью маяков. Маяк - это винт или шуруп, ввинченный в деревянный кол. Колья предварительно забивают по оси траншеи на расстояниях, равных длине отдельной трубы. Каждый шуруп устанавливают с помощью нивелира на проектную отметку. По головкам шурупов бетонируют дно траншеи или выравнивают грунт для укладки труб.

В крупных городах для коммуникаций устраивают коллекторы. Строительство коллекторов чаще всего выполняется открытым способом и в отдельных случаях - как тоннели. Вынос точек тоннеля выполняется с более высокой точностью.

Наиболее ответственной частью геодезических работ является ориентирование тоннеля по проектному дирекционному углу и особенно в тех случаях, когда строительство тоннеля ведется с двух сторон навстречу.

Недопустимые погрешности ориентирования приводят к значительным расхождениям встречных направлений. *Передачу дирекционного угла с поверхности земли в тоннель* выполняют проектированием конечных точек исходной линии с помощью отвесов или более точно с помощью приборов вертикального проектирования. Ориентирование подземных направлений может быть выполнено автономно с помощью *гиротеодолита*.

Отметки на дно тоннеля передаются от реперов на поверхности земли при помощи двух нивелиров и стальной рулетки (рис. 3.5, б). Нивелирование дна коллекторов, предназначенных для стока жидкостей, выполняется более точно, чем коллекторов других назначений.

Перед закрытием траншей и коллекторов выполняется исполнительная съемка, в процессе которой определяется фактическое положение коммуникаций в плане и по высоте. Засыпка траншей и коллекторов производится только после устранения всех недопустимых отклонений.

4.12. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ КИРПИЧНЫХ ЗДАНИЙ

После подвода подземных коммуникаций и возведения подземной части здания приступают к возведению *надземной* его части. Наиболее *ответственной* частью надземного цикла является возведение *несущих* кирпичных стен здания и монтаж вертикальных элементов его каркаса – *колонн*.

Разбивка надземной части кирпичного здания начинается с выноса и закрепления яркой краской *осей* несущих стен и их граней на горизонтальной поверхности цоколя. Выносят и закрепляют горизонтальными рисками внутри здания удобные *условные высоты* или *нулевой горизонт* (отметку чистого пола первого этажа).

Промерами рулеткой намечают расположение *внутренних стен и проемов* в соответствии с рабочим чертежом.

Кладка кирпичей выполняется горизонтальными и прямолинейными рядами, образующими вертикальные стены. Отклонение отдельных рядов от *горизонта* допускается не более 15 мм на 10 м длины. Отклонение стены от *вертикали* не должно превышать 10 мм на этаж и 30 мм на все здание.

Для обеспечения *горизонтальности рядов* по периметру цоколя выносят нулевой или смещенный горизонт и от него тщательно выкладывают несколько рядов внешних стен, на углах которых и через каждые 10 м горизонтальными рисками закрепляют один и тот же уровень. Рядом с рисками прибавляют вертикальные рейки с делениями или вырезами через 75 мм (65 мм толщина кирпича, 10 мм толщина цементного раствора, на который укладывают кирпичи), так называемые *порядовки* (рис. 4.19). Шнур, натянутый между соответствующими делениями, образует горизонтальную и прямую линию кладки.

По мере возведения стен оси *систематически* выносят на грани стен. *Первую выноску* делают на высоте стен около 2 м. Оси обязательно выносят

на каждый этаж здания. На значительные высоты перенос осей теодолитом становится затруднительным, кроме того, резко возрастают погрешности переноса. Поэтому наклонным проектированием перенос осей выше 8-10 этажей не целесообразен.

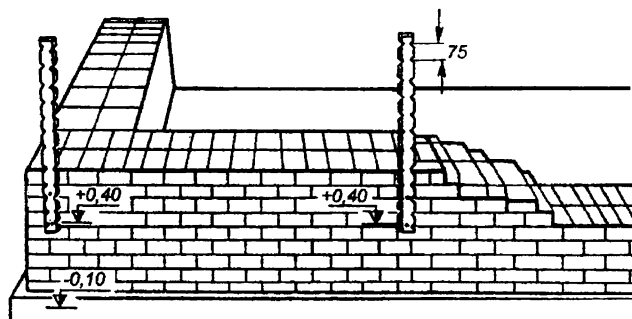


Рис. 4.19. Установка порядков для кирпичной кладки стен

Вертикальность стен поверяется отвесом. От нити отвеса до стены измеряют через определенные интервалы (например, через 1 м) горизонтальные отрезки, разность которых характеризует отклонение стены от вертикальной линии.

Высоты на этажи здания передаются при помощи нивелира, рейки и подвешенной рулетки (рис. 3.5, а).

Разбивка перегородок, лестниц, балконов, дверных и оконных проемов и т.д. выполняется рулеткой от осей и высотных рисок.

Существует механизм для автоматической кладки кирпичей. Установка механизма выполняется по разбивочным осям с помощью теодолита, а по высоте с помощью нивелира.

4.13. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ СБОРНЫХ ЗДАНИЙ

4.13.1. Геодезические сети многоэтажных зданий

Возведение многоэтажных зданий в настоящее время выполняется в большинстве случаев посредством сборки из готовых строительных конструкций, изготавливаемых на заводах. Главной задачей геодезических работ при этом является детальная разбивка осей, по которым устанавливаются конструкции и оборудование в проектное положение на всем протяжении строительного цикла. Детальная разбивка осей выполняется на основе внутренних геодезических разбивочных сетей (плановых и высотных), создаваемых на каждом монтажном горизонте (этаже).

Вначале создают *внутреннюю базовую сеть на исходном горизонте* (на фундаментной плите или на уровне первого этажа), а потом *последовательно переносят ее* (проектируют) по вертикальным линиям на последующие *монтажные горизонты* (второй этаж, третий этаж и т.д.) и получают аналогичную сеть на каждом из них (*каркасную сеть*), на основе которой создают *разбивочную сеть* этажа. Таким образом, *геодезические сети многоэтажных зданий* представляют связанные между собой однотипные геометрические построения на разных высотах, образующие *пространственную геодезическую сеть*, в которую входят (рис. 4.20, а):

- сеть на исходном горизонте (базовая сеть);
- сети на монтажных горизонтах (каркасные сети);
- поэтажные разбивочные сети, создаваемые на основе каркасных.

Каркасные сети на монтажных горизонтах должны иметь *одинаковую ориентировку*, одноименные пункты должны располагаться на *вертикальных линиях*, между монтажными горизонтами должно соблюдаться *проектное расстояние*.

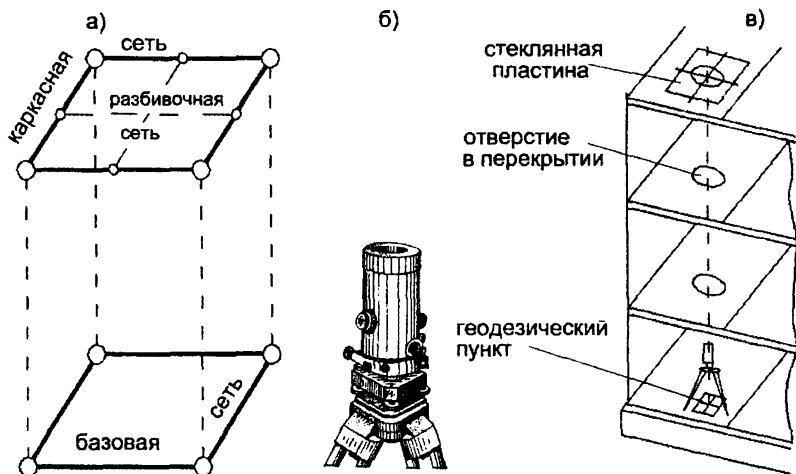


Рис. 4.20. Пространственная сеть:

а – схема пространственной сети; б – прибор вертикального проектирования ПВП; в – проектирование геодезических пунктов прибором ПВП

Пункты внутренней сети намечают по плану первого этажа (или подвала) с учетом сохранности и возможности передачи на другие монтажные горизонты. Закрепление пунктов выполняется на конструкциях здания специальными знаками, насечками и кернами на металлических пластинах, дюбелями и т.п. с обязательной подписью несмываемой краской.

Скан
страницы
отсутствует

Редуцирование (перенос) точек сети из фактического положения в проектное выполняется с помощью *редукционного листа* на миллиметровой бумаге, на котором проектное положение каждой точки сети обозначается точкой произвольно, а фактическое положение находят отложением величин редукиций в натуральную величину с учетом их знака вдоль соответствующих координатных осей. На каждом фактическом пункте строят по проектным углам не менее двух направлений на другие пункты сети. После этого *фактический центр на редукиционном листе* совмещают с *фактическим центром знака в натуре*, ориентируют лист по одному из направлений и переносят на знак проектное положение центра, которое контролируют по величинам редукиций с помощью прямоугольного треугольника.

Через полученные (отредуцированные) точки прокладывают полигонометрический ход соответствующей точности и вычисляют окончательные значения координат точек на исходном горизонте, отклонения которых $\delta_{x,y}$ от проектных не должны превышать величины

$$\delta_{x,y} = \frac{S}{2T}, \quad (4.8)$$

где S – расстояние по оси между наиболее удаленными точками; T – знаменатель предельной относительной погрешности построения сети.

При строительстве зданий *башенного типа*, когда стороны базисной фигуры не превышают длины мерного прибора, целесообразно базисную сеть на исходном горизонте создавать методом трилатерации ввиду трудностей измерений углов из-за коротких линий.

Окончательное положение проектных центров внутренней разбивочной сети на исходном горизонте надежно закрепляется и маркируется несмываемой краской.

Высотная сеть на исходном горизонте – это основные точки плановой разбивочной сети или рабочие реперы, по которым прокладывается *нивелирный ход соответствующего класса точности* не менее, чем от двух строительных реперов *внешней разбивочной сети*. Знаками закрепления высотной разбивочной сети могут служить металлические уголки, приваренные к закладным деталям конструкций, монтажные петли конструкций или откраска горизонтальных линий на конструкциях.

4.13.3. Построение геодезических сетей на монтажных горизонтах

Перенос точек базовой сети на монтажные горизонты выполняется способом *наклонного* или *вертикального* проектирования. Число точек, передаваемых на каждый монтажный горизонт, должно быть не менее трех, и их закрепление допускается также и вне корпуса здания на специальных выносных кронштейнах.

Способ наклонного проектирования выполняется теодолитом при возведении зданий малой и средней этажности (до 9 этажей), если имеется возможность установки прибора на расстояниях, близких к высоте проектирования.

Точность наклонного проектирования точек на монтажный горизонт $m_{н.н.}$ при двух положениях вертикального круга теодолита определяется по формуле

$$m_{н.н.} = \sqrt{0,25 \frac{h^2}{\rho^2} \tau^2 + \frac{3600''}{V^2} \cdot \frac{S^2}{\rho^2} + m_{ц}^2 + m_{ф}^2}, \quad (4.9)$$

где h – высота проектирования; S – расстояние от теодолита до проектируемой точки; τ – цена деления цилиндрического уровня при горизонтальном круге теодолита или погрешность работы компенсатора; V – увеличение зрительной трубы; $m_{ц}$, $m_{ф}$ – средние квадратические погрешности центрирования теодолита и фиксации проектируемой точки на монтажном горизонте соответственно; $\rho = 206265''$.

На высоту до 60 м (до 16 этажей) проектирование с точностью 2-3 мм может быть выполнено теодолитом при угле наклона трубы не более 45°, т.е. при удалении теодолита от проектируемой точки не менее, чем высота проектирования (рис. 3.9). Точность проектирования определяется, главным образом, точностью уровня алидады горизонтального круга. По этому уровню приводится вертикальная ось вращения теодолита в отвесное положение. Техническими теодолитами (цена деления уровня 60'' на 2 мм) проектирование выполняется на высоту не более 15 м (до 5 этажей). На высоту до 60 м проектирование следует выполнять теодолитами типа Т2 с ценой деления уровня 15-20'' на 2 мм.

Способ вертикального проектирования применяется в стесненных условиях, а также при возведении высотных зданий и выполняется приборами вертикального проектирования ПВП через специальные отверстия в перекрытиях (рис. 4.20, в).

При вертикальном проектировании прибор ПВП устанавливают над исходным пунктом с помощью оптического отвеса, а на монтажном горизонте над отверстием в перекрытии – *палетку*. Палетка представляет собой координатную сетку на пластине из органического стекла, которая устанавливается над отверстием разграфкой вниз. Для исключения ошибок за наклон визирной оси проектирование выполняется при четырех положениях прибора: 0°, 90°, 180°, 270° (рис. 3.8). Средний отсчет фиксируют на палетке и закрепляют створными рисками (знаками) на перекрытии.

Средняя квадратическая погрешность вертикального проектирования точек на монтажный горизонт $m_{в.н.}$ определяется по формуле

$$m_{\text{в.н.}} = \sqrt{\frac{h^2}{\rho^2} \left(0,25\tau^2 + \frac{400}{V^2}\right) + m_n^2 + m_\phi^2}. \quad (4.10)$$

На высоты от 60 м до 120 м вертикальное проектирование с точностью 3-4 мм обеспечивается приборами вертикального проектирования с увеличением не менее 20 крат (прецизионный зенит-прибор PZL с увеличением 30 крат, выпускаемый в Германии; прибор вертикального проектирования ПВП с увеличением 22 крат, выпускаемый в России и др.) (рис. 4.20, б).

Проектирование исходной разбивочной сети на монтажные горизонты приводит к смещению точек базисной фигуры, поэтому на монтажных горизонтах выполняют повторные измерения. При этом возможны три случая:

- расхождения в результатах соответствующих измерений на монтажном и исходном горизонтах не выходят за пределы погрешностей измерений;

- отклонения измеренных элементов выходят за пределы погрешностей измерений, но остаются в пределах погрешностей проектирования точек на монтажный горизонт;

- хотя бы одно отклонение выходит за пределы погрешностей измерений и проектирования точек на монтажный горизонт.

В первом случае можно оставить точки базисной фигуры без изменения; во втором необходимо выполнить уравнивание результатов измерений на монтажном горизонте и редуцировать фигуру до проектной; в третьем случае повторить проектирование точек с исходного горизонта.

Отметки на монтажный горизонт передают только от пунктов высотной основы исходного горизонта. На монтажном горизонте должно быть не менее двух рабочих реперов, которыми могут служить закладные детали конструкций, монтажные петли плит перекрытий, дюбели, горизонтальные открашенные риски на арматуре и конструкциях.

Отметки пунктов исходного горизонта считаются всегда неизменными, стабильными независимо от осадки фундамента. Передача отметок выполняется от репера на исходном горизонте, или непосредственным измерением по вертикально установленным конструкциям, или геометрическим нивелированием с помощью двух нивелиров, один из которых установлен на исходном горизонте, а другой – на монтажном, и подвешенной между ними рулетки (рис. 3.5, а).

Каркасную сеть на монтажном горизонте можно построить по одному пункту, спроектированному с исходного горизонта. Для этого выбирают или создают внешнюю цель, видимую с пункта на исходном горизонте и с проекции этого пункта на монтажном горизонте (рис. 4.21).

Проектирование исходного пункта целесообразно выполнять через имеющиеся проемы (лифтовые шахты, лестничные проемы, канализационные отверстия и т.п.).

На исходном пункте устанавливают теодолит и от направления на внешний пункт определяют направления на пункты базовой сети, а также измеряют расстояния до них. Потом теодолит устанавливают на монтажном

горизонте *над проекцией* исходного пункта и строят полученные направления от направления на внешний пункт, вдоль которых откладывают соответствующие расстояния. Для *контроля* измеряют стороны и диагонали полученной фигуры.

Чтобы *исключить разворот каркасной сети*, определение направлений на исходном горизонте и их построение на монтажном горизонте следует выполнять от направлений на два (и более) внешних пункта.

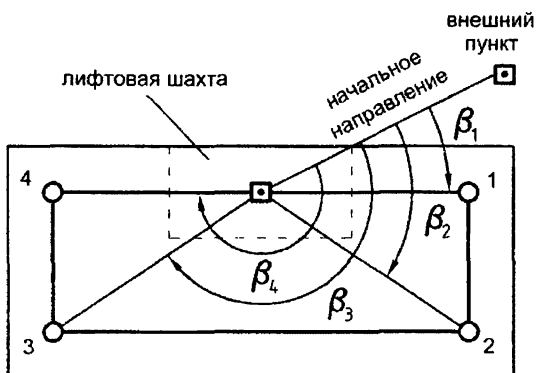


Рис. 4.21. Схема построения каркасной сети на монтажном горизонте по одному пункту

Постажные разбивочные сети развивают от редуцированных каркасных сетей. От пунктов плановой и высотной сети монтажного горизонта выполняются детальные разбивочные работы: вынос и закрепление разбивочных и монтажных осей, а также отметок опорных поверхностей.

Вынос осей выполняют с помощью теодолита и компарированной рулетки, вынос отметок опорных поверхностей – геометрическим нивелированием.

Требования к точности разбивочных сетей и строительные допуски на установку строительных конструкций даны в табл.3.1 и 3.2.

4.14. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ МОНТАЖЕ КОЛОНН

При *строительстве каркасных зданий* наиболее ответственными работами является *установка колонн*. Колонны устанавливают на предварительно подготовленные фундаменты с осевыми рисками: *железобетонные* - на фундаменты – стаканы, *стальные* - на фундаменты с анкерными болтами (рис. 4.22). Опорную поверхность фундамента под *стальную колонну* доводят на проектную отметку, а дно стакана фундамента под *железобетонную колонну* обычно не доводят до проектной отметки на 2-3 см.

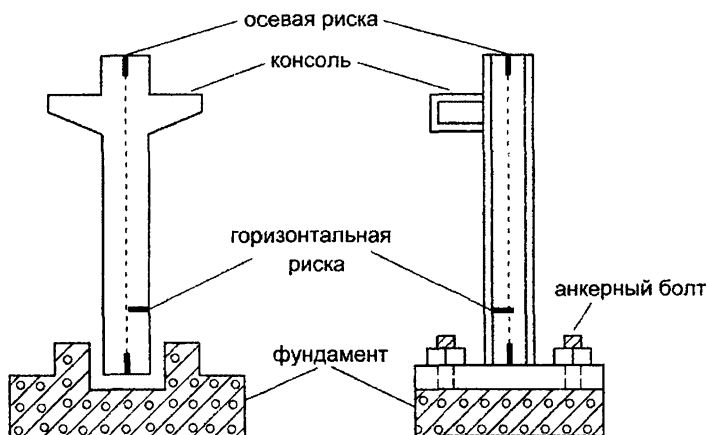


Рис. 4.22. Колонны на фундаментах:
а – железобетонная; б – металлическая

4.14.1. Подготовка колонн к монтажу

Установке колонны предшествует ее тщательная *подготовка*:

- внешний осмотр (подбор пригодной колонны без повреждений, трещин, прогибов, перекосов и т.п.), очистка от пыли и грязи;

- разметка, которая заключается в нанесении яркой краской на гранях колонны тонких осевых рисок *внизу* (для установки колонны на разбивочной оси) и *вверху* (для установки колонны в вертикальное положение), а также *горизонтальной риски* на одном и том же расстоянии от основания колонны (обычно с таким расчетом, чтобы горизонтальная риска находилась на уровне пола данного этажа, т.е. имела *нулевую условную отметку*);

- *контроль геометрических параметров* (определение фактических размеров), в процессе которого измеряют компарированной рулеткой длину колонны l , расстояния h_1 от горизонтальной риски до консоли и h_2 от консоли до верха (оголовка) колонны, а также ширину всех граней в нижней и верхней частях колонны (элементы нижнего и верхнего поперечного сечения P_1 и P_2) (рис. 4.23, а). Результаты измерений заносят в *специальный журнал*. Эти размеры в дальнейшем позволяют вычислить высоты верхних частей колонны без подъема с инструментами на колонны, а также используются при исполнительной съемке колонн.

Отклонения геометрических параметров от проектных не должны превышать установленных допусков (табл. 3.1), так как большие отклонения затрудняют или не позволяют выполнять строительно-монтажные работы.

Установка колонны выполняется в такой последовательности:

- подъем;
- временное закрепление на фундаменте с помощью растяжек или специальных устройств (шаблонов, кондукторов, индикаторов и т.п.) (рис. 4.23, б).
- *выверка*, т.е. определение величин перемещений в плане и по высоте для окончательной установки колонны в проектное положение;
- установка в проектное положение и окончательное закрепление;
- исполнительная съемка колонн.

4.14.2. Установка железобетонных колонн

В плановое положение колонну устанавливают с помощью крана, для чего колонну поднимают вертикально над фундаментом и совмещают ее нижние риски с соответствующими рисками на стакане фундамента, дно которого предварительно доводится до проектной отметки укладкой слоя бетона, песка или цемента соответствующей толщины.

На проектную высоту колонну устанавливают по горизонтальной риске с помощью нивелира, поднимая или опуская колонну краном.

После предварительной установки колонну временно закрепляют (например, с помощью растяжек, рис. 4.23, б), удерживая колонну краном.

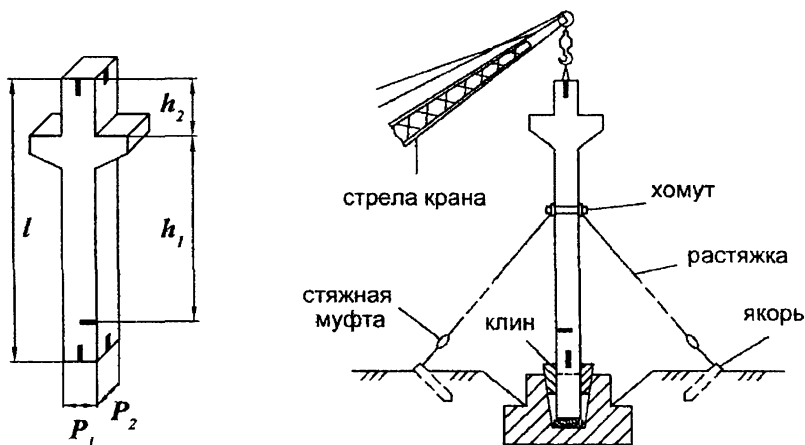


Рис. 4.23. Установка железобетонных колонн:

а – контроль геометрических параметров колонны; б – временное закрепление колонны

В вертикальное положение колонны высотой до 5 м устанавливают с помощью двух тяжелых отвесов, нити которых укрепляют на верхних рисках взаимно перпендикулярных граней перед подъемом колонны. Для

этой цели предварительно готовят приспособление для подвеса нитей (к оголовку приваривают штыри строго на осях граней, используют специальный кронштейн и т.п.). Наклоняя колонну вращением стяжных муфт (*тензоров*) на растяжках, совмещают острие каждого отвеса с нижней рисксой. В зазоры стакана вбивают деревянные клинья и с их помощью уточняют установку колонны на разбивочной оси (в плане) (рис. 4.23, б).

Колонны высотой более 5 м устанавливают в отвесное положение с помощью *теодолита*. Для этого теодолит устанавливают на разбивочной оси на расстоянии большем, чем высота колонны (чтобы зрительную трубу не наклонять более чем на 45°), наводят на нижнюю осевую риску колонны и проектируют ее на верх колонны вращением зрительной трубы (рис. 4.24).

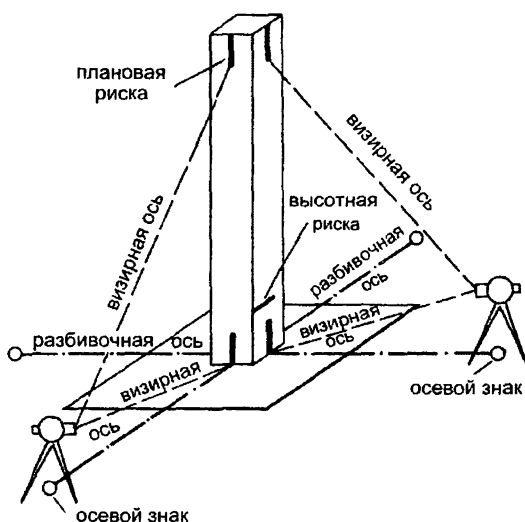


Рис. 4.24. Схема установки и выверки колонны с помощью теодолита

Растяжками, перпендикулярными визирной оси, наклоняют колонну до совмещения верхней риски с визирной осью. Переводят зрительную трубу через зенит и снова проектируют нижнюю риску на верх колонны при другом положении вертикального круга. Если верхняя риска не совпала с вертикальной нитью поднятой трубы, то колонну наклоняют на *половину* величины этого несовпадения, которую находят *по среднему отсчету* горизонтально круга на нижнюю и верхнюю риски колонны. Затем теодолит переносят на перпендикулярную разбивочную ось и поступают аналогично, наклоняя колонну другой парой растяжек. После установки колонны в вертикальное положение забивают деревянные клинья в зазоры стакана так, чтобы колонна при этом не сместилась с разбивочной оси.

Выверка перпендикулярности предварительно установленных и закрепленных колонн выполняется теперь уже *проектированием верхних осевых рисок вниз на основание колонны* с помощью отвесов (при высоте колонн до 5 м) или теодолита (при больших высотах колонн, рис. 4.24) и измерением расстояний от полученных проекций до нижних рисок сначала в одной плоскости, а потом в перпендикулярной к ней. Полученные отрезки характеризуют наклон колонны в линейной мере.

Если колонны расположены в ряд по оси, то их выверку целесообразно выполнять *способом бокового нивелирования* (рис. 4.25), который заключается в определении длины рейки, прикладываемой горизонтально к нижней и верхней рискам каждой колонны, до линии, параллельной разбивочной оси (*бокового расстояния*).

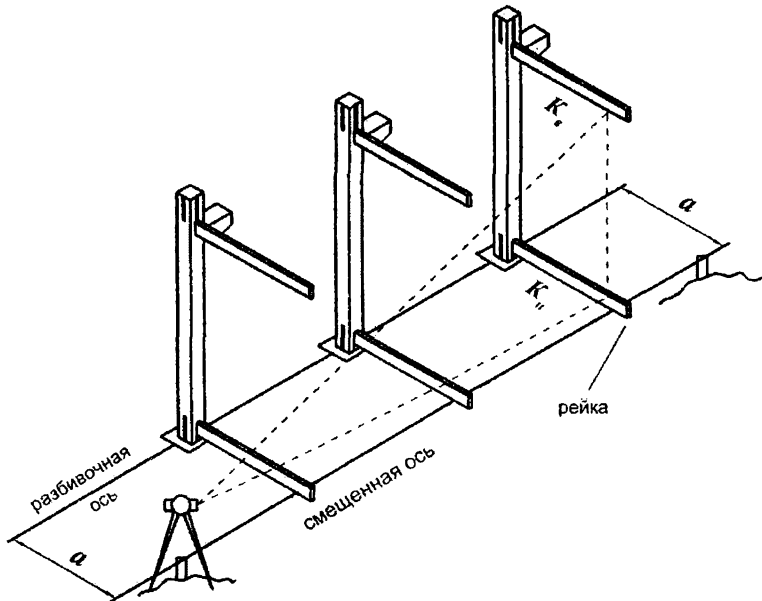


Рис. 4.25. Выверка ряда колонн способом бокового нивелирования

Для этого *перпендикулярно разбивочной оси* в конечных ее точках откладывают и закрепляют равные отрезки a , меньшие, чем длина используемой легкой рейки (обычно не более 1 м), надежно закрепляют знаками и обозначают на них насечкой или точкой отложенные от оси расстояния с точностью до 1 мм (строят смещенную ось). На одном из пунктов устанавливают теодолит с помощью оптического отвеса, визирную ось наводят на второй пункт этой линии и закрепляют алидаду горизонтального круга и зрительную трубу. К осевым рискам граней *вниз* и

сверху колонны прикладывают основанием рейку с миллиметровой шкалой, наклоном трубы, не касаясь винта алидады горизонтального круга, наводят на рейку и вертикальной нитью выполняют отсчеты по ее шкале до 1 мм: нижний K_n и верхний K_a , после чего проверяют установку зрительной трубы на второй пункт линии ориентирования. Если не замечено смещения визирной оси (в противном случае отсчеты K_n и K_a выполняют заново), то зрительную трубу переводят через зенит, снова ориентируют визирную ось вдоль построенной линии, выполняют два аналогичных отсчета для данной колонны при другом положении вертикального круга и вычисляют их средние значения: K_n^{cp} и K_a^{cp} .

Отличие среднего нижнего отсчета K_n^{cp} от отрезка a является величиной смещения оси данной колонны от разбивочной оси, т.е. является погрешностью *планового* положения колонны:

$$\Delta K_{n,l} = K_n^{cp} - a. \quad (4.11)$$

Разность отсчетов верхнего K_a^{cp} и нижнего K_n^{cp} является отклонением колонны *по вертикали* в плоскости, перпендикулярной разбивочной оси:

$$\Delta K_{верт} = K_a^{cp} - K_n^{cp}. \quad (4.12)$$

Аналогичные измерения выполняются и по перпендикулярной разбивочной оси.

Плановые смещения устраняют перемещением основания колонны в нужную сторону с помощью клиньев, *отклонения от вертикали* – наклоном колонны путем натяжения соответствующей растяжки (или другим способом в зависимости от применяемых средств).

Допустимые погрешности установки колонны: в плане 5 мм; по вертикали 1:1000 высоты колонны, но не более 35 мм для высоких колонн.

В процессе установки *определяют отметку нижней горизонтальной риски*, которая не должна отличаться от проектной более чем на 5 мм.

После устранения недопустимых отклонений колонны окончательно закрепляют и заливают стаканы фундаментов бетоном.

Установка колонн должна выполняться с помощью *выверенных* точных геодезических приборов: теодолитов типа Т2 и Т5, нивелиров типа Н-3.

Недостатками способа бокового нивелирования являются организационная сложность и опасность прикладывания рейки к верхним рискам колонн. Весьма эффективным является использование специальных реечек на легких раздвижных шестах.

4.14.3. Установка стальных колонн

Металлическую колонну *поднимают краном* и устанавливают на подготовленный фундамент, поверхность которого *доведена до проектной отметки*. При этом *анкерные болты* должны войти в соответствующие отверстия башмака колонны, а осевые *риски колонны* – совпасть с соответствующими рисками на геодезических знаках фундамента. Колонну *временно закрепляют на анкерных болтах гайками, удерживая ее краном*.

В вертикальное положение колонну устанавливают с помощью отвесов или теодолита так же, как железобетонную колонну. Наклон колонны в нужную сторону выполняется с помощью гаек на анкерных болтах, при необходимости зачищая бетонную поверхность фундамента в нужных местах. При тщательной подготовке фундамента зачистка его поверхности обычно не требуется.

Выверка стальных колонн в плане, по вертикали и по высоте выполняется так же, как и железобетонных колонн. Допускаемые отклонения для стальных колонн те же, что и для железобетонных колонн. Если опорной плоскостью фундамента является специально обработанная металлическая пластина (обычно фрезерованная), то в вертикальное положение колонна устанавливается сразу и в этом случае ее выверка не требуется.

После устранения недопустимых отклонений колонны *окончательно закрепляются на анкерных болтах сваркой* и определяется геометрическим нивелированием *отметка горизонтальной риски*, которая не должна отличаться от проектной более чем на 5 мм.

В последнее время для установки колонн в вертикальное положение применяют специальные устройства (кондукторы, шаблоны, индикаторы и т.п.), позволяющие выполнять монтажные работы без геодезических наблюдений. Однако выверка этих устройств при их установке выполняется с помощью геодезических приборов.

4.14.4. Установка сборных колонн

Каркас многоэтажного здания состоит из *сборных железобетонных колонн* высотой обычно *в два этажа*. Колонны нижнего этажа опираются на фундаменты стаканного типа и имеют *стальной оголовок*. Колонны каждого следующего этажа опираются также стальным основанием на оголовки нижнего яруса и скрепляются с ними сваркой.

Совмещение колонн на разных горизонтах в плане и установка их в вертикальное положение является наиболее *ответственной частью* монтажа сборных многоэтажных зданий. Колонны стыкуют *на уровне 0,6 м от уровня пола* для удобства монтажных работ (рис. 4.26).

Установка многоярусных колонн выполняется в такой последовательности:

- построение опорной сети на исходном горизонте;

- проектирование исходных пунктов опорной сети на монтажный горизонт;
- построение плановой и высотной сетей на монтажном горизонте;
- детальная разбивка осей и их закрепление: на *фундаментах* колонн нижнего этажа; на *оголовках* колонн монтажного горизонта;
- подъем колонн;
- временное закрепление колонн;
- установка колонн в проектное положение и их окончательное закрепление (рис. 4.26);
- исполнительная съемка колонн.

Монтаж колонн на каждом монтажном горизонте выполняется так же, как было указано ранее. Аналогичные циклы повторяются на каждом монтажном горизонте до полного завершения строительства зданий.

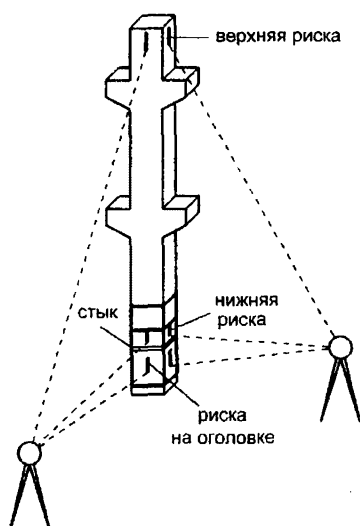


Рис. 4.26. Установка сборной колонны

4.14.5. Исполнительная съемка колонн

Исполнительная съемка колонн выполняется после завершения монтажа, окончательного закрепления и снятия монтажного оборудования.

Исполнительная съемка колонн заключается в определении отклонений: центров нижнего Δ_n и верхнего Δ_v сечений каждой колонны от разбивочной оси (*плановая исполнительная съемка*); Δ_n - отметок опорных плоскостей (оголовка и консолей) от проектных (*высотная съемка*).

При *плановой исполнительной съемке* отклонение оси колонны от разбивочной оси в нижнем сечении определяют промерами от разбивочных осей до ребер снимаемой колонны. Аналогичные отклонения *верхнего сечения* колонны определяют после проектирования верхних осевых рисок вниз. Съемку *верха сборной колонны* выполняют после переноса и закрепления разбивочных осей на оголовках ее составных частей. Результаты измерений заносят в журнал и вычисляют отклонения для каждой грани нижнего и верхнего сечения колонны.

Плановая съемка колонн выполняется также способом *бокового нивелирования*, по результатам которого можно сразу вычислить отклонения центра каждой колонны от разбивочной оси по формулам, вытекающим из рис. 4.27, а.

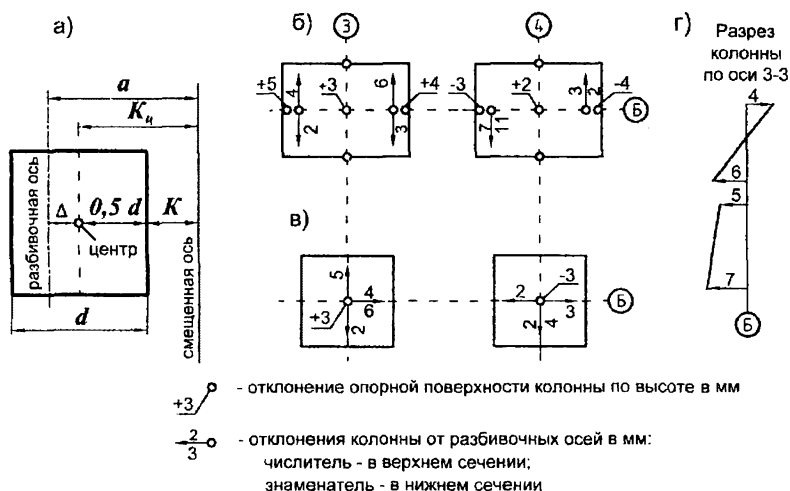


Рис. 4.27. Исполнительная съемка колонн:

а – вычисление отклонений центра колонны от разбивочной оси; б – схема отклонений граней; в – схема отклонений центров колонн; г – схема отклонений по вертикали сборных колонн

Если рейка прикладывалась к *нижним и верхним рискам граней*, параллельных разбивочной оси (каждая колонна имеет одну такую грань), то отклонения центров нижнего Δ_n и верхнего Δ_s сечений колонны от разбивочной оси вычисляют по формулам

$$\left. \begin{aligned} \Delta_n &= a - K_n - 0,5d; \\ \Delta_s &= a - K_s - 0,5d. \end{aligned} \right\} \quad (4.13)$$

где a - расстояние от разбивочной оси до параллельной линии (смещенной оси); K_n - средний из *нижних* отсчетов по рейке, выполненных при двух положениях вертикального круга; K_s - средний из двух аналогичных *верхних* отсчетов по рейке; d - толщина колонны, вычисляемая как среднее ширины противоположных граней.

Если рейка прикладывалась к *осевым* рискам граней, параллельных разбивочной оси (каждая колонна имеет две такие грани), то отклонения центров колонны от разбивочной оси вычисляют по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \Delta_n &= a - K_n^u; \\ \Delta_s &= a - K_s^u, \end{aligned} \right\} \quad (4.14)$$

где K_n^u - средний из *нижних* отсчетов, выполненных при двух положениях вертикального круга на каждой из двух граней; K_s^u - средний из аналогичных *верхних* отсчетов.

При *высотной съемке* геометрическим нивелированием определяют отметки опорных поверхностей колонн и вычисляют отклонения от проектных отметок. Нивелир устанавливают на перекрытии монтажного горизонта, заднюю рейку с миллиметровыми делениями – на строительный репер, а к определяемой поверхности подвешивают нулевым делением рейку или рулетку с миллиметровой шкалой и берут отсчеты (рис. 4.28):

Z – по задней рейке и K – по подвешенной на колонне рейке (рулетке).

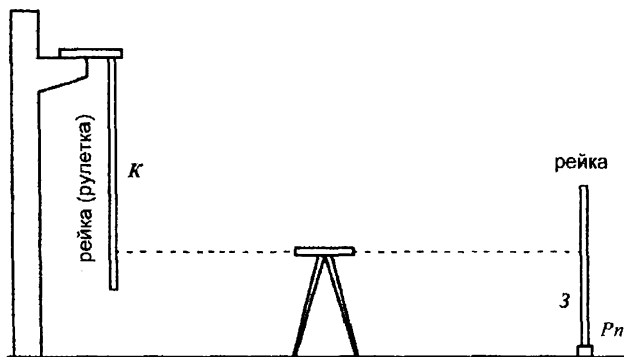


Рис. 4.28. Схема высотной исполнительной съемки колонн

Фактическую отметку H_{ϕ} поверхности вычисляют через горизонт инструмента $ГИ = H_{pn} + 3$ по формуле

$$H_{\phi} = ГИ + К. \quad (4.15)$$

С одной установки нивелира выполняют съемку нескольких колонн. Для контроля в конце наблюдений на каждой станции выполняют отсчет по рейке на другом репере. Отклонения фактических высот H_{ϕ} от проектных H_{np} вычисляют по формуле

$$\Delta_n = H_{\phi} - H_{np}. \quad (4.16)$$

Результаты исполнительных плановой и высотной съемок оформляют в виде схем, которые обычно совмещают. На схемах показывают отклонения от разбивочной оси всех граней в нижнем и верхнем сечении колонны (рис. 4.27, б) или отклонение от разбивочной оси центра колонны (рис. 4.27, в), вычисленные по вышеуказанным формулам.

Отклонения центров нижнего и верхнего сечения колонны можно вычислить как среднее арифметическое отклонение противоположных граней соответствующих сечений с учетом направления этих отклонений (при одинаковых направлениях отклонения складываются, при противоположных – вычисляются).

При исполнительной съемке сборных колонн составляют разрез, на котором показывают отклонения от вертикали каждого звена сборной колонны (рис. 4.27, г).

4.15. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ МОНТАЖЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДКРАНОВЫХ ПУТЕЙ МОСТОВЫХ КРАНОВ

Промышленные здания оснащаются подъемно-транспортным оборудованием для перемещения и транспортировки сырья, готовой продукции и других грузов. Чаще всего для этих целей применяются мостовые краны с грузоподъемностью до нескольких сотен тонн (рис. 4.29). Мостовой кран представляет собой мост на колесах, перемещающийся по подкрановым путям в виде железнодорожных или специальных рельсов. Рельсы укладываются на подкрановые балки, которые опираются на консоли колонн и жестко скрепляются с ними сваркой металлических пластин, специально закладываемых в процессе изготовления на концах балок и консолях колонн. Рельсы крепятся к верхним анкерным болтам подкрановой балки с помощью специальных крюков с винтами, что дает возможность смещать рельсы в поперечном направлении в пределах 20 мм при рихтовке пути.

Высота путей над уровнем пола составляет 10-30 м, расстояние L между осями рельсов находится в пределах 17-33 м.

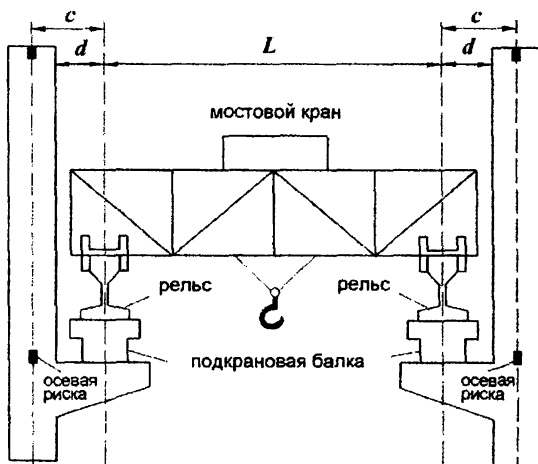


Рис. 4.29. Подкрановый путь мостового крана

Таблица 4.5

Точки укладки подкранового пути мостового крана

Параметры подкранового пути	Допустимые отклонения параметров (\pm)	
	при укладке	при эксплуатации
Разность отметок головок рельсов в одном поперечном сечении, мм:		
на опорах	15	20
в пролетах	20	25
Разность отметок головок рельсов на соседних колоннах, мм, при расстояниях L между колоннами:		
до 10 м	10	15
более 10 м	$1:1000L$	20
максимальном	15	-
Отклонение расстояния между осями рельсов, мм	10	15
Взаимное смещение торцов стыкуемых рельсов в плане и по высоте, мм	2	3
Отклонение рельса от прямой линии, мм	15	20
Зазор в стыках рельсов при температуре 0°C и длине рельса 12,5 м (при изменении температуры на 10°C зазор изменяется на 1,5 мм), мм	4	4
Смещение оси рельса относительно оси подкрановой балки	15	-

Нормальная эксплуатация мостового крана возможна только в случае правильной установки рельсов в плане и по высоте, которая заключается в том, чтобы рельсы были *прямолинейны, горизонтальны* и находились друг от друга на расстоянии, равном длине *пролета L* мостового крана. Значения

допустимых отклонений параметров подкрановых путей, установленные «Правилами устройства и безопасной эксплуатации кранов» (ГТТН РФ, 1999), приводятся в табл. 4.5.

Геодезические работы при монтаже и эксплуатации подкрановых путей содержат следующие технологические операции:

- нивелирование консолей колонн и закрепление на колоннах монтажного горизонта рельсового пути;
- разбивка на консолях осей рельсового пути;
- укладка, выверка и исполнительная съемка подкрановых балок;
- установка, выверка и исполнительная съемка рельсового пути;
- наблюдения за положением рельсового пути в процессе его эксплуатации.

Нивелирование консолей колонн. Геодезические работы начинают с нивелирования горизонтальных рисок каждой колонны. Отметки консолей вычисляют по измеренным в процессе контроля геометрических параметров колонн расстояниям от риски до поверхности консоли.

Нивелирование консолей может быть выполнено с помощью подвесной рейки по схеме, приведенной на рис. 4.28.

Возможно также нивелирование консолей *по верху*. Для этого нивелир устанавливают с соблюдением правил безопасности на средней консоли противоположного ряда или на специальной площадке, отметку одной из консолей определяют с помощью подвесной рейки, а отметки остальных консолей – по реечным отсчетам на каждой из них.

Наивысшую из отметок принимают за монтажный горизонт, на который будут устанавливаться подкрановые балки при помощи стальных подкладок, и вычисляют толщину подкладок для каждой консоли как разность наивысшей отметки и отметки данной консоли.

На колонны выносят и закрепляют удобную отметку (кратную 0,5 м или 1 м) выше проектной отметки головки рельса.

Разбивка на консолях осей рельсового пути. Разбивка осей рельсов выполняется от продольных осей колонн, для чего внутрь пролета откладывается отрезок c (рис. 4.29), заданный в проекте и равный расстоянию между осями колонн и рельсов.

В зависимости от условий оси рельсового пути могут быть построены сразу на консолях колонн или сначала на полу цеха, а потом перенесены на консоли.

В первом случае осевую риску каждой колонны переносят с помощью теодолита на уровень консоли (рис. 4.29) и от полученной черты откладывают проектный отрезок c , отмечая на консоли ось рельса риской.

Во втором случае от крайних колонн на полу цеха строят оси обоих рельсов подкранового пути и с помощью теодолита наклонным проектированием переносят сначала одну, а потом вторую оси рельсов вверх, закрепляя полученные проекции рисками на всех консолях каждого ряда колонн.

Оси рельсов, кроме того, обозначают насечками на специальных кронштейнах (скобах), закрепляемых на крайних колоннах каждого ряда или монтажного горизонта. Через насечки натягивают тонкую струну и на ней подвешивают над каждой консолью отвесы, по остриям которых совмещают оси балок и рельсов при их укладке.

Если монтаж подкранового пути ведется на значительной высоте или использование теодолита невозможно, то конечные осевые точки рельсового пути проектируют вверх с помощью зенит-прибора.

Между осями рельсов на консолях каждого пролета измеряют расстояние, которое не должно отличаться от проектного более чем на 5 мм.

Целесообразно также измерить и записать на каждой колонне расстояние d от внутренней грани колонны до оси рельса на консоли (рис. 4.29) и использовать его в дальнейшем при укладке подкрановых балок и рельсов. На каждой консоли также обозначают риску её поперечную среднюю линию.

Укладка, выверка и исполнительная съемка подкрановых балок. Перед укладкой выполняют контроль геометрических параметров каждой балки, наносят краской на торцы её продольную ось.

Укладка балки выполняется с помощью крана так, чтобы её торцы оказались на поперечных осях соседних колонн ряда (на средних поперечных линиях консолей).

В проектное плановое положение балка укладывается совмещением её продольной оси (крайних рисок) с осью рельса, обозначенной рисками на консолях.

В проектное положение по высоте балки устанавливают с помощью заранее подготовленных и приваренных к консолям стальных подкладок соответствующей толщины, после чего балки временно закрепляются.

Выверка балок выполняется после их временного закрепления, для чего на верхнюю плоскость каждой балки переносят и закрепляют рисками оси рельсов по натянутой струне с помощью отвесов. При необходимости балку перемещают в нужную сторону (рихтуют) и окончательно закрепляют сваркой закладных металлических пластин на балке и на консолях.

Исполнительная съемка подкрановых балок выполняется по окончании монтажа. Для этого вновь натягивают струну и определяют смещение осей балок относительно струны. Геометрическим нивелированием определяют фактические отметки верха балок на каждой консоли от риска или реперов, закрепляющих монтажный горизонт. По результатам исполнительной планово-высотной съемки составляют исполнительную схему планового положения балок с величинами отклонений от оси рельсов и два профиля вдоль рельсовых осей. На профилях показывают фактические отметки верхней плоскости балок на каждой колонне, проектный горизонт рельсов и вычисляют рабочие отметки (разность проектной и фактической высот опорной плоскости балок), которые являются толщиной подкладок под рельсы для установки их на проектный уровень.

Укладка, выверка и исполнительная съемка рельсового пути. Перед укладкой рельсы осматривают, измеряют их высоту и наносят краской на торцы и головку их *продольные оси*. На концах балок приваривают под рельсы стальные подкладки нужной толщины.

Укладка рельса на подкрановую балку выполняется так, чтобы совместились соответствующие их риски. Укладку рельсов обеих ниток *контролируют* по расстояниям d от внутренней грани колонны и по натянутой струне. Укладку второй нитки контролируют, кроме того, *по расстоянию* L между рельсами промерами от первой нитки компарированной рулеткой, после чего рельсы временно закрепляют.

Так как рулетка провисает под действием своей тяжести, то ее компарирование следует выполнять *на весу*, чтобы не вводить поправку, обусловленную ее провесом. Для этого откладывают на местности отрезок, равный ширине L рельсового пути, и закрепляют его концы, а также середину кольями высотой 0,5-1 м. Торцы кольев с помощью нивелира устанавливают *на одном уровне*, натягивают рулетку поверху кольев и отмечают на торцах крайних кольев отрезок, равный ширине рельсового пути, с учетом поправок за компарирование и температуру. При этом необходимо следить, чтобы при натяжении рулетки усилие не передавалось на колья. При прогибах рулетки между средним и крайними кольями устанавливают дополнительные колья. Потом убирают средний кол и измеряют построенный отрезок на весу при том же натяжении рулетки. Полученный отсчет от нулевого деления рулетки будет соответствовать проектной ширине рельсового пути.

Выверка рельсового пути выполняется на прямолинейность и горизонтальность для каждой нитки отдельно после временного закрепления рельсов.

Прямолинейность первой нитки рельсов выверяют теодолитом, установленным у крайней колонны на оси рельса выше уровня монтажного горизонта. Теодолит ориентируют по противоположной насечке, закрепляющей ось рельсов, и проектируют ее на головку рельсов на каждой консоли. Если ширина балки не позволяет надежно и безопасно установить теодолит на оси, то его укрепляют сбоку оси на кронштейне, который приваривают к закладной пластине колонны, а для наблюдателя устраивают специальную площадку. Прямолинейность рельсов в этом случае выверяется *боковым нивелированием* от параллельной линии по легкой реечке с миллиметровыми делениями, прикладываемой основанием к оси рельса на каждой консоли. По результатам выверки выполняют *рихтовку* рельса на балке с помощью специальных крюков на винтах.

Прямолинейность второй нитки рельсов выверяется аналогично. Кроме того, измеряют компарированной рулеткой расстояние между рельсами *на каждой поперечной оси*. Ширину колеи L вычисляют, вводя поправку за провес мерного прибора по формуле

$$\Delta l = -\frac{8}{3} \cdot \frac{f^2}{L}, \quad (4.17)$$

где f - стрелка провеса рулетки, определяемая на отрезке длиной L от торца среднего кола, установленного на одинаковом уровне с крайними кольями, между которыми натягивается рулетка на весу.

Если ширина рельсового пути *больше* мерного прибора, то оси рельсов с каждого пролета проектируют *вниз* с помощью тяжелых отвесов, опущенных в сосуды с жидкостью (с водой и опилками, машинным маслом т.п.), которые устанавливают в углубления ниже уровня пола (или настила), и на полу (настиле) выполняют контрольные измерения.

Отклонения фактической ширины колеи от проектной не должны превышать 10 мм.

Горизонтальность рельсов выверяется после их окончательной укладки. Для этого на каждом пролете определяют отметки головок рельсов геометрическим нивелированием из середины рельсового пути. Превышение головок рельсов в пределах пролета должны быть в пределах 10 мм. При необходимости недопустимые отклонения рельсов в плане и по высоте устраняют *повторной рихтовкой* рельсов.

Исполнительная плано-высотная съемка рельсового пути выполняется по окончании монтажа рельсов и после *пробной многократной прогонки* мостового крана под нагрузкой. По результатам исполнительной съемки составляют *исполнительную схему*, на которой показывают отклонения фактических параметров пути от проектных (рис. 4.30). К исполнительной схеме прикладывают *профили обеих рельсовых ниток*, составленные после обкатки. Если полученные отклонения превышают допустимые, то их *устраняют дополнительной рихтовкой*.

Погрешности *контрольных* измерений при исполнительной съемке не должны превышать 0,2 допускаемого отклонения параметра от проектного. Это требование достигается применением точных теодолитов и нивелиров (типа Т5 и Н-3 соответственно) и компарированных рулеток с миллиметровыми делениями.

Наблюдения за положением рельсового пути в процессе эксплуатации. В период эксплуатации мостового крана геометрические параметры подкрановых путей изменяются вследствие различных факторов: износа рельсов, неравномерных осадок колонн, температурных колебаний и т.п. Чтобы своевременно предотвратить появление недопустимых отклонений за плановым и высотным положением подкрановых путей *ведутся постоянные геодезические наблюдения*, в состав которых входит: измерение ширины колеи; определение непрямолинейности рельсов; нивелирование рельсов.

В *действующих цехах* часто невозможны непосредственные контрольные измерения параметров рельсового пути от продольных осей колонн. В таких случаях *контроль* точности монтажа подкрановых путей целесообразно выполнять способом косвенных измерений от двух *произвольных створов*, которые *строят* на полу цеха *под крановым путем* в том месте, где это возможно (рис. 4.31).

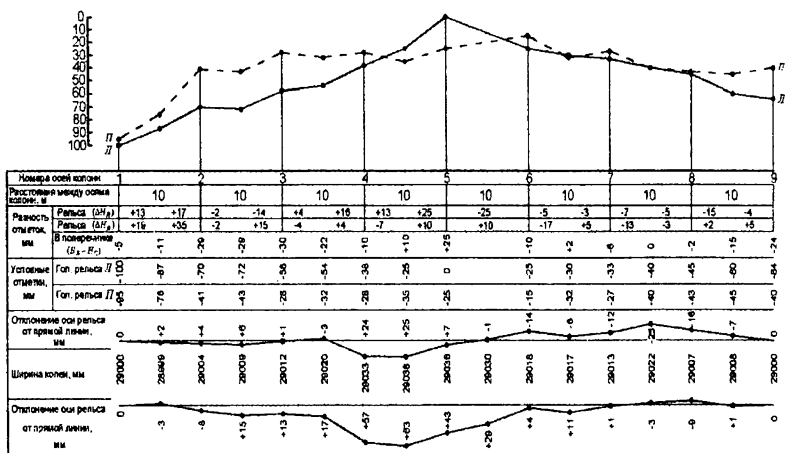


Рис. 4.30. Исполнительная схема плано-высотного положения подкрановых путей

Вдоль *поперечных осей* измеряют расстояния $l_1, l_2, \dots, l_i, \dots, l_n$ между линиями построенных створов. От каждого створа *боковым нивелированием* определяют расстояния до осей рельсов по поперечным осям (на консолях колонн): $a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n$ и $b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_n$, по которым составляют схему рельсового пути (на рис. 4.31 показан ломаными линиями). Конечные точки *одной нитки* соединяют прямой линией и принимают ее за продольную ось (например, линию вдоль оси *A*). Поправки для прямолинейной укладки рельсов этой нитки вычисляют по формуле

$$\delta a_i = a_i - a_1 - \frac{\Delta a_n}{n-1} \cdot (i-1), \quad (4.18)$$

где $\Delta a_n = a_n - a_1$.

Вторую нитку рельсов укладывают после рихтовки первой на проектном расстоянии L от нее. Проектное расстояние L откладывают по всем поперечным осям рулеткой, компарированной на весу, с учетом поправок за температуру и компарирование.

Вторую нитку можно уложить прямолинейно и на проектном расстоянии L от первой также по поправкам δb от второго створа, которые вычисляют по формулам, вытекающим из рис. 4.31.

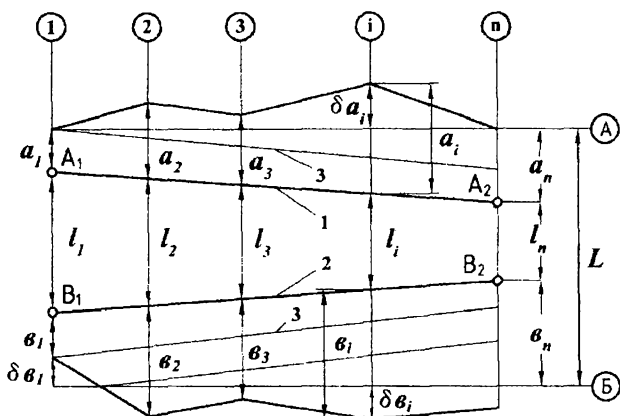


Рис. 4.31. Контроль точности монтажа подкрановых путей способом произвольных створов:
 1 – первый створ; 2 – второй створ; 3 – смещенные створы; А,Б – продольные оси; 1,2,3,...,i,...,n – поперечные оси

Поправка на *первой* колонне

$$\delta v_1 = a_1 + l_1 + v_1 - L. \quad (4.19)$$

Поправка на *последней* колонне

$$\delta v_n = a_n + l_n + v_n - L. \quad (4.20)$$

Поправка на *любой* из промежуточных колонн

$$\delta v_i = v_i - (v_1 - \delta v_1) - \frac{\Delta v_n}{n-1} \cdot (i-1), \quad (4.21)$$

где $\Delta v_n = a_n + l_n + v_1 + \delta v_1 - L$.

Направление перемещения рельса относительно створа показывают знаки поправок δa и δv .

Для наглядности и удобства составляют схему рихтовки путей (аналогичную рис. 4.31), на которой в масштабе 1:1 или 1:2 показывают величины Δa , Δv , δa и δv .

После рихтовки подкранового пути измеряют фактическое расстояние между осями рельсов по каждой поперечной оси, которое не должно отличаться от проектного более чем на 15 мм.

Фактическое расстояние между осями рельсов можно также вычислить по результатам исполнительного бокового нивелирования от каждого из створов (рис. 4.31) по формуле

$$S_i = a_i + v_i + l_n - \frac{l_1 - l_n}{n-1} \cdot (n-i). \quad (4.22)$$

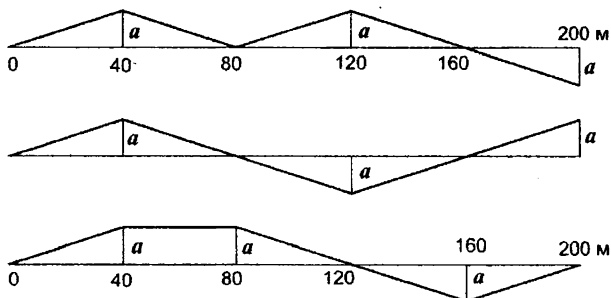


Рис. 4.32. Схемы рихтовки одиночных рельсов с допустимыми отклонениями от прямой, $a = 20$ мм

Высотную выверку подкранового пути выполняют геометрическим нивелированием (обычно с моста крана), а горизонтальность рельсов обеспечивают с помощью подкладок, толщину которых рассчитывают по результатам высотной выверки. При этом следует выбирать минимально допустимую отметку рельса, относительно которой рассчитывается толщина подкладок под рельсы в остальных фиксированных точках.

Рихтовочные данные могут быть получены оперативно и с достаточной точностью *графически* по исполнительной плано-высотной схеме подкранового пути, составленной в масштабе 1:1. Для этого на *плане* и *продольном профиле* проводят *выравнивающие линии*, относительно которых определяют данные для рихтовки отдельных рельсов (длиной 40 м). В *плане* значения рихтовочных величин не должно превышать их возможной величины a (обычно 20 мм в обе стороны от оси балки) (рис. 4.32).

Выравнивающие линии могут быть также *криволинейными* в тех случаях, когда рихтовочные данные от прямых линий превышают их возможную величину или когда при рихтовке нарушается минимально допустимое расстояние от крана до колонны (рис. 4.33).

Рихтовка L , мм	-10		+5	+5	-10	-12		+4	+4	+10		-5	-5			
Отклонения	0	-13	-14	-14	-22	-21	-7	-5	-16	-20	-20	-25	-14	-12	-5	0
оси L от прямой, мм																
Расстояние между осями рельсов, м	16,503	16,502	16,498	16,500	16,501	16,499	16,504	16,501	16,498	16,491	16,496	16,491	16,506	16,499	16,498	16,496
Отклонения																
оси L от прямой, мм		+15	+12	+14	+23	+20	+11	+6	+12	+11	+15	+16	+19	+11	+3	-4
Рихтовка L , мм	+5	-5			-5	-5	+5	+10	+5	+5			-5	+5	+10	

Рис. 4.33. План подкранового пути с рихтовочными данными от кривых выравнивающих линий

Криволинейные выравнивающие линии *в профиле* проектируют в случае больших перепадов отклонений от прямой линии между смежными колоннами.

Криволинейные выравнивающие линии целесообразны также при рихтовке с минимальным объемом работ.

4.16. УСТАНОВКА БАЛОК И ФЕРМ

Промышленное здание сверху имеет перекрытие, которое одновременно является и крышей. Такое устройство называется *покрытием*.

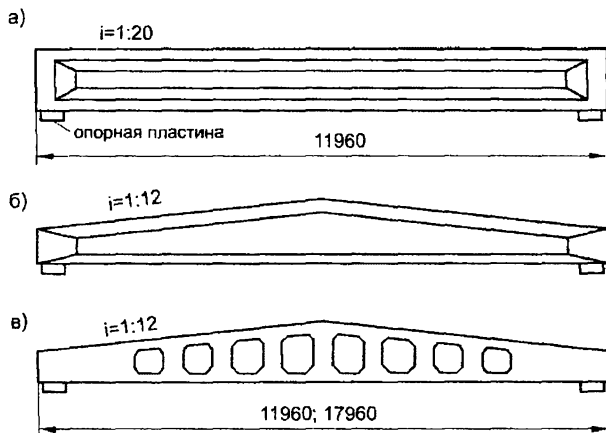


Рис. 4.34. Железобетонные стропильные балки: а – односкатная с горизонтальными поясами; б – двускатная сплошная; в – двускатная решетчатая

Покрытие состоит из основных несущих конструкций (балок или ферм), называемых стропильными, и ограждения в виде железобетонных плит (панелей), укладываемых по несущим конструкциям.

Основные несущие конструкции устанавливают вдоль поперечных осей, и они опираются на стены здания или колонны.

Верхняя поверхность балки или фермы, на которую укладываются панели покрытия, называется *верхним поясом*, а нижняя, концы которой являются опорными, – *нижним поясом*.

Длина несущей конструкции называется *пролетом*, а расстояние между ними – ее *шагом*.

По верхнему поясу основных конструкций размещены закладные металлические пластины для крепления плит покрытия, а на концах с нижней стороны – стальные пластины с вырезом для крепления к колоннам.

Балки и фермы чаще всего изготавливают из железобетона.

Стропильные балки бывают односкатные с параллельными поясами, двухскатные (с уклоном $i = 1:12$), сплошные или решетчатые (рис. 4.34). Их устанавливают в зданиях с шагом колонн 6 и 12 м с пролетами 12 и 18 м.

Стропильные фермы представляют собой геометрически жесткую решетчатую конструкцию, образованную вертикальными стойками и наклонными связями (раскосами) между верхним и нижним поясами (рис. 4.35). Место соединения стойки или раскоса с поясом называется *узлом фермы*. Решетка фермы располагается между поясами таким образом, чтобы панели покрытия (их ширина 1,5 или 3 м, а длина равна шагу ферм) опирались на фермы в узлах стоек и раскосов. По очертаниям поясов фермы бывают сегментные, арочные и с параллельными поясами.

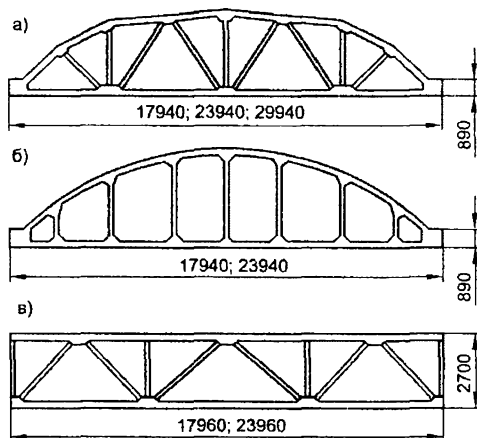


Рис. 4.35. Железобетонные стропильные фермы: а – сегментные; б – арочные; в – с параллельными поясами

Если шаг колонн больше шага ферм или балок, и некоторые из них не попадают на колонны, то для опирания стропильных конструкций укладывают на колонны продольных рядов *подстропильные балки или фермы* длиной обычно 12 м (рис. 4.36).

Их устанавливают вдоль здания по верху колонн и скрепляют сваркой закладных деталей. Для опирания строительных балок и ферм по концам и в середине подстропильных конструкций имеются закладные детали с анкерными болтами. Стропильные конструкции соединяются с подстропильными анкерными болтами и сваркой.

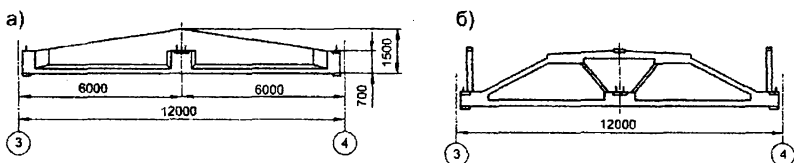


Рис. 4.36. Подстропильные железобетонные конструкции:
а – балка; б – ферма

Для монтажа балок и ферм на оголовки колонн наносят продольные и поперечные оси с помощью теодолита и закрепляют их рисками. На торцах устанавливаемых балок и ферм наносят краской риски их продольных геометрических осей.

В плановое положение балку или ферму устанавливают совмещением ее осевых рисок с рисками поперечных осей колонн (рис. 4.37).

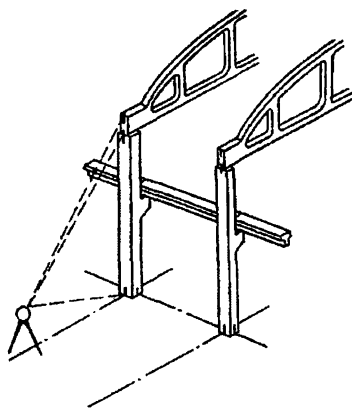


Рис. 4.37. Схема установки и выверки ферм

В вертикальное положение балки и фермы устанавливают при помощи отвесов или теодолита (рис. 4.37) подкладкой на оголовки колонн стальных пластин необходимой толщины.

По окончании монтажа выполняют *выверку* каждой фермы. Выверка заключается в определении *горизонтальности* и *прямолинейности* нижнего пояса фермы, а также *вертикальности* ее плоскости.

Горизонтальность выверяется нивелированием узловых точек нижнего пояса. Стрелка прогиба нижнего пояса, равная разности среднего отсчета по рейке на концах нижнего пояса и отсчета по рейке в его середине, не должна быть более 1:1500 длины фермы, но не более 10 мм.

Прямолинейность выверяется по натянутому между концами балки шнуру (струне).

Вертикальность плоскости фермы определяется по отклонению нижнего узла фермы в середине пролета от нити отвеса, укрепленного в той же плоскости на верхнем узле, которое измеряется миллиметровой линейкой и не должно быть более 1:250 высоты фермы.

В процессе выверки измеряют также *расстояния* между осями соседних ферм (балок) по верхнему поясу, на которые опираются панели покрытия. Отклонения измеренных расстояний от проектных допускаются не более 5 мм.

Если до монтажа ферм разбивочные оси не были вынесены на оголовки колонн и плановое положение ферм оказалось произвольным, то продольные и поперечные оси выносят на нижний пояс ферм с некоторым смещением (на 3-5 м). От этих осей устанавливают в проектное положение ригели, прогоны и другие конструкции.

4.17. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

4.17.1. Крупнопанельные здания

Крупнопанельные – это такие здания, которые монтируются из крупных плоскостных элементов – *панелей* (нем. *paneel* – крупноразмерный плоский элемент строительной конструкции заводского изготовления). Панели имеют высокую заводскую готовность: отделанные наружные и внутренние поверхности, вмонтированные окна и двери и др. детали. Применение панелей значительно сокращает сроки и стоимость строительства, позволяет более широко использовать в строительстве средства механизации и автоматизации.

По конструктивной схеме крупнопанельные здания делятся на два основных типа (рис. 4.2): бескаркасные и каркасные. *Бескаркасные* схемы используются, главным образом, в жилищном строительстве, а *каркасные* – при строительстве общественных и промышленных зданий, а также многоэтажных жилых домов.

Высоту и длину панелей выбирают с учетом деления (*разрезки*) стен на конструктивные элементы. При *одноразрядной* разрезке высота панели стены соответствует высоте этажа, а ширина – одной или двум комнатам (рис. 4.38, а, б). В *каркасно-панельных* зданиях используют *двухразрядную* разрезку (рис. 4.38, в).

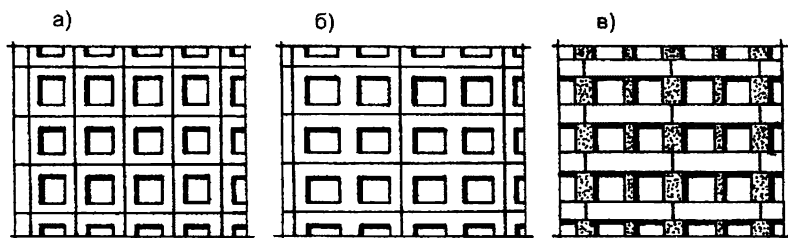


Рис. 4.38. Типы разрезки панельных стен:
а – одноразрядная на одну комнату; б – то же на две комнаты; в –
двухразрядная полосовая

Бескаркасные здания (рис. 4.39) возводят из крупных панелей, выполняющих функции несущих и ограждающих конструкций. По месту расположения различают стеновые панели *наружные* (по контуру здания, образующие наружные стены) и *внутренние* (образующие внутренние стены, которые разделяют внутреннее пространство здания на отдельные помещения). *Наружные стены* всегда являются несущими. *Внутренние стены* здания могут быть как несущими, так и ненесущими. Различают дома: с *несущими поперечными стенами* (рис. 4.39, а), в которых вертикальную нагрузку принимают на себя поперечные наружные стены; с *несущими продольными стенами* (рис. 4.39, б), в которых вертикальную нагрузку принимают на себя продольные наружные стены; с *несущими продольными и поперечными стенами* (рис. 4.39, в), в которых вертикальную нагрузку принимают на себя наружные и внутренние стены.

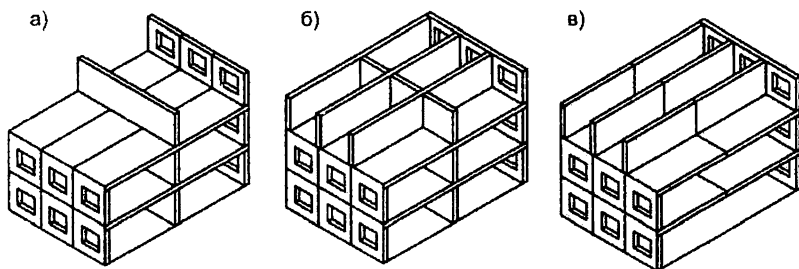


Рис. 4.39. Схемы крупнопанельных бескаркасных зданий:
а – с несущими поперечными стенами; б – с несущими продольными стенами;
в – с несущими продольными и поперечными стенами

Пространственная жесткость и устойчивость здания обеспечивается взаимной связью между панелями стен и перекрытий. *Стыки* стеновых панелей между собой и панелями перекрытий являются наиболее ответственными узлами в конструкции панельных зданий.

По расположению различают стыки горизонтальные и вертикальные.

На *вертикальных* стыках панели соединяют с помощью стальных связей (накладок), привариваемых к закладным деталям стыкуемых панелей, или при помощи выпущенных из панелей стальных петель, соединяемых стальными скобами. Вертикальный стык *герметизируют* от проникновения влаги и продувания упругими прокладками из резины, после чего заклеивают с наружной и внутренней сторон специальной мастикой. Применяют также безметалльный *шпоночный шов*, в котором стык обеспечивается специальной формой стыкуемых граней с заливкой зазоров цементным раствором.

В *горизонтальных* наружных стыках верхнюю стеновую панель скрепляют с нижней панелью цементным раствором (рис. 4.40). Верхняя панель имеет противодождевой выступ с наружной стороны, закрывающий горизонтальный стык сверху. На наклонной части шва раствор не укладывают, в результате чего создается воздушный зазор, предохраняющий от капиллярного проникновения влаги снаружи через раствор. С наружной стороны стык заполняют утепляющей прокладкой и покрывают герметизирующей мастикой.

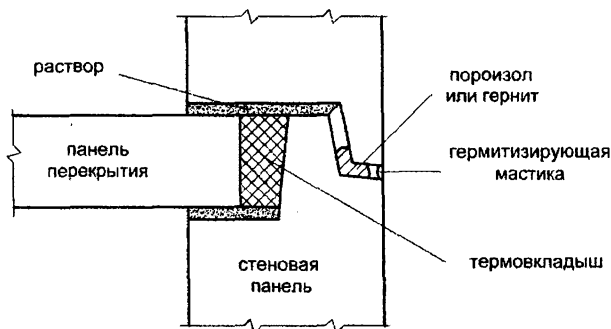


Рис. 4.40. Горизонтальный стык наружных панелей

Соединение панелей *внутренних стен* выполняют сваркой закладных деталей. *Вертикальные швы* заполняют упругими прокладками и заливают бетоном или цементным раствором.

Панели *стен и перекрытий* соединяют между собой при помощи оцинкованных накладок и болтов или сваркой металлических связей к закладным деталям, которые строго фиксируются при изготовлении панелей.

Монтаж стеновых панелей выполняется *свободно* или *принудительно*.

При свободном монтаже панели в проектное положение устанавливаются сразу и закрепляются без предварительного закрепления и выверки в плане и по высоте. Ориентирами при установке панелей являются вынесенные на монтажный горизонт геодезическими методами разбивочные оси или риски. Свободный монтаж применяется редко, так как всегда имеются препятствия для свободной установки панелей в плане и по высоте (отметка дна котлована, плановое положение и отметка фундамента и т.п.).

При **принудительном** способе панели в проектное положение устанавливаются и временно закрепляются при помощи специальных приспособлений и оборудования (клиньев, подкосов, растяжек, торцевых стоек, одиночных и групповых кондукторов и т.п.). После выверки панели окончательно закрепляются (обычно сваркой).

Принудительным способом выполняется монтаж панелей также при помощи *фиксаторов* (рис. 4.41). *Простейший фиксатор* представляет собой два штыря на верхней грани панели и две соответствующие лунки (углубления) на нижней грани панели, а также соединительные устройства (замки), расположенные в верхней части торцевых граней панелей. Монтируемая панель устанавливается лунками на штыри панели нижнего этажа с одновременным соединением замков. Дополнительных операций по закреплению и выверке монтируемой панели не требуется. При этом точность положения каждой устанавливаемой панели зависит от точности установки ранее смонтированной панели.

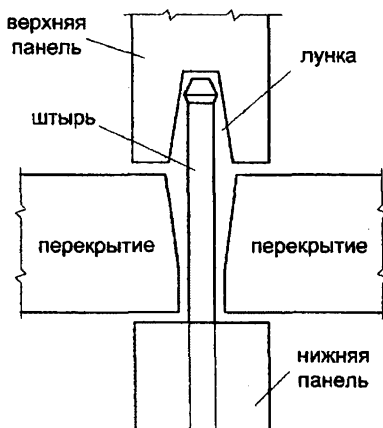


Рис. 4.41. Фиксатор для принудительной установки панелей

Каркасно-панельные здания состоят из несущего каркаса и ограждающих панелей. Основным элементом каркаса являются *сборные*

колонны на всю высоту здания, состоящие из отдельных колонн (ярусов) на один, но чаще всего на два этажа. Каркасно-панельные здания могут быть как с полным, так и с неполным каркасом (рис. 4.42). Неполный каркас, требующий несущих панелей, применяется в зданиях небольшой высоты.

Основным требованием к каркасу является его *прочность* и *пространственная жесткость*. Как правило, каркасы выполняются из железобетона. Каркас здания образуют колонны и ригели, опирающиеся на консоли колонн. Расположение ригелей может быть как *поперечным*, так и *продольным* (рис. 4.42, а, б).

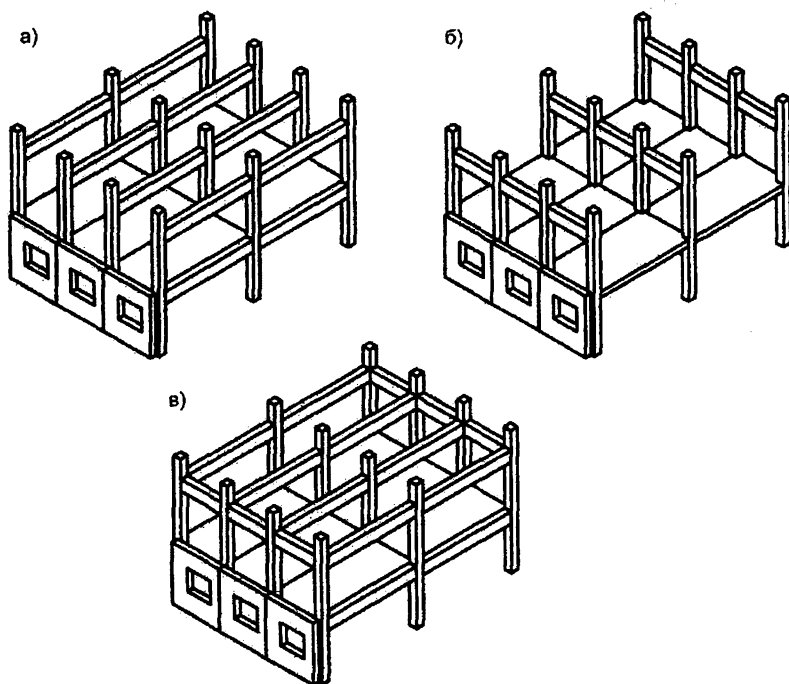


Рис. 4.42. Схемы каркасных крупнопанельных зданий:
а – продольное расположение ригелей; б – поперечное расположение ригелей;
в - полный каркас

Применяется и *безригельный* вариант с опиранием перекрытий непосредственно на колонны. На полки ригелей опираются *панели перекрытий*. Стены состоят из панелей, соединяемых с элементами каркаса и между собой сваркой закладных деталей.

Сопряжение элементов каркаса достигается сваркой закладных деталей ригелей и колонн, после чего все швы и зазоры между стыкуемыми элементами заливаются раствором и место стыка оштукатуривается (рис. 4.43).

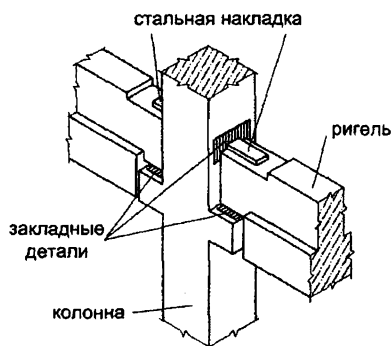


Рис. 4.43. Сопряжение ригелей и колонн

Наиболее ответственными местами сборного каркаса являются его узлы, в которых стыкуются между собой отдельные элементы сборных колонн. Стыки обычно осуществляются сваркой закладных деталей.

Наиболее простым стыком двух частей сборной колонны является непосредственное опирание на сварные оголовки в их торцах (рис. 4.44, а). Верхний оголовок имеет стальную или бетонную центрирующую прокладку. Выпуски арматуры соединяют сваркой и стык замоноличивают мелкозернистым бетоном или цементным раствором.

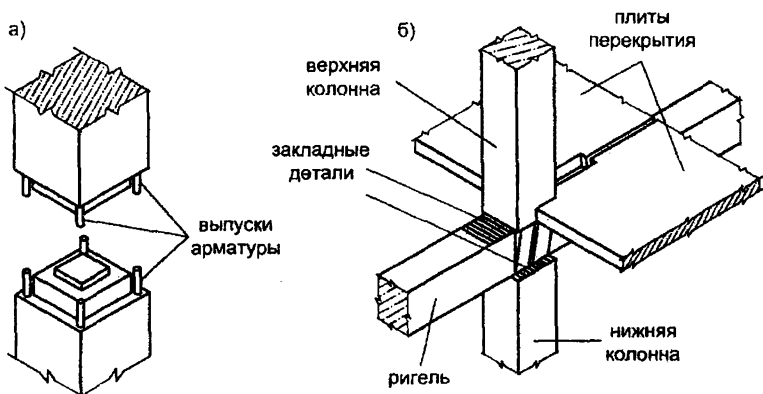


Рис. 4.44. Стыки колонн: а – со сварным оголовком; б – платформенный

Колонны могут опираться друг на друга через ригели (*платформенный стык*) (рис. 4.44, б). Стык закрепляют сваркой стальных закладных деталей в торцах колонны и опорных плоскостях ригелей. Платформенный стык колонн может быть решен не через ригель, а через перекрытие размером на комнату.

Навесные панели стен могут крепиться в зависимости от их положения к колоннам, ригелям и крайним плитам. Крепление осуществляется с помощью стальных стержней, привариваемых к закладным деталям (рис. 4.45).

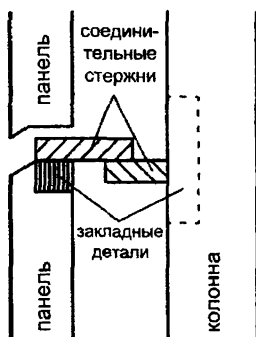


Рис. 4.45. Крепление стеновых панелей к колонне

Чтобы своевременно производить геодезические работы, необходимо знать технологическую последовательность монтажа зданий.

4.17.2. Геодезические работы при сооружении гражданских панельных зданий

Основными элементами крупнопанельных зданий являются: фундаменты, стены (наружные и внутренние), перекрытия, лестничные площадки и марши, лифтовые шахты, сантехузлы, вентиляционные блоки, крыши.

Геодезические работы начинаются до строительно-монтажных работ с выноса и закрепления на местности основных осей здания, установки обноски (обычно инвентарной, состоящей из металлических стоек, забиваемых в грунт и скрепляемых хомутами с трубчатым ограждением) на расстоянии

3-4 м от наружных стен, чтобы не мешать рытью котлована и монтажу фундамента, и переноса на обноску основных и дополнительных осей здания.

По окончании рытья котлована через ограждение обноски натягивают по осям здания тонкие проволоки (нити) и переносят вниз их пересечения с помощью отвесов. В местах пересечения осей устанавливают

маячные фундаментные блоки и выверяют их положения в плане и по высоте. По маячным блокам укладывают рядовые блоки на цементном растворе. Верхний обрез сборного фундамента по нивелиру выводят до проектной отметки с помощью выравнивающего слоя цементного раствора.

При наличии подвала монтируют блоки его стен так же, как и фундаментные блоки, и укладывают на проектной отметке с помощью нивелира плиты перекрытия над подвалом (разность отметок по углам перекрытия допускается не более 20 мм).

На перекрытии создают и закрепляют *внутреннюю плано-высотную сеть здания* с погрешностью не более 2 мм и выносят основные и монтажные оси.

На перекрытиях делают также *разметку* (носят ориентирные риски) под панели наружных и внутренних стен. Разметку для панелей *наружных стен* выполняют от *основных осей*, а для разметки панелей *внутренних стен* выносят *дополнительные оси*. Для каждой панели наносят на перекрытии *три ориентирные риски* (рис. 4.46): две продольные и одну поперечную. *Продольные риски* наносят параллельно разбивочным осям на расстоянии 200 мм от грани панели, т.е. на расстоянии от оси $\frac{P}{2} + 200\text{мм}$, где P - ширина панели. *Поперечные риски* наносят на расстоянии 200 мм от торца устанавливаемой панели. Разметку ориентирных рисков выполняют однообразно на всех междуэтажных перекрытиях.

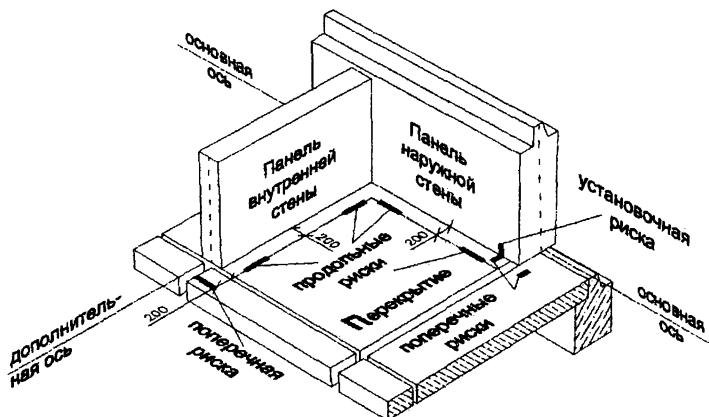


Рис. 4.46. Разметка ориентирных рисков для установки стеновых панелей

Перед установкой выполняют *контроль* геометрических параметров панелей (рис. 4.47), для чего измеряют длину l , высоту h , ширину P (они характеризуют параллельность граней панели), а также длины диагоналей d ,

разность которых характеризует перекося панели. Измерение параметров l , h , P выполняют в трех разных местах (на рис. 4.47 точки 1, 2, 3): в середине и на расстоянии $0,1$ величины параметра l или h от краев панели.

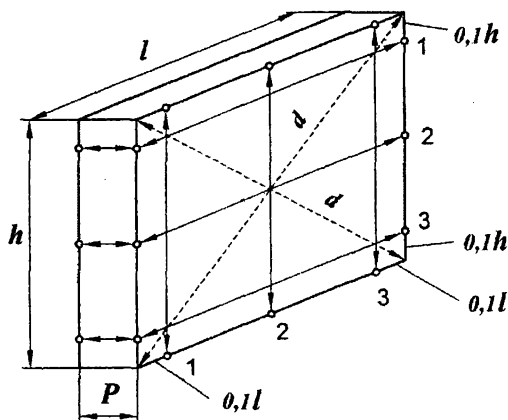


Рис. 4.47. Контроль геометрических параметров стеновых панелей

До установки панелей стен выравнивают для них опорную площадку с помощью бетонного раствора. Для этого *нивелируют* не менее двух точек в местах установки каждой панели таким образом, чтобы была определена высота *наивысшей точки* (обычно это стыки смежных перекрытий или перекрытий и наружных стен). К отметке наивысшей точки прибавляют минимальную толщину растворного слоя (5 мм) и получают *отметку монтажного горизонта* (расчетную отметку низа панелей), на которую выводят по два *бетонных знака (маяка)* под каждую панель на расстоянии 20-40 см от ее торцов (рис. 4.48). Толщину маяков вычисляют как разность

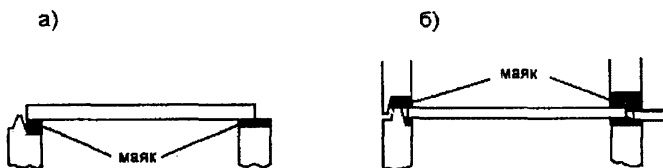


Рис. 4.48. Маяки на монтажном горизонте:
а – под панели перекрытий; б – под стеновые панели

отметки монтажного горизонта и фактической отметки места установки маяка. Отличие отметок маяков от отметки монтажного горизонта допускается не более 10 мм. С помощью маяков раскладывают раствор бетона на уровень монтажного горизонта по всей длине устанавливаемой панели.

Устанавливают сначала маячные панели наружных стен этажа (по углам здания и через 20-30 м). Панель подводят краем к месту установки с внешней стороны здания и опускают строго вертикально на подготовленное основание. В плановое положение панель устанавливают по ориентирным рискам на перекрытии, проверяют установку по наружной грани и временно закрепляют с помощью подкосов.

После временного закрепления наружных панелей *устанавливают* и временно закрепляют внутренние панели по предварительно размеченным рискам. Если панели устанавливают на штыревые закладные фиксаторы, то предварительно выполняется их закладка и выверка.

По окончании монтажа всех панелей выполняют *планово-высотную исполнительную съемку этажа*. Съемку каждой панели выполняют по четырем угловым точкам (двум внизу и двум вверху).

Положение низа панели проверяют промерами рулеткой от тех же ориентирных рисок, по которым панель устанавливалась в проектное положение. Вертикальность панелей выверяют *рейкой-отвесом* (рис. 4.49, а), *боковым нивелированием* или *прибором вертикального проектирования* (ПВП) через отверстия в перекрытиях (рис. 4.49, б).

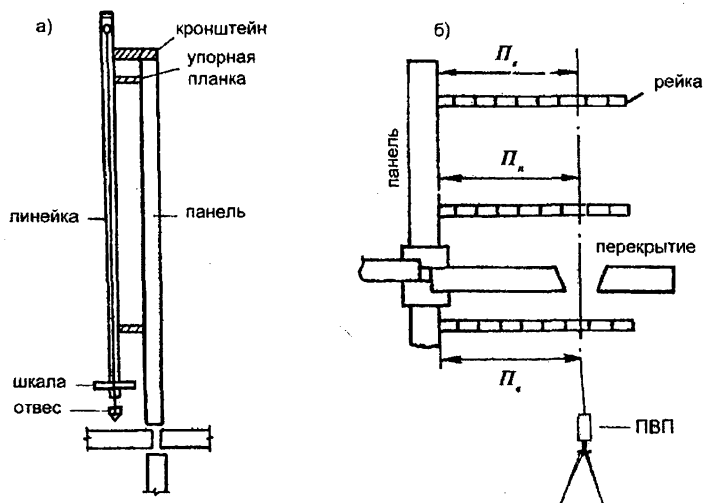


Рис. 4.49. Схема выверки панелей:
а – отвес-линейкой; б – прибором ПВП

Отвес-линейка представляет собой планку с кронштейном и упорами для укрепления к верхнему торцу панели параллельно ее вертикальной плоскости. В верхней части линейки имеется отверстие для подвеса нити отвеса, которое находится на одной отвесной линии с нулевым делением миллиметровой шкалы, расположенной в нижней части линейки. Нить отвеса, пересекающая шкалу, указывает величину и направление отклонения панели от вертикали.

При выверке вертикальности панелей прибором ПВП для каждой панели выполняют два отсчета по горизонтальной рейке: внизу *Пн* иверху *Пв*. Разность отсчетов *Пв-Пн* для одной и той же панели является ее отклонением от вертикали в линейной мере, а эта же разность на панелях смежных этажей является смещением панелей с вертикальной оси.

При плано-высотной съемке этажа нивелируют также все панели перекрытия в четырех угловых точках каждую.

По результатам *плано-высотной съемки* составляют *исполнительную схему этажа*, на которой показывают: величину и направление отклонения двух крайних точек каждой панели от разбивочной оси (допустимая величина отклонения 4мм) и от вертикали (допустимая величина отклонения 5 мм) и выделяют те панели, которые установлены с нарушением этих допусков. На *исполнительной схеме* показывают также отклонения от отметки монтажного горизонта каждого из четырех углов панели перекрытия. Допускается разность в отметках двух смежных элементов до 8 мм. Недопустимые отклонения устраняются (панели в вертикальное положение приводят вращением стяжных муфт подкосов), после чего сборные конструкции скрепляются между собой окончательно, и составляется *окончательная исполнительная схема этажа* – основной документ приемки этажа.

Незначительные отклонения от указанных допусков не вызывают серьезных осложнений, так как они могут быть компенсированы за счет толщины швов, зазоров, прокладок и т.п.

После установки панелей этажа образуются *лестничные клетки*, в которых сразу монтируют *лестницы*, проверяя точность их опирания и горизонтальность ступеней по уровню. Лестничный марш должен точно примыкать к стеновым панелям.

Плиты перекрытия следующего этажа укладывают от лестничных клеток, выводя их на проектный уровень в горизонтальное положение с помощью нивелира, а в плане - по рискам.

Для монтажа надземной части переносят вверх на перекрытия каждого этажа разбивочные и смещенные оси с погрешностью не более 2 мм *наклонным проектированием* теодолитами типа Т2 и Т5 или *приборами вертикального проектирования*. На каждом этаже в точках пересечения поперечных и продольных смещенных осей *измеряют полученные углы*, которые не должны отличаться от прямых более чем на 45". Линии измеряют стальной компарированной рулеткой с относительной погрешностью не более 1:7000.

Весьма ответственным является *монтаж лоджий*. После временной установки стенки лоджии сразу же выполняется ее выверка, так как

конструкция лоджии требует срочной приварки этой стенки к примыкающей наружной панели. Отклонение оси панели лоджии в плане относительно поперечных разбивочных осей допускается 4 мм, а по вертикали 5 мм.

При монтаже высотных зданий (выше 16 этажей) создают *внутреннюю сеть* на перекрытии подземной части от знаков внешней основы в виде прямоугольника или двух смежных прямоугольников. Пункты этой сети *переносят* вертикальным проектированием через отверстия в перекрытиях *на каждый этаж* и от них *развивают* плановые сети на монтажных горизонтах.

Координаты точек и расстояния между ними на перекрытии каждого этажа должны быть равны проектным *в пределах точности их переноса по вертикали*. В тех случаях, когда вверх спроектированы только *две исходные точки*, находящиеся на одной параллельно смещенной линии (лучше всего на продольной), то *плановую основу этажа* развивают от этой линии. Точность построения плановой основы в этом случае может быть определена по формуле

$$m = \sqrt{m_s^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho} \cdot S\right)^2}, \quad (4.23)$$

где S - длина линии, m_s - средняя квадратическая погрешность измерения линии, m_β - средняя квадратическая погрешность измерения углов.

Пример. При $S = 60\text{ м}$, $m_\beta = 5''$ (для теодолита Т5), относительной погрешности измерения линии 1:50000 (2 мм на 100 м)

$$m = \sqrt{(2 \cdot 0,6)^2 + \left(\frac{5'' \cdot 60000}{206265''}\right)^2} = \sqrt{1,4 + 2,1} = \sqrt{3,5} = 1,9\text{ мм}.$$

С учетом погрешности перенесения пунктов на исходный горизонт (*относительная погрешность порядка 1:25000*) и вертикального проектирования на монтажный горизонт (*порядка 1 мм*) общая погрешность плановой сети монтажного горизонта составит около 3мм, что вполне достаточно для геодезического обеспечения всех видов работ на этаже.

4.17.3. Геодезические работы при сооружении гражданских каркасно-панельных зданий

Основной частью сборных каркасно-панельных зданий является **сборный каркас**, обычно железобетонный, который состоит из колонн, ригелей, панелей перекрытий и *вертикальных связей* – *диафрагм жесткости* (вертикальных стен из сборных железобетонных панелей толщиной 120 мм, соединяемых с элементами каркаса и между собой сваркой закладных деталей). Вертикальные связевые стены проходят по всей высоте здания и образуют так называемое **ядро жесткости** (рис. 4.50), которое

обычно располагается в центральной части здания и используется для размещения лифтовых и коммуникационных шахт, лестничных клеток.

Вертикальные связевые стены закрепляются в фундаментах и соединяются с перекрытиями, которые в свою очередь являются **горизонтальными диафрагмами жесткости**.

Для обеспечения большей жесткости каркаса высотных зданий, кроме того, создают **специальные горизонтальные перекрытия (диски)**, образующие так называемые **технические этажи**, которые используются для размещения инженерного оборудования.

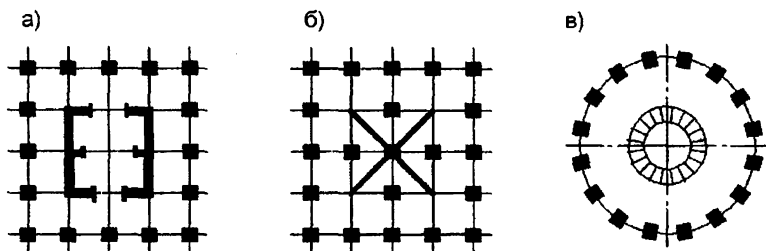


Рис. 4.50. Вертикальные связевые стены:
а – коробчатые; б – крестообразные; в - кольцевые

Иногда железобетонные ядра жесткости возводят **монолитными** до монтажа каркаса.

Геодезические работы начинаются с выноса основных осей здания и разбивки фундаментов-стаканов под колонны. В состав работ *по монтажу фундаментов* входят: зачистка основания до проектной отметки на песчаных грунтах или подсыпка песка до проектной отметки, если фундаменты возводятся на других грунтах; вынос фундаментов на подготовленное основание; установка фундаментов в проектное положение; выверка планового положения фундаментов и отметок дна стаканов; засыпка грунта до верха смонтированных фундаментов.

Основной элемент каркаса – сборные колонны на всю высоту здания. Отдельная часть колонны (**ярус**) имеет высоту на один, но чаще всего на два этажа. **Колонны подземной части здания** устанавливают в подготовленные фундаменты стаканного типа. Колонну поднимают краном над фундаментом, приводят ее основание в проектное положение по осевым рискам на колонне и фундаменте. **Установку колонны проверяют** в двух взаимно перпендикулярных направлениях и по высоте. После **выверки** колонна закрепляется монтажными приспособлениями и кран освобождается, а бетонирование колонны в фундаменте выполняет звено бетонщиков.

По горизонтальной рейке, прикладываемой к нижним осевым рискам колонн, определяют их **смещение с разбивочных осей**. Сравнением нижних и

верхних отсчетов по горизонтальной рейке определяют *отклонение колонны от вертикали* (допустимое отклонение не более 5 мм).

На установленных колоннах *нивелируют консольные выступы*, на которые укладываются ригели каркаса. Допустимое отклонение от проектной отметки в пределах подполья не должно превышать 5 мм.

Перед укладкой ригелей на консоли колонн выпрямляют арматурные выпуски и очищают закладные детали. *В поперечном направлении* ригели укладывают совмещением их осей (выпуски верхней арматуры) с осями колонн (выпуски арматуры). *В продольном направлении* ригели укладывают, соблюдая равенство площадей опирания на консоли колонн. После *выверки ригелей* их опорные закладные детали приваривают к консолям колонн. Вначале монтируют *нижние*, а потом *верхние* ригели.

Связевые плиты жесткости укладывают на полки приваренных к консолям ригелей и временно закрепляют их, после чего выполняется *исполнительная плано-высотная съёмка* установленного каркаса, по результатам которой выявляют и устраняют недопустимые отклонения элементов каркаса. *Исполнительную съёмку каркаса* выполняют также после окончательного закрепления сваркой всех элементов каркаса. *На исполнительной схеме* показывают: величину отклонения от проекта геометрической оси каждой колонны и отметки их консолей и оголовков; положение оси ригелей, отметки его концов и т.д. Исполнительная схема является *основным документом* при приемке каркаса техподвала и каждого яруса каркаса.

Плиты перекрытий укладывают на ригели и после выверки и необходимых исправлений сваривают с закладными деталями ригелей и колонн.

Стеновые панели, как правило, являются навесными и конструктивно независимой частью каркасного здания. Их монтируют после закрепления несущей конструкции. Предварительно выполняют *разметку панелей и колонн* (рис. 4.51): на панели отмечают *грань и уровень подвески*, а на колонне – *две установочные риски для каждой панели*. Совмещением рисков панель устанавливают в проектное положение и временно закрепляют подкосами ее вверх к плитам перекрытия или к колоннам, после чего выполняется выверка панели и постоянное закрепление ее низа.

Монтаж панелей наружных стен смежных этажей выполняется одновременно после монтажа каркаса верхнего этажа.

На полу или перекрытии техподполья от пунктов внешней основы создают *плано-высотную внутреннюю сеть здания* (исходную), которая проектируется на перекрытия каждого яруса (*ярус – два этажа*), т.е. на каждый нечетный этаж. Перенос пунктов *плановой сети* выполняется способом вертикального проектирования, а *высотной* – техническим нивелированием с закреплением не менее двух реперов на каждом ярусе.

От перенесенных на этажи пунктов и линий *плановой сети* выносят на *оголовки колонн* и закрепляют рисками *продольные и поперечные оси здания* полярным способом или способом бокового нивелирования, если линии

внутренней сети параллельны основным осям здания. В этом случае над зенитной (перенесенной) точкой центрируют теодолит и ориентируют его на другую зенитную точку линии параллельно смещенной оси. Горизонтальную реечку или рулетку с миллиметровыми делениями прикладывают к оголовку колонны нижележащего этажа (яруса) и устанавливают ее на отсчет, равный смещению оси. По пятке рейки или нулевому делению рулетки отмечают карандашом на колонне положение разбивочной оси при двух положениях вертикального круга, закрепляя среднее положение яркой краской.

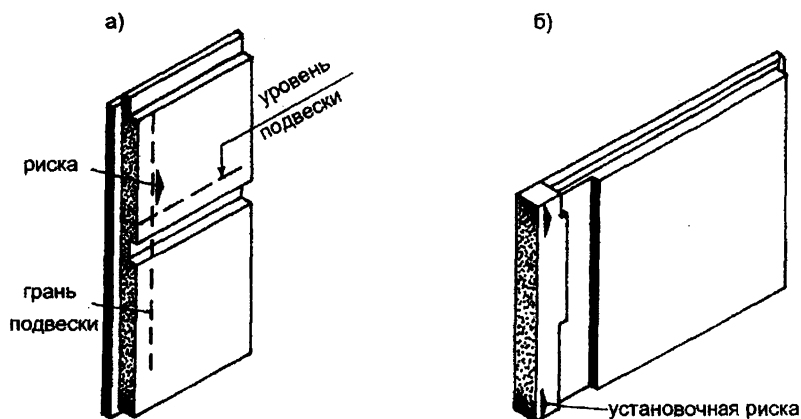


Рис. 4.51. Разметка навесных панелей (а) и колонн (б)

При выносе основных осей на этажах допускается их смещение относительно осей исходного горизонта до 5 мм на *первых пяти этажах* и до 8 мм – на *последующих*. В дальнейшем эти оси являются *исходными* для разбивочных работ и исполнительных съемок на этажах.

На *каждом этаже* разбивают одноименные оси, определяющие положение колонн, ригелей, а также панелей, ограждающих лифтовые шахты, неправильная установка которых может привести к несоответствию габаритов шахты и лифта на том или ином этаже.

На *каждом этаже* после монтажа панелей перегородок укладывают наружные ригели, центрируют их по осевым рискам и приваривают к колоннам, предварительно выполнив *выверку* колонн в осях и по вертикали. Обе задачи решаются способом *бокового нивелирования* при помощи точного нивелира. Этим же способом выверяют плановое положение перегородочных панелей.

Исправив после *исполнительной съемки* положение *перегородочных панелей*, перекрывают их ригелями и укладывают перекрытие следующего этажа.

После плано-высотной *выверки* и необходимых исправлений панели перекрытия сваривают с колоннами и ригелями, а потом выполняют *исполнительную съемку готового участка этажа*. Затем монтируют вертикальные диафрагмы жесткости, перегородочные панели, шахты лифтов и другие сборные элементы. Геодезическая *выверка* планового положения *лифтовых шахт* обязательно выполняется *на каждом этаже*.

Порядок работы на *четных* этажах аналогичен, с той разницей, что колонны на четных этажах не устанавливают.

По окончании монтажа верхнего этажа от осей, вынесенных на верхнее перекрытие (или от параллельно смещенных линий), проверяют установку парпетных (ограждающих крышу) панелей и вентиляционных блоков.

4.18. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗДАНИЙ ИЗ ОБЪЕМНЫХ БЛОКОВ

Объемными (объемно-пространственными) блоками называются крупные железобетонные коробки в виде отдельных помещений или квартир, изготавливаемых в заводских условиях. *Объемные блоки* доставляются на строительную площадку с законченной наружной и внутренней отделкой, установленным внутренним оборудованием. На строительной площадке выполняется только монтаж блоков на заранее подготовленный фундамент, заделка стыков, сопряжение коммуникаций и устройство кровли.

Здания из крупных объемных блоков бывают следующих конструктивных типов (рис. 4.52):

- блочные (наиболее применяющиеся) – из отдельных *несущих* объемных блоков, которые устанавливаются один на другой;
- панельно-блочные, состоящие из несущих объемных блоков в сочетании с плоскими панелями стен и перекрытий;
- каркасно-блочные, состоящие из каркаса, на который опираются объемные блоки.

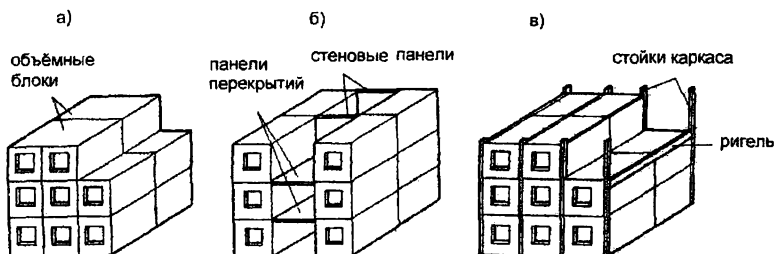


Рис. 4.52. Конструктивные схемы зданий из объемных блоков:
 а – блочная; б – панельно-блочная; в – каркасно-блочная

Способы опирания блоков друг на друга определяют и *конструкцию фундаментов* здания. В *блочных* и *каркасных* зданиях по углам применяют *столбчатые* фундаменты. При опирании блоков по *контуру* или по *двум сторонам* применяют *ленточные* фундаменты. Наиболее целесообразным видом фундаментов являются *свайные*.

Крыша здания из объемных блоков может быть совмещенной из специальных панелей или скатной из сборных пространственных элементов.

Объемный блок – это готовая или подготовленная под отделку железобетонная коробка с установленным инженерным оборудованием (остеклены окна, навешены двери, смонтированы трубопроводы и санитарно-технические приборы и др.).

До монтажа блоков на каждом монтажном горизонте выносят и закрепляют рисками *проектные оси*, а также *четыре марки по углам* в местах установки блока на проектную высоту. По *периметру блока* укладывают и выравнивают полосу раствора шириной 150-200 мм на 3-5 мм выше марок.

При монтаже блоки подают к месту установки краном (вес блока составляет 20 т и более). Блоки *временного закрепления не требуют*, так как они достаточно устойчивы. В то же время их трудно после перемещать для окончательной установки в проектное положение совмещением рисок на перекрытии и блоке. Поэтому стремятся устанавливать блоки в проектное положение сразу *без выверки*. Для этого весьма эффективным является использование специальных *фиксаторов*, устанавливаемых в швах нижележащего этажа.

После установки блоков их скрепляют сваркой закладных деталей в соответствии с проектом.

4.19. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗДАНИЙ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

При возведении зданий из *монолитного железобетона* от фундамента вертикально вверх монтируют *каркас из стальных стержней* приблизительно на 15-20 см *более узкий*, чем проектная толщина стен, ограждают его с обеих сторон объемными щитами (обычно металлическими), т.е. *опалубкой*, или *постоянными железобетонными панелями*, и образовавшееся внутреннее пространство проектной толщины заполняют раствором бетона. После затвердевания бетона щиты поднимают вверх или монтируют следующий ряд железобетонных панелей над нижним и поступают аналогично.

Одним из прогрессивных способов возведения зданий из монолитного железобетона является непрерывное бетонирование металлического каркаса с помощью *скользящей опалубки*. Этим способом возводят различные монолитные сооружения: элеваторы, силосы, многоэтажные общественные и жилые здания, мостовые опоры, ядра жесткости и др.

Монтаж здания начинается с устройства на проектной отметке горизонтальной фундаментной плиты из монолитного железобетона. Для этого выносят и закрепляют основные оси здания, отрывают на проектную

глубину котлован для фундамента и передают оси на дно котлована. В котловане *монтируют горизонтальный каркас* из арматурной стали, закрепляют на нем сваркой вынесенные от осей *арматурные стержни вертикальных стен* (длина стержней должна быть, как минимум, на 10 см больше толщины фундаментной плиты) и закладные детали. После *исполнительной съемки каркаса* и устранения выявленных недопустимых отклонений по контуру фундаментной плиты *устанавливают опалубку* и заливают каркас раствором бетона до проектной отметки, проверяя горизонтальность верхней плоскости плиты *нивелированием по квадратам*.

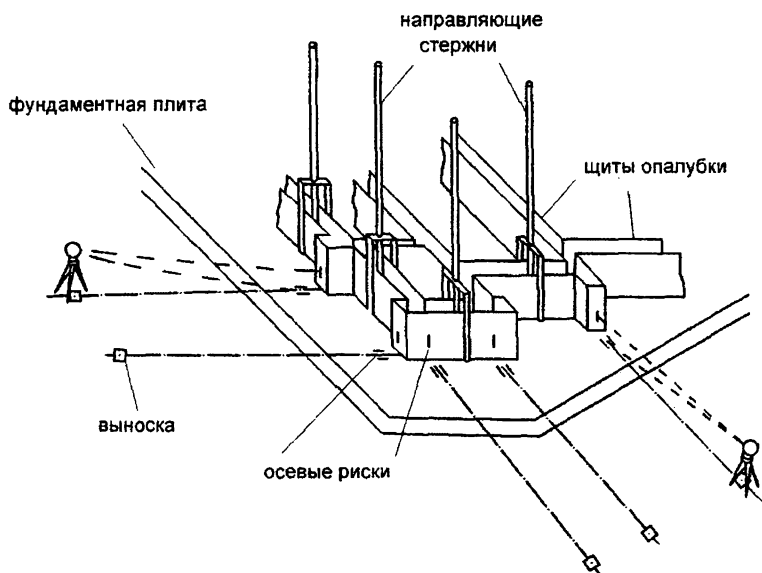


Рис. 4.53. Схема монтажа скользящей опалубки на фундаментной плите

На фундаментной плите создают внутреннюю сеть здания, от пунктов которой выносят основные оси, контуры стен и металлического каркаса. К выходам арматурных стержней приваривают стальные стержни, проверяя их вертикальность отвесом, и монтируют каркасы стен до следующего монтажного горизонта. На арматуру каркаса выносят и монтируют закладные детали, проемы, ниши и т.д. По окончании монтажа каркаса выполняют его исполнительную съемку.

После устранения недопустимых отклонений приступают к установке скользящей опалубки по контуру стен из отдельных щитов высотой 1-1,5 м.

Перед монтажом опалубки нивелируют ее опорную площадку на фундаментной плите (площадка ограничена контуром стены) и вычисляют

отметку нижней кромки щитов, для чего к максимальной отметке прибавляют 20-30 мм.

В плановое положение щиты устанавливают с помощью теодолита совмещением установочных рисок на них с контурными рисками стен на фундаментной опалубке (рис. 4.53).

В горизонтальное положение нижняя кромка каждого щита устанавливают с помощью подкладок соответствующей толщины, после чего проверяется горизонтальность верхней кромки щита нивелированием двух крайних его углов. **В вертикальное положение** щиты устанавливают по отвесу. Через каждые 1,5-2 м устанавливают строго вертикально с помощью теодолита специальные направляющие арматурные стержни для гидравлических домкратов на стальных рамах, которые связывают щиты опалубки (рис. 4.54).

Домкраты перемещаются по вертикальным стержням и одновременно поднимают вверх всю опалубку.

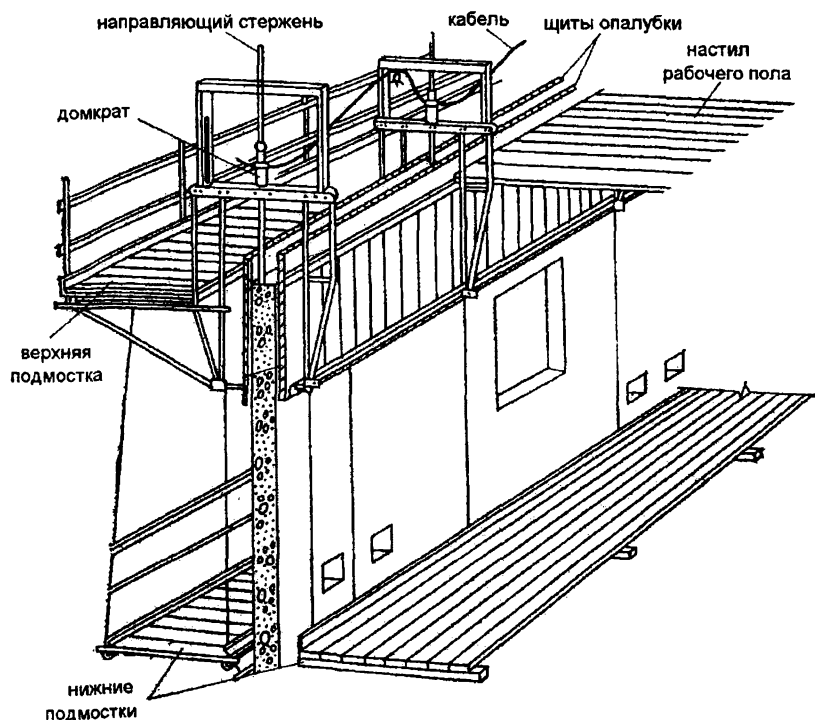


Рис. 4.54. Конструкция скользящей опалубки

На домкратные рамы опираются горизонтальные фермы *настила рабочего пола*, с которого монтируют арматуру и укладывают бетонную смесь. К рамам подвешивают также верхние и нижние *подмости*, с которых выполняется обслуживание опалубки и первоначальная отделка готовых стен (рис. 4.54).

По окончании монтажа опалубки выполняют ее *исполнительную съемку* от основных осей способом бокового нивелирования, по результатам которой окончательно приводят опалубку в проектное положение.

В состав геодезических работ при возведении монолитных зданий с помощью *скользящей опалубки* входит: контроль за движением опалубки по вертикали; контроль за горизонтальностью рабочего пола и его высотным положением; определение планового и высотного положения подъемных механизмов; передача отметок на рабочий пол опалубки по мере ее подъема; вынос проектных отметок для закладных деталей.

Вертикальность движения опалубки контролируется отвесом, теодолитом или *надир-прибором*, установленным на опалубке. *Надир-прибор* предназначен для вертикального визирования *сверху вниз* (это обычно зенит-прибор с поворотной призмой, которая изменяет на 180° направление визирного луча), и в отношении точности, удобства и безопасности работ его применение является наиболее предпочтительным.

По мере подъема опалубки через каждые 3-4 м высоты выполняют ее *плано-высотную исполнительную съемку*, по результатам которой определяют отклонение опалубки от вертикали и изменение ее формы, а также плановое и высотное положение закладных деталей.

На рабочий настил передают проектные отметки и контролируют горизонтальность по четырем его угловым точкам через каждые 10-20 см высоты. *Наклон пола* устраняют регулировкой хода домкратов.

Горизонтальность опалубки во время бетонирования контролируют нивелиром или по заранее вынесенным на домкратные стержни рискам.

Вертикальность готовых стен контролируют способами наклонного и вертикального визирования, бокового нивелирования или отвесами специальной конструкции.

4.20. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СООРУЖЕНИЯ

На положение конструкции в сборном строительстве влияют *три независимых фактора*, которыми и определяется его суммарная погрешность m : точность m_u изготовления конструкции; точность m_z разбивочных геодезических работ; точность m_m строительно-монтажных работ, т.е.

$$m^2 = m_u^2 + m_z^2 + m_m^2. \quad (4.24)$$

Контроль геометрических параметров возведенных сооружений или отдельных конструкций является *контролем* общего результата работ: изготовления строительных элементов, геодезических и строительных работ.

Контроль геометрических параметров строительных элементов, поступающих на строительную площадку (колонн, ферм, ригелей, подкрановых балок, панелей и др.) заключается в определении размеров, перекоса, пропеллерности граней, положения закладных деталей и выполняется *геодезической службой монтажной организации*. Допустимая средняя квадратическая погрешность при контроле геометрических параметров сборных конструкций не должна превышать *0,15 величины допустимого отклонения* для данного параметра.

Контроль геодезических разбивочных работ является составной частью их выполнения (многократное измерение длины линии, угла, превышения; вынос проектных отметок с двух и более реперов; построение проектной точки с нескольких исходных пунктов и т.д.). Точность геодезических разбивочных работ дана в табл. 3.2.

Процесс возведения зданий и сооружений также сопровождается *контрольными* геодезическими измерениями. *Геодезический контроль точности параметров сооружения* заключается в определении фактического положения конструкций в плане, по высоте и относительно вертикали как на стадии временного закрепления, так и после их окончательного закрепления.

Точность изготовления строительных элементов, *точность* геодезических разбивочных и строительных работ нормируется государственными стандартами: ГОСТ 21778-81, ГОСТ 21779-82, ГОСТ 21180-83 («Система обеспечения геометрической точности в строительстве»), которыми предусматривается *контроль* пяти основных показателей:

1. Неравенство длин опирания монтируемого элемента на уже смонтированный.

2. Несовмещение ориентиров при установке низа элемента. *Например*, при установке сборных колонн одна на другую это будет погрешность несовмещения низа монтируемой колонны с верхом ранее установленной.

3. Герметичность швов между наружными стеновыми панелями и сборными конструкциями. Отклонение в размере шва от проектного допускается не более 10мм.

4. Несовпадение поверхностей монтируемых элементов. *Например*, панели перекрытия должны иметь одинаковую отметку, т.е. их поверхности должны совпадать.

5. Вертикальность устанавливаемых элементов, возводимых отвесно (стены, колонны, ограждения и т.п.).

Стандарты ГОСТ 23615-79 и ГОСТ 23616-79 также относятся к системе геометрической точности в строительстве и содержат правила: расчета точности строительно-монтажных работ; контроля точности геометрических параметров строительных элементов (конструкций, изделий и т.п.); контроля точности выполнения разбивочных работ в процессе строительства.

Контроль точности изготовления поставляемых на монтаж изделий осуществляется выборками малого объема $n \geq 10$.

При контроле точности геодезических построений (осей, отметок, ориентиров и т.п.) выполняются 5-10 измерений.

При контроле точности монтажа выполняются не менее 240 измерений.

Геодезический контроль, выполняемый в процессе строительства, оформляется геодезической документацией: исполнительные геодезические схемы; чертежи, профили, разрезы и т.п.; журналы геодезического контроля, акты геодезической проверки, полевые журналы.

Средние квадратические погрешности **геодезического контроля при возведении строительных конструкций** не должны превышать величин, приведенных в табл.4.6.

Таблица 4.6
Точность геодезического контроля строительно-монтажных работ

Объекты контроля	Допустимые ср. кв. погрешности (\pm) мм
Плановое положение конструкций (относительно разбивочных осей): фундаментных блоков, осей стаканов фундаментов и анкерных болтов, колонн металлических и железобетонных, панелей блоков и стен, стропильных и подстропильных ферм, ригелей, прогонов, плит перекрытий, сборных элементов трубопроводов	2
Взаимное плановое положение конструкций: подкрановых рельсов в одном пролете здания	2
ферм, балок, ригелей по верхнему поясу в пределах шага колонн или пролета здания	4
подкрановых рельсов относительно подкрановой балки	3
Вертикальное положение конструкций: панелей и блоков в жилых и общественных зданиях	2
металлических и железобетонных колонн высотой H , м:	
до 5	2
от 5 до 15	3
свыше 15	$0,00017H$, но не более ± 6 мм
дымовых труб, силосов, башен и градирен	$0,0021H$
Высотное положение конструкций (относительно проекта): опорных поверхностей фундаментов:	
под железобетонные колонны и элементы сборных трубопроводов	2
под металлические колонны, стеновые панели и блоки	1
опорных площадок подкрановых балок и рельсов, ригелей и ферм, элементов перекрытия и трубопроводов, верха анкерных болтов и других закладных частей	2

Контроль точности выполняется преимущественно выборочный.

Сплошной контроль выполняется при ограниченных объемах работ, при освоении новых технологий или при решении нестандартных задач. Правила назначения контроля точности геометрических размеров установлены в ГОСТ 21616-79.

Контролировать следует точность только тех элементов, узлов и конструкций, от положения которых зависят их несущая и ограждающая способность, а также точность монтажа (укладки) на последующих этапах работ.

Средняя квадратическая погрешность контрольного измерения m и *допустимое отклонение* δ контролируемого параметра находятся в следующей зависимости:

$$m \leq 0,2\delta . \quad (4.25)$$

При этом *цена наименьшего деления шкалы* отсчетного устройства средств измерений должна составлять $0,1$ от *допуска контролируемого параметра*.

Геометрической основой контрольных измерений при установке конструкций в проектное положение являются знаки разбивочной сети здания (сооружения), разбивочные оси и параллельные им линии, установочные риски на боковых гранях конструкций, реперы, марки, маяки.

Плановым геодезическим контролем проверяется фактическое положение продольных и поперечных осей или граней конструкций относительно разбивочных осей или параллельных им линий.

Высотным геодезическим контролем проверяется положение монтируемых конструкций относительно вертикальной или наклонной линии.

Фактическое положение элементов, узлов и конструкций в плане, по высоте, их вертикальность, соосность, горизонтальность, уклон, совмещение плоскостей, размеры швов, зазоров или уступов, расположение закладных элементов, отверстий, ниш или штраб должны определяться *на всех этапах* геодезической службой строительной или специальной организации.

При контроле сопоставляют измеренные величины с проектными размерами и отметками, а *вычисленные отклонения* – с величинами допусков, установленных в СНиПах и проектах.

Геодезический контроль положения конструкций зданий и сооружений *в плане* выполняется, как правило, непосредственными измерениями расстояний между осями, установочными или монтажными рисками, а также гранями (плоскостями) монтируемых деталей с помощью эталонированных мерных приборов или специальных шаблонов.

Контроль точности производства земляных работ выполняется в плане и по высоте. Объемы контроля *в плане* составляют не менее 10% от числа точек, выносимых при разбивке возводимого сооружения (вершин квадратов картограммы, габаритов котлованов, углов поворота траншей и т.п.).

При контроле земляных оснований под фундаменты, зачищаемых вручную, выполняют сплошные измерения. *Высотное положение точек* определяют геометрическим или тригонометрическим нивелированием.

Контроль точности устройства фундаментов выполняется в плановом и высотном положениях. *В плане* проверяют расстояния между осями (фундаментами), места пересечения несущих стен, оснований закладных деталей и анкерных болтов (5% от общего объема устанавливаемых фундаментов). Проверку выполняют измерением расстояний от ранее вынесенных ориентиров до геометрических осей фундаментов и вычислением допущенных отклонений от проектных

значений. По высоте контролируют одну отметку на 100 м² проверяемого участка.

Контроль точности монтажа надземной части зданий или сооружений выполняется в плане и по высоте. В плане измеряют расстояния между смонтированными элементами и вычисляют допущенные отклонения от их проектного положения, используя привязку и расстояния между осями.

Вертикальность колонн высотой до 3 м определяют *отвесом*, а при больших высотах применяют *точные теодолиты* или *лазерные приборы*. При *выверке колонн* определяют: смещение колонны в нижнем сечении относительно разбивочных осей; отклонение осей колонн от вертикали; высотное положение колонн. Для нивелирования консолей невысоких колонн (до 5-6 м) применяют уголки, надежно скрепленные с рейкой.

Вертикальность колонн целесообразно определять *боковым нивелированием* с помощью теодолита, установленного на линии, параллельной оси колонн, и легкой рейки, прикладываемой горизонтально к нижней и верхней рискам каждой колонны. По результатам бокового нивелирования вычисляют *величины смещения низа колонн с оси ряда* (как разность нижнего отсчета по горизонтальной рейке и величины смещения теодолита с разбивочной осью) и *величину отклонения оголовка колонны от вертикали* (как разность нижнего и верхнего отсчетов по горизонтальной рейке).

Высотное положение элементов монтажного горизонта (панелей перекрытий, верхних торцов наружных и внутренних панелей, лестничных площадок, лифтовых шахт) определяют геометрическим нивелированием.

На *монтажном горизонте* нивелируют все опорные площадки под установку последующих элементов. *Рейку устанавливают* на четырех углах панелей перекрытий, на выступах наружных панелей, на верхний торец объемных элементов лифтовых шахт. Нивелирование точек элементов монтажного горизонта выполняется от рабочих реперов со средней квадратической погрешностью не более 2 мм.

Местоположение лифтовых шахт определяют промерами от монтажных рисок или разбивочных осей. В процессе строительства шахты *контролируют* ее внутренние размеры и вертикальность ствола. *Размеры диагоналей* проверяют стальной рулеткой, *вертикальность* – с помощью отвеса, оптических центриров или лазерных приборов вертикального проектирования.

Прямолинейность поясов стропильных и подстропильных ферм контролируют натяжением шнура или проволоки между опорными узлами, а *вертикальность плоскости ферм* – отвесом.

При возведении кирпичных и блочных зданий контролируют *вертикальность стен* в пределах двух этажей *отвесом*, а при более высоких стенах применяют *отвес на блоке*. От нити отвеса перпендикулярами определяют расстояния до стены в наиболее характерных точках или через равные промежутки. Постоянство этих расстояний указывает на вертикальность стены.

Горизонтальность рядов кладки контролируют порядовками, размеченными на толщину кирпича или блока и растворного шва. Между порядовками натягивают шнур, который показывает линию кладки.

Вертикальность поверхности и углов кладки, горизонтальность ее рядов проверяются не реже двух раз на 1 м высоты кладки.

По окончании кладки каждого этажа проверяют геометрическим нивелированием через 5-6 м соответствие его горизонта проектному.

Толщину возводимых кирпичных стен контролируют рейкой-шаблоном с вырезом соответствующего размера.

Контроль планового положения стен выполняется промерами от их продольных и поперечных разбивочных осей.

4.21. РАЗМЕРНЫЕ ЦЕПИ

4.21.1. Виды и принципы расчета размерных цепей

Инженерное сооружение состоит из отдельных взаимосвязанных строительных конструкций и деталей, проектные размеры которых указываются в рабочих чертежах. Эти размеры являются *взаимозависимыми*, так как изменение любого из них влияет на другие размеры.

Совокупность взаимосвязанных размеров (линейных, угловых или тех и других вместе) отдельных частей сооружения, образующих замкнутый контур, называется *размерной цепью* (рис. 4.55).

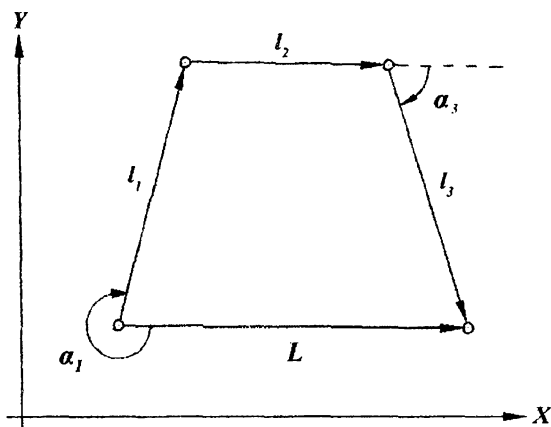


Рис. 4.55. Размерная цепь

Каждый размер называется *звеном* размерной цепи. В размерной цепи обязательно имеется одно *результатирующее* звено (*исходное* или *закрывающее*) и несколько *составляющих* звеньев.

Исходным называется звено, размер которого строго определен (задан, фиксирован). Размеры *составляющих* звеньев, влияющих на размер исходного звена, в этом случае *рассчитывают*.

Замыкающим в размерной цепи является звено, размер которого при сборке отдельного замкнутого контура сооружения *не задается, а получается* в результате реализации отдельных звеньев.

Исходное или замыкающее звено в размерной цепи образует **кратчайший путь** в контуре (между поверхностями, гранями, ребрами, осями и т.д. конструкций), а **составляющие звенья** – *наиболее длинный, косвенный, «кружной» путь.*

Аналитическая связь между размерами называется **уравнением размерной цепи**. В общем виде уравнение размерной цепи имеет вид:

$$L = f(l_1, l_2, l_3, \dots, l_n), \quad (4.26)$$

где L - замыкающее звено, $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ - составляющие звенья.

Составляющие звенья рассматриваются как **случайные величины** – **векторы**, и по уравнению размерной цепи определяют закон распределения замыкающего звена.

Пример. Для цепи векторов \bar{l} на рис. 4.55 уравнение размерной цепи

$$L = \bar{l}_1 + \bar{l}_2 + \bar{l}_3,$$

или в общем виде

$$\bar{L} = \sum \bar{l}. \quad (4.27)$$

Надобность в составлении уравнения размерной цепи возникает в тех случаях, когда необходимо обеспечить заданную точность взаимного положения двух частей в контуре (конструкций или деталей) не непосредственно, а *через другие размеры* (конструкции, детали).

В зависимости от расположения звеньев размерные цепи могут быть линейными, плоскими и пространственными.

В линейной размерной цепи все звенья лежат в одной плоскости и образуют прямые линии или параллельны между собой (например, блоки сборного фундамента, панели каждой из стен панельного здания, пролеты сборного моста и др.).

В плоской размерной цепи все звенья лежат в одной или параллельных плоскостях, но часть размеров расположена под углом друг к другу (например, две колонны на перекрытии и ригель, уложенный на их консоли).

В пространственной размерной цепи все звенья расположены в непараллельных плоскостях (например, сборные криволинейные поверхности: покрытия куполов, автодорог на поворотах, арки и др.).

Расчет линейных размерных цепей является наиболее *простым*, поэтому плоские и пространственные размерные цепи *преобразуют* в линейные, для чего их звенья *проектируют на координатные оси*

целесообразно выбранной прямоугольной системы координат X, Y, Z , одна из которых (обычно X) параллельна направлению исходного или замыкающего звена.

Пример. Если направление оси X выбрать параллельным замыкающему звену L (рис. 4.55), то проекции плоской размерной цепи на координатные оси X и Y будут линейными размерными цепями и иметь вид:

$$l_1 \cos \alpha_1 + l_2 + l_3 \cos \alpha_3 = L - \text{уравнение размерной цепи на оси } X;$$

$$l_1 \sin \alpha_1 + l_3 \sin \alpha_3 = 0 - \text{уравнение размерной цепи на оси } Y,$$

где α - дирекционные углы составляющих звеньев размерной цепи.

В общем виде пространственная размерная цепь характеризуется *тремя линейными уравнениями*, полученными ее проектированием на координатные оси X, Y, Z :

$$\left. \begin{aligned} L_x &= \sum_1^n l_{ix} ; \\ L_y &= \sum_1^n l_{iy} ; \\ L_z &= \sum_1^n l_{iz} . \end{aligned} \right\} \quad (4.28)$$

При расчетах необходимо убедиться, что L не выходит за пределы заданного (установленного) допуска.

В строительстве преобладают *прямые углы* между элементами конструкций и расчет размерных цепей значительно упрощается.

Инженерное сооружение не может быть построено абсолютно точно. Его геометрические параметры всегда отклоняются от проектных (абстрактных, номинальных) ввиду неизбежных ошибок, возникающих: при изготовлении строительных конструкций, выполнении разбивочных работ, производстве строительно-монтажных работ; в результате изменения размеров строительных конструкций из-за различных воздействий (сжимающих, растягивающих, изгибающих, вибрационных, температурных и т.п.). Чтобы устранить накопившиеся в реальной цепи погрешности, предусматривают в строительных конструкциях специальные *компенсаторы* – нематериальные звенья: зазоры, швы между звеньями, площадки опирания одного элемента на другой.

В размерную цепь *включают* не только размеры сопрягаемых конструкций, но и *размеры компенсаторов*.

В большинстве случаев размерные цепи заменяют *цепями погрешностей*, т.е. цепями отклонений их элементов от проектных размеров и положений или *цепями* соответствующих *допусков*.

В строительстве различают следующие *допуски*: технологические Δ_T , которые определяют допустимые отклонения в размерах изделий в процессе их изготовления и сборки; функциональные Δ_Φ , которые характеризуют точность функционирования геометрических параметров изделия в сборном устройстве (на участке).

Функциональные допуски не отражаются в нормативных документах (ГОСТах и СНиПах), как *технологические*, а *вычисляются* как допуски замыкающего звена размерных цепей.

Составляющие реальную размерную цепь элементы имеют погрешности, что вызывает погрешность в замыкающем размере. Зависимость между погрешностями в размерной цепи аналогична зависимости между ее размерами, и она называется *уравнением погрешностей* размерной цепи.

При расчетах точности используются средние квадратические (стандартные) погрешности m . Согласно теории погрешностей средняя квадратическая погрешность m_L замыкающего звена и средние квадратические погрешности m_i составляющих звеньев линейной цепи связаны соотношением

$$m_L^2 = \sum m_i^2, \quad (4.29)$$

которое является *уравнением погрешностей* линейной цепи.

Все расчеты выполняются *независимо* (раздельно) для каждой из проекций цепи погрешностей на координатные оси, так как при монтажных работах выверка конструкций выполняется независимо по продольным, поперечным и вертикальным направлениям (по высоте). Кроме того, большинство сборных элементов находится в одной плоскости, что значительно упрощает расчет.

Цепи погрешностей удобнее размерных цепей, так как *независимы* от проектных размеров составляющих звеньев.

Если уравнение размерной цепи имеет нелинейный вид, то его *приводят* к линейному разложению функции $f(l)$ в ряд Тейлора.

4.21.2. Методы расчета точности

При расчете точности строительных конструкций возникают задачи *двух видов*: прямая и обратная.

Прямая задача заключается в том, что *по заданным* производственным процессом *условиям точности* (точности изготовления строительных изделий; точности разбивочных работ; последовательности монтажа и т.д.) *рассчитывается допуск замыкающего звена*. Такая задача возникает: при необходимости проверки правильности назначения размеров и допусков на геометрические параметры или на допуски разбивочных работ; при

изменении изготовительных допусков в результате износа или замены функционирующей оснастки; при изменении технологии строительномонтажных работ и в других случаях. Поэтому прямая задача называется **проверочным расчетом**.

Обратная задача заключается в том, что по известному функциональному допуску замыкающего или исходного звена определяют допуски составляющих звеньев и соответствующим образом подбирают условия (технологии) производственного процесса (точность изготовления деталей; точность выполнения разбивочных работ; последовательность сборки и т.д.). То есть **исходным** параметром для решения обратной задачи является **допуск замыкающего звена**. Обратная задача возникает: при проектировании сооружений, разработке технологии изготовления строительных изделий и последовательности сборки зданий, проектировании технологической оснастки и т.д. Поэтому обратную задачу называют **проектной задачей расчета точности**. (В машиностроении, приборостроении и других областях техники прямую и обратную задачи называют наоборот).

Кроме определения допусков при расчетах точности строительных конструкций могут быть решены и другие вопросы:

- определение оптимальных проектных размеров изделий по фактическим допускам изготовления составляющих элементов и допуску замыкающего звена;
- выбор оптимальной последовательности сборки зданий, наилучшим образом удовлетворяющей функциональным допускам;
- выбор мест расположения компенсаторов погрешностей и определение пределов регулирования в них конструкций.

Расчет размерных цепей возможен *двумя путями*, причем надежность получаемых при этом результатов будет неодинаковой.

В первом случае расчет выполняется с предельными (максимальными и минимальными) значениями размеров составляющих звеньев, в результате чего получают аналогичные размеры замыкающего или исходного звена. Такой расчет получил название **«расчет на максимум-минимум»**. Он исключает выход размеров исходного или замыкающего звена за установленные предельные размеры, что удовлетворяет условию *полной взаимозаменяемости конструкций*, т.е. бесподгоночной сборке сооружений.

Во втором случае допускается выход размеров исходного или замыкающего звена за расчетные пределы, что будет означать *нарушение взаимозаменяемости*, которое можно заранее предусмотреть выбором соответствующего значения коэффициента нормирования t , определяющего предельные значения функционального допуска Δ_ϕ по заданному значению стандарта σ (при самых нестрогих требованиях к точности $t=3$ и $\Delta_\phi=3\sigma$). Такой расчет получил название **«вероятностный»**, или **«статистический расчет»**.

Сравнение обоих способов расчета строительных конструкций показывает, что *расчет на максимум-минимум* приводит к большому, не всегда оправданному запасу точности, в то время как *вероятностный расчет* позволяет определять допуски без лишних запасов. Поэтому ГОСТ 21780-83 обязывает все расчеты точности строительных конструкций выполнять преимущественно *вероятностным* способом.

Расчет на максимум-минимум отличается наглядностью, простотой и надежностью. Он применяется: при расчетах уникальных сооружений; в случаях ограниченного числа звеньев размерной цепи (3-4 звена); при неизвестном законе распределения размеров составляющих звеньев; в тех случаях, когда результаты расчета точности не приводят к удорожанию изготовления конструкции и их монтажа.

4.21.3. Расчет линейных размерных цепей в сборном строительстве

Размерные цепи и цепи погрешностей в *сборном строительстве* называются *расчетными участками*.

В зависимости от способа монтажа конструкций сборных сооружений различают размерные цепи следующих видов: контактные, свободные, с неограниченным линейным компенсатором.

Контактными называются размерные цепи, в которых монтаж элементов (размеров) выполняется последовательно вплотную один к другому. Такими являются размерные цепи сборных мостов, фундаментов, панельных зданий и др. *Замыкающим* размером в контактных размерных цепях является *общий размер* (рис. 4.56) (*поверочный расчет*: определение размера замыкающего звена по заданным размерам составляющих звеньев; *проектный расчет*: определение размеров составляющих звеньев по заданному размеру замыкающего звена).

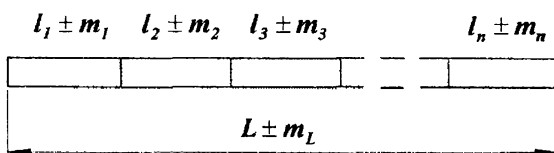


Рис. 4.56. Контактная размерная цепь

Уравнение размерной цепи имеет вид

$$L = l_1 + l_2 + l_3 \dots + l_n = \sum_1^n l_i \quad (4.30)$$

Каждый из составляющих размеров содержит две средние квадратические погрешности: изготовления m_u и монтажа m_m . Тогда уравнение погрешностей будет иметь вид

$$m_L^2 = \sum m_u^2 + \sum m_m^2. \quad (4.31)$$

Если все составляющие звенья имеют одинаковый размер и одинаковые средние квадратические погрешности изготовления m_u и монтаж звеньев выполняется с одинаковой погрешностью m_m , то согласно теории погрешностей

$$m_L^2 = m_u^2 \cdot n + m_m^2 \cdot n = n(m_u^2 + m_m^2).$$

Тогда

$$m_L = \sqrt{n(m_u^2 + m_m^2)}. \quad (4.32)$$

Если $m_u = m_m = m$, то

$$m_L = m\sqrt{2n}. \quad (4.33)$$

Полученное соотношение показывает, что с увеличением числа составляющих звеньев довольно резко увеличивается погрешность замыкающего звена, т.е. происходит быстрое накопление погрешностей.

Пример. Определить среднюю квадратическую погрешность замыкающего звена из 8 фундаментных блоков, если средняя квадратическая погрешность изготовления и монтажа блоков составляет ± 6 мм.

Так как $n = 8$, а $m_u = m_m = \pm 6$ мм, то

$$m_L = m\sqrt{2n} = \pm 6\sqrt{2 \cdot 8} = \pm 6\sqrt{16} = \pm 24 \text{ мм},$$

т.е. средняя квадратическая погрешность в положении восьмого фундаментного блока составляет ± 24 мм.

Свободными называются цепи, в которых погрешности накапливаются на участке, ограниченном разбивочными осями.

Пример. При монтаже колонн высотой h_1 и h_2 (границы колонн находятся на расстояниях a_1 и a_2 от разбивочных осей 1 и 2) и ригеля длиной l_2 (рис. 4.57) накопление погрешностей происходит на участке между разбивочными осями 1 и 2, которые получены отложением на перекрытии этажа отрезка l_1 . Ригель длиной l_2 укладывают на консоли колонн с зазорами c_1 и c_2 (обычно равными), которые являются компенсаторами погрешностей, накопившихся на участке 1-2.

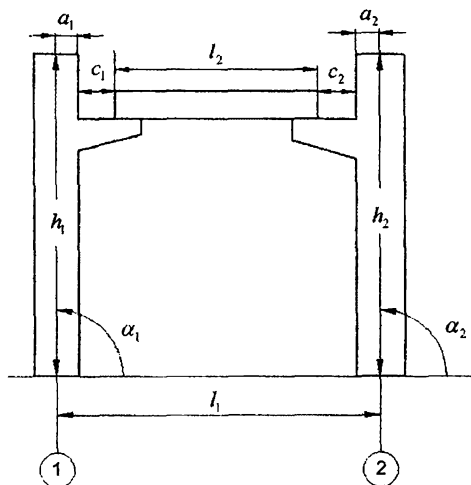


Рис. 4.57. Свободная размерная цепь

При расчете точности свободных размерных цепей замыкающим звеном выбирают компенсатор и на направление компенсатора проектируют все размеры цепи. Так, уравнение размерной цепи на оси X , которая выбрана параллельной направлению компенсатора $c_1 c_2$, будет иметь вид

$$h_1 \cos \alpha_1 + a_1 + c_1 + l_2 + c_2 + a_2 + h_2 \cos \alpha_2 - l_1 = 0. \quad (4.34)$$

Для компенсатора $c_1 + c_2$ уравнение размерной цепи имеет вид

$$c_1 + c_2 = l_1 - h_1 \cos \alpha_1 - h_2 \cos \alpha_2 - a_1 - a_2 - l_2. \quad (4.35)$$

Уравнение погрешностей получается, если размер каждого звена цепи заменить суммой квадратов его средних квадратических погрешностей.

Средние квадратические погрешности звеньев цепи:

- зазоров c_1 и c_2 (замыкающих размеров) m_{c_1} и m_{c_2} и их можно взять равными друг другу, т.е. $m_{c_1} = m_{c_2} = m_j$;

- размера l_1 (расстояния между разбивочными осями 1 и 2) – это погрешность разбивки осей $m_{p.o.}$;

- $h_1 \cos \alpha_1$ и $h_2 \cos \alpha_2$ – это равные между собой погрешности монтажа колонн 1 и 2: в нижнем сечении $m_{нк}$; установки колонн в вертикальной плоскости $m_{нк}$;

- половины ширины колонн a_1 и a_2 - это половина погрешности изготовления колонн, и их можно взять одинаковыми и равными $0,5 m_{ик}$;

- размера l_2 (погрешность ригеля) – это погрешность изготовления ригеля $m_{р}$ и его монтажа $m_{мр}$.

Тогда уравнение погрешностей будет иметь вид

$$m_c^2 + m_c^2 = m_{р.о.}^2 + m_{ик}^2 + m_{ик}^2 + m_{ик}^2 + m_{ик}^2 + 0,5^2 m_{ик}^2 + 0,5^2 m_{ик}^2 + m_{мр}^2 + m_{мр}^2,$$

или после некоторых преобразований

$$2m_c^2 = m_{р.о.}^2 + 2m_{ик}^2 + 2m_{ик}^2 + 0,5m_{ик}^2 + m_{мр}^2 + m_{мр}^2. \quad (4.36)$$

Размерная цепь с неограниченным линейным компенсатором – это пространственная цепь, в которой замыкающее звено изготавливают по размеру, полученному после монтажа остальных элементов цепи.

На рис. 4.58, *a* показана такая цепь. В ней неограниченным компенсатором является размер $l_{нк}$, который получен после того, как от фиксированных точек *A* и *B* (построенный отрезок l_0) установлены элементы l_1 и l_2 . Элемент $l_{нк}$ изготавливают по месту, и его можно рассматривать как *компенсатор всех погрешностей* в направлении оси *X*. Поскольку размер $l_{нк}$ ничем не ограничен, то он называется *неограниченным компенсатором* (по оси *X*).

Вдоль оси *Z* компенсатора погрешностей нет, хотя в этом направлении действуют следующие погрешности:

$m_n^D = m_n^C = m_n$ - передача высоты в точки *D* и *C* с исходного горизонта (взяты одинаковыми);

$m_1^u = m_2^u = m_u$ - изготовления размеров l_1 и l_2 , которые можно принять одинаковыми;

$m_1^m = m_2^m = m_m$ - монтажа элементов l_1 и l_2 , которые также можно принять равными между собой.

Влияние этих погрешностей приведет к смещению от горизонта неограниченного компенсатора $l_{нк}$ (к его развороту на угол ν в вертикальной плоскости) на величину m_z , в результате чего не совпадут *торцевые грани* реальной конструкции неограниченного компенсатора с *гранями смежных конструкций* на величину $m_{зр}$ (рис. 4.58, б).

Уравнение погрешностей по определению взаимного смещения точек *D* и *C* по оси *Z* будет иметь вид

$$m_z^2 = m_n^2 + m_n^2 + m_u^2 + m_u^2 + m_m^2 + m_m^2,$$

или

$$m_z^2 = 2m_n^2 + 2m_u^2 + 2m_m^2. \quad (4.37)$$

Величина смещения граней m_{zp} неограниченного компенсатора шириной d относительно граней смежных конструкций будет равна (рис. 4.58, б)

$$m_{zp} = d \cdot \operatorname{tg} v. \quad (4.38)$$

Из того же рисунка

$$\operatorname{tg} v = \frac{m_z}{l_{нк}}. \quad (4.39)$$

Тогда

$$m_{zp} = d \cdot \frac{m_z}{l_{нк}}. \quad (4.40)$$

Величина m_{zp} не должна выходить за пределы установленного допуска и определяет точность разбивочных работ, изготовления и монтажа конструкции.

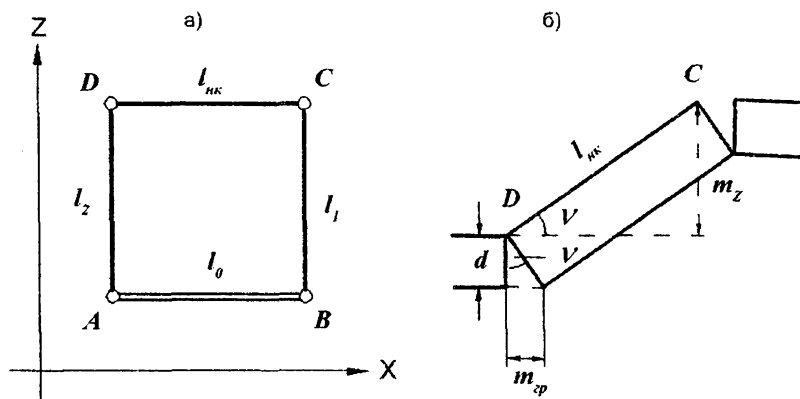


Рис. 4.58. Размерная цепь с неограниченным линейным компенсатором: а – схема цепи; б – смещение граней сборных элементов в цепи

4.21.4. Определение собираемости и назначение допусков

Одним из важных условий монтажа и высокого качества сборного строительства является *взаимозаменяемость* элементов конструкций, которая означает, что любое изделие может быть использовано при строительстве без дополнительной обработки и подгонки независимо от изготовившего его предприятия (*бесподгоночный монтаж*). Взаимозаменяемость деталей обеспечивается *технологическими допусками* Δ_T , которые даются в нормативных документах.

Собираемостью (заменяемостью) размерной цепи называется вероятность того, что при сборке составляющих элементов замыкающий размер будет установлен без подбора и подгонки предусмотренного размера.

При *нормальном* распределении случайных величин в области, ограниченной ординатами с тройным значением стандарта $\pm 3\sigma$, укладывается 99,73% всех случайных величин. Следовательно, вероятность того, что отклонение размера выйдет за пределы тройной величины стандартного отклонения, т.е. за пределы $\pm 3\sigma$, будет крайне мала (0,27%).

Поэтому *величина* 0,9973 принимается в качестве предельной (максимальной) вероятности и называется *вероятностью полной собираемости* $P_{п.с.}$.

Полной называется собираемость с вероятностью $P_{п.с.} = 0,9973$.

При сборке на замыкающий размер оказывают влияние погрешности составляющих звеньев (их изготовления и монтажа), которые являются *случайными* и подчиняются нормальному распределению Гаусса.

Нормированной случайной величиной называется ее отношение к стандарту, т.е.

$$t = \frac{\Delta}{\sigma} \quad (4.41)$$

В теории вероятностей дается соотношение, с помощью которого вычисляется вероятность P нормированной случайной величины (*интеграл вероятностей Лапласа*)

$$P = \Phi(t) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{1}{2}t^2} dt, \quad (4.42)$$

где $e = 2,7182$ - основание натурального логарифма; $\pi = 3,1416$.

Для вычисления $\Phi(t)$ составлены специальные таблицы значений интеграла вероятностей. При их отсутствии используется формула

$$P = \Phi(t) = 0,798 \left(t - \frac{t^3}{6} + \frac{t^5}{40} - \frac{t^7}{336} + \frac{t^9}{3456} - \dots \right) \quad (4.43)$$

Чтобы *вычислить* собираемость размерной цепи, сначала необходимо определить *нормированную* величину t , т.е. отношение допуска Δ замыкающего звена к величине стандартного отклонения σ . По *нормированной* величине t вычисляют *интеграл вероятностей* P и сравнивают его значение с вероятностью *полной собираемости* $P_{н.с.} = 0,9973$. Если $P \leq P_{н.с.}$, то полной собираемости нет и необходимо изменить влияние стандартных отклонений σ на соответствующие размеры, т.е. *изменить технологию возведения сооружения*.

Пример. При $t = 2$ $P = 0,9545$, т.е. с такой вероятностью погрешность замыкающего звена не будет превышать по абсолютной величине двойного значения стандарта. В данном случае полной собираемости размерной цепи нет, так как $P = 0,9545 < 0,9973$.

ГЛАВА 5. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ПЕРЕМЕЩЕНИЯМИ И ДЕФОРМАЦИЯМИ СООРУЖЕНИЙ

5.1. ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ И ВИДЫ ДЕФОРМАЦИЙ

Инженерные сооружения под действием различного рода причин (внешних и внутренних сил) перемещаются как в *вертикальном*, так и в *горизонтальном* направлениях, т.е. *положение сооружения в пространстве* *меняется*. В процессе таких перемещений могут изменяться форма и размеры сооружения.

Изменение положения или формы и размеров (объема) сооружения (или отдельных его частей) под действием механических, тепловых и других факторов называется *деформацией*.

Основные причины перемещений можно условно разделить на *две группы*: естественные и искусственные.

К естественным относятся причины:

1) связанные с физико-механическими свойствами грунтов (оснований), на которые опирается сооружение: уплотнение грунта под тяжестью сооружения; набухание, опускание грунтов под действием влаги; подъем (пучение) влажных грунтов при замерзании и опускание при оттаивании;

2) колебания грунтовых вод и температуры;

3) движение земной коры по границам ее разломов (тектонических структур).

Искусственные причины связаны с деятельностью человека, и к ним относятся: ослабление устойчивости грунтов рытьем канав, котлованов, карьеров, подземными выработками; возведение рядом крупных сооружений; неправильный отвод влаги, в результате чего происходит вымывание частиц грунта фильтрационным потоком воды; неравномерные нагрузки по фундаменту; выпирание грунта фундаментом в стороны и вверх, что является причиной резких вертикальных и горизонтальных перемещений; вибрация

фундамента от работы механизмов и транспорта; изменение структуры грунта искусственным замораживанием и оттаиванием.

Перемещения *по характеру протекания* бывают *равномерные* (одинаковые по величине и направлению) и *неравномерные* (в противном случае). *Незначительные равномерные* перемещения не снижают прочности и устойчивости сооружения. Однако *значительные по величине равномерные перемещения* являются *опасными*, так как могут вызвать нарушение взаимодействия между сооружениями и инженерными коммуникациями и привести к неравномерным перемещениям фундаментов и надфундаментных конструкций.

Неравномерные перемещения являются опасными, так как вызывают дополнительные напряжения в несущих конструкциях сооружения. Неравномерные осадки возникают прежде всего в результате различного давления частей сооружения и неодинаковой сжимаемости грунтов под фундаментом. Неравномерные перемещения вызывают следующие виды деформаций: крен (наклон), перекосы, изгибы, кручение, прогибы и др., которые внешне могут проявляться в виде трещин, разломов, сколов.

Деформации бывают *упругие* и *неупругие* (остаточные). При упругих деформациях сооружение (конструкция) после снятия нагрузки принимает прежнюю форму и возвращается в прежнее положение. Упругие деформации наблюдаются до определенного предела нагрузки, после которого положение сооружения (конструкции) не восстанавливается, что приводит к появлению трещин и разломов, а в отдельных случаях - к разрушению.

Горизонтальные перемещения называются *сдвигами*. Причинами сдвигов являются: действие горизонтальных сил, боковое давление (воды, ветра, грунта и др.), наличие изгибающих моментов, истощение несущей способности грунтов, оползневые явления.

Вертикальные перемещения различают следующих видов:

- *осадки* (перемещения вниз), происходящие в результате уплотнения грунтов под тяжестью сооружения;
- *просадки* (быстрые и значительные осадки), происходящие вследствие:

- а) уплотнения грунтов (структурно неустойчивых при замачивании, например, лессовых или мерзлых при оттаивании; слабых водонасыщенных глинистых при уменьшении влажности; рыхлых песчаных при сотрясениях);

- б) карстовых явлений, связанных с растворением водой некоторых пород грунтов (гипса, каменной соли, известняка и др.);

- *подъемы* (перемещения вверх, пучение), происходящие в результате: набухания (увеличения объема под действием влаги или химических веществ); выемки грунтов при рытье котлованов; сооружения плотин и водохранилищ и последующего подъема уровня грунтовых вод; промерзания влажных грунтов (морозное пучение); движений земной коры.

Величина и *интенсивность* вертикальных перемещений определяются, главным образом, *физико-механическими свойствами*

грунтов. С течением времени осадки *уменьшаются* по мере уплотнения грунтов от собственного веса сооружения и совсем *прекращаются*.

Песчаные естественные грунты являются довольно плотными и водопроницаемыми, поэтому осадки на них сравнительно небольшие, равномерные, интенсивно протекают в начальный период и быстро затухают (обычно по окончании строительства).

На рыхлых песчаных грунтах осадки фундаментов от динамических воздействий происходят мгновенно. В течение ряда лет от вибрации грунт под фундаментом размягчается, образуя пустоты, которые увеличиваются под действием грунтовых вод, что в некоторый момент приводит к резким осадкам фундамента.

На глинистых плотных грунтах осадки незначительны и затухают в течение многих лет. *Глинистые слабые водонасыщенные грунты* обладают высокой сжимаемостью и дают неравномерные, значительные осадки (иногда 1,5-3 м), которые продолжаются от 10 до 100 лет.

Насыщенные грунты (особенно содержащие производственные и бытовые отходы), на которых часто возводятся сооружения в городах, являются неоднородными и неплотными, поэтому осадки на них значительны, неравномерны и продолжаются от 5 до 30 лет и более (до сих пор продолжается осадка некоторых зданий Московского Кремля).

При неблагоприятных геологических условиях (карстовых и оползневых явлениях) осадки с течением времени могут резко возрасти и достигать катастрофических для сооружения величин.

Перемещения, определенные от геодезических пунктов, расположенных вне сооружения, называются *абсолютными*, а относительно какой-либо точки сооружения – *относительными*.

Крен (гол. *krenpen* – класть судно на борт) определяется как разность осадок двух фиксированных точек на противоположных частях сооружения (или его частей) вдоль выбранной оси. Наклон в направлении продольной оси называется *завалом*, а в направлении поперечной оси – *перекосом*. Для сооружений *башенного типа* (трубы, башни, домны) *крен* – это *отклонение вертикальной оси сооружения от отвесной линии*. Для этих сооружений характерны: *изгиб* – неравномерные отклонения вертикальной оси от отвесной линии; *кручение* – взаимный поворот сооружения под действием пары сил (вызывается эксцентриситетом нормальной силы, ветровым давлением и неравномерным нагревом).

Прогиб (выгиб) – неравномерное вертикальное смещение точек на горизонтальной оси конструкции (балки, фермы, перекрытия и др.) под действием нагрузок, температуры и др.

5.2. ПАРАМЕТРЫ И ДОПУСКИ ДЕФОРМАЦИЙ

Вертикальные перемещения сооружений характеризуют следующие величины:

- *абсолютная (полная) осадка S_i точки* – разность высот точки текущего H_i и начального H_0 циклов наблюдений, т.е.

$$S_i = H_i - H_0; \quad (5.1)$$

- *средняя осадка S_{cp} всего сооружения* (или отдельных его частей) – среднее арифметическое из абсолютных осадок n его точек, т.е.

$$S_{cp} = \frac{\sum S_i}{n}; \quad (5.2)$$

- *относительная неравномерность осадок $S_{омн}$* (наклон, или крен, фундамента i) – отношение разности осадок ΔS крайних точек фундамента к его длине или ширине:

$$S_{омн} = i = \frac{\Delta S}{L}; \quad (5.3)$$

- *относительный прогиб (выгиб) f* отдельных частей сооружения (конструкции) – отношение стрелы прогиба (выгиба) к длине однозначно изгибаемого участка (конструкции), который вычисляется по формуле

$$f = \frac{S_k - S_{cp}}{L}, \quad (5.4)$$

где S_{cp} – средняя осадка двух точек на краях прямолинейного участка длиной L ; S_k – осадка точки, расположенной в середине участка. Направление прогиба обозначается знаками: плюс – при выпуклости вверх (выгиб), минус – при выпуклости вниз (прогиб).

- *крен K* (для сооружений башенного типа), который выражается:

в линейной мере как разность осадок точек i и j на противоположных краях сооружения (или его частей) вдоль выбранной оси:

$$K = S_j - S_i; \quad (5.5)$$

в относительной мере, равной отношению линейной величины крена к расстоянию d между выбранными точками (для характеристики устойчивости сооружения более наглядный критерий):

$$K_{омн} = \frac{K}{d}; \quad (5.6)$$

в угловой мере

$$K_{\phi} = \arctg K_{омн}. \quad (5.7)$$

При определении перемещений сооружений (или их отдельных элементов) в горизонтальной плоскости применяют аналогичные характеристики, раскладывая деформации на две составляющие по оси X и Y , которые, как правило, совпадают с главными осями сооружения. В тех случаях, когда направление перемещения известно, одну из осей координат совмещают с этим направлением и искомые величины получают только по одной оси.

При изучении деформаций определяют *скорость* и *ускорение* деформаций. Например, для вертикальных перемещений средняя скорость осадки исследуемой точки за промежутков времени t между циклами измерений m и n вычисляется по формуле

$$V_{cp} = \frac{S_n - S_m}{t} \quad (5.8)$$

Различают *среднемесячную скорость*, когда период t выражается числом месяцев, и *среднегодовую*, когда t – число лет.

Средняя скорость для горизонтальных перемещений вычисляется аналогично по величинам перемещений между циклами вдоль оси X и оси Y .

Инженерные сооружения *по степени чувствительности к неравномерным осадкам* делятся на две категории: малочувствительные и чувствительные.

Малочувствительными сооружениями являются:

- конструктивно абсолютно жесткие сооружения, оседающие равномерно как одно пространственное целое, или же с наклоном (трубы, башни, домны);

- конструктивно нежесткие сооружения, элементы которых слабо связаны друг с другом (отдельные колонны на отдельно несущих фундаментах).

Чувствительными сооружениями являются:

- вполне жесткие сооружения, состоящие из связанных между собой по всем направлениям элементов, образующих замкнутые контуры, но способные иметь незначительные относительные перемещения (здания с несущими кирпичными стенами, связанные между собой капитальными стенами и монолитными железобетонными перекрытиями);

- относительно жесткие сооружения, состоящие из элементов, жестко связанных между собой не по всем направлениям, и представляющие собой распорные схемы.

При неравномерной и быстрой осадке точность взаимного положения конструкций или их положения относительно проектного резко снижается, что заметно влияет на прочность и надежность узлов сопряжения конструкций (возникают зазоры недопустимой величины).

Равномерная осадка фундамента всего здания не влияет на точность возведения строительных конструкций, так как происходит лишь систематический сдвиг в одну сторону и взаимное положение конструкции не изменяется.

Опыт строительства показывает, что чувствительность одноэтажных зданий к неравномерным осадкам почти в два раза больше, чем многоэтажных.

Для каждого сооружения существуют (устанавливаются) предельно допустимые величины *совместной деформации* основания и здания – *допуски*, при которых надежность и устойчивость сооружения заметно не снижаются: полная осадка S ; разность осадок двух точек ΔS , отнесенная к расстоянию L между ними (относительная осадка $\Delta S/L$); крен K ; прогиб (выгиб) f (табл. 5.1).

Согласно таблице для зданий величины предельных осадок допускаются от 8 до 15 см, причем большие осадки допускаются для более жестких конструктивно сооружений. Для сплошных железобетонных фундаментов сооружений башенного типа величина предельной осадки составляет 40 см. Предельные величины деформаций, являющихся следствием *неравномерной осадки*, составляет 0.001-0.002 L , где L – длина изгибаемого участка. Крен сплошных фундаментов не должен превышать 0.004.

Таблица 5.1

Допустимые абсолютные и относительные осадки сооружений

Название и конструктивные особенности сооружений	Абсолютные осадки, см		Относительные осадки			Примечание
	максимальная S_{max}	средняя S_{cp}	разность осадок $\frac{\Delta S}{L}$	крен K	прогиб f	
1. Производственные и гражданские здания с полным каркасом:						
а) железобетонным	8	-	0.002	-	-	
б) стальным	12	-	0.004	-	-	
2. Здания и сооружения, в конструкциях которых не возникают дополнительные усилия от неравномерных осадок	15	-	0.006	-	-	
3. Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами из:						
а) крупных панелей	-	10	0.0016	0.005	0.0007	
б) крупных блоков и кирпичной кладки без армирования	-	10	0.0020	0.005	0.001	
в) крупных блоков и кирпичной кладки с армированием или железобетонными поясами	-	15	0.0024	0.005	0.0012	
г) независимо от материала стен	-	-	-	0.005	-	поперечный

4. Высокие жесткие сооружения. Сооружения элеваторов из железобетонных конструкций:						
а) рабочее здание и силосный корпус монолитной конструкции, блокированные на одной фундаментной плите	-	40	-	0.003	-	Продольный и поперечный
б) рабочее здание и силосный корпус сборной конструкции	-	30	-	0.003	-	то же
в) отдельно стоящее рабочее здание	-	25	-	0.004	-	-
г) отдельно стоящий силосный корпус монолитной конструкции	-	40	-	0.004	-	-
д) отдельно стоящий силосный корпус сборной конструкции	-	30	-	0.004	-	-
5. Дымовые трубы высотой H , м:						
а) $H \leq 100$	-	40	-	0.005	-	-
б) $100 < H < 200$	-	30	-	$1/(2H)$	-	-
в) $200 < H < 300$	-	20	-	$1/(2H)$	-	-
г) $H > 300$	-	10	-	$1/(2H)$	-	-
6. Прочие высокие (до 100 м) сооружения	-	20	-	0.004	-	-
7. Опоры мостов с длиной L наименьшего примыкающего к опоре пролета, принимаемого не менее 25 м						
	$1.5\sqrt{L}$					равномерность
	$0.75\sqrt{L}$					неравномерность

Для фундаментов опор мостов (железнодорожных, автодорожных, городских) предельная величина осадки равна $1.5\sqrt{L}$ см (где L – длина меньшего примыкающего к опоре пролета в метрах, принимаемая не менее 25 м), а предельная величина неравномерности осадок опор - $0.75\sqrt{L}$ см.

5.3. СПОСОБЫ, ТОЧНОСТЬ И ПЕРИОДИЧНОСТЬ НАБЛЮДЕНИЙ

Для определения вертикальных перемещений используются геодезические и негеодезические способы. *Геодезические способы*

позволяют определять *абсолютные* и *относительные* величины осадок. *Геодезические способы* основаны на использовании различных устройств и приборов, устанавливаемых непосредственно на сооружении и или внутри него (отвесов, клинометров, деформометров и т.п.), с помощью которых определяются только *относительные* осадки.

Для определения *вертикальных перемещений* применяют следующие геодезические методы и их комбинации:

- геометрическое нивелирование короткими лучами (до 25 м);
- тригонометрическое нивелирование короткими лучами (до 100 м);
- гидростатическое нивелирование;
- фотограмметрии.

Для определения *горизонтальных перемещений* применяют следующие методы и их комбинации:

- створный;
- отдельных направлений, засечек;
- триангуляции, трилатерации;
- комбинированный;
- полигонометрии;
- фотограмметрии.

Для определения *крена* применяют следующие методы:

- визирования (с применением теодолитов);
- координирования;
- углов или направлений;
- нивелирования;
- фотограмметрии;
- механические способы с применением клинометров и отвесов.

Для наблюдений за положением сооружений (сдвигами и осадками) создаются *специальные плановые и высотные сети*. Каждая из них содержит:

- *опорную сеть* из нескольких пунктов, закрепленных особо устойчивыми знаками за пределами сооружения, вне зоны влияния опасных природных и техноприродных процессов;

- *деформационную сеть*, закрепленную знаками на сооружении. Относительно опорной сети через определенные промежутки времени (*циклы*) определяют координаты и высоты пунктов деформационной сети, разности которых характеризуют горизонтальные и вертикальные перемещения данного сооружения.

По точности определения горизонтальных и вертикальных перемещений плановые и высотные сети подразделяются на *четыре класса* (I, II, III, IV). *Точность измерения перемещений* сооружений зависит от *степени сжимаемости грунта*, на которые опирается сооружение, *характеристики* сооружения, *чувствительности* конструкций сооружения к неравномерным осадкам и приводится в табл. 5.2.

Точность измерения перемещений сооружения

Класс точности	Средняя квадратическая погрешность измерения, мм			Характеристика грунта или сооружения	Модуль деформации грунта E , ГПа
	сдвигов	осадки	креня		
I	2	1	-	Скальный, слабосжимаемый грунт. Уникальные сооружения, находящиеся в эксплуатации более 50 лет	$E \geq 2.04$
II	5	2	-	Песчаные, глинистые и другие среднесжимаемые грунты	$0.76 \leq E \leq 2.04$
III	10	5	-	Насыпные, просадочные и другие сильно сжимаемые грунты	$E \leq 0.76$
IV	15	10	-	Земляные насыпи	-
-	-	-	0.0001H	Высотные сооружения высотой H	-
-	-	-	0.0005H	Башни, трубы, мачты	-

Предварительно или для уникальных сооружений при геодезической подготовке проекта точность измерения деформаций может быть определена специальным расчетом. В этом случае используется известное соотношение, в котором средняя квадратическая погрешность измерения m не должна превышать 0,2 определяемой величины, в данном случае величины деформации $\Delta\Phi$ между циклами наблюдений, т.е.

$$m \leq 0.2\Delta\Phi. \quad (5.9)$$

Величину деформации $\Delta\Phi$ получают по расчетным данным или по результатам наблюдений в циклах.

Периодичность (частоту) наблюдений рассчитывают таким образом, чтобы ошибки измерений не исказили полученные результаты. То есть промежуток времени t между циклами наблюдений должен быть таким, чтобы за это время величина деформации $\Delta\Phi$ оказалась не меньше самой погрешности измерений m , а именно:

$$\Delta\Phi \geq mt, \quad (5.10)$$

где t – коэффициент нормирования, принимаемый в зависимости от ответственности результатов (уровня доверительной вероятности) равным 2 или 3.

Периодичность наблюдений за деформациями зависит от различных факторов: от свойств грунта, типа сооружения, ожидаемой (расчетной) величины деформации, графика строительно-монтажных работ, продолжительности и специфики эксплуатации сооружения, внешних условий, в которых находится сооружение.

Основная часть деформаций (50-85%) приходится на строительный период. Практически в *строительный период* наблюдения выполняются 1-2 раза в квартал, в *период эксплуатации* 1-2 раза в год. Выполняют также так называемые *срочные наблюдения* между циклами до и после появления

фактора, резко изменяющего обычный ход деформации. К таким факторам относятся: резкое изменение нагрузки на грунт, уровня грунтовых вод, температуры внешней среды; производство подземных работ; возведение вблизи новых сооружений; надстройка и капитальный ремонт зданий и др.

Периодичность наблюдений за осадками сооружений *в строительный период* определяется по признаку роста нагрузок на основание. *Первый цикл* измерений осадок производится после возведения фундаментов до приложения горизонтальной нагрузки к сооружению (например, до заполнения пазух котлована грунтом). Число циклов измерений осадок *после нулевого цикла* должно быть не менее четырех (при 25, 50, 75 и 100% нагрузки на основание).

После достижения полного веса сооружения *периодичность* наблюдений за осадкой изменяется в зависимости от вида грунта, на который опирается сооружение: на *связных грунтах* (глины, суглинки, илы) через 3-4 месяца; на *несвязных грунтах* (пески) через 5-6 месяцев; на *продачных грунтах* – до трех месяцев.

Наблюдения за осадкой продолжают *до полной стабилизации* основания сооружения, т.е. до тех пор, пока изменение осадки сооружения в последних трех циклах наблюдений будет равна нулю (в пределах точности наблюдений).

5.4. ЗАДАЧИ И ОРГАНИЗАЦИЯ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ

Наблюдения за деформациями сооружений выполняются *в целях*:

- оценки устойчивости сооружения и принятия профилактических мер;
- изучения влияния деформации на режим технологического процесса;
- проверки расчетных данных;
- изучения законов деформации для разработки методики их прогнозирования.

Основными задачами наблюдений за деформациями являются:

- своевременное выявление аварийных ситуаций и принятие своевременных мер по их предотвращению;
- выявление деформаций, оказывающих влияние на ход технологических процессов;
- изучение закономерностей деформаций с целью их прогнозирования и корректирования проектных расчетов.

Правильно организованные наблюдения *начинают* одновременно с проектированием на площадке будущего строительства. В период инженерных изысканий создают опорную сеть с тем, чтобы заранее определить степень ее устойчивости.

Наблюдения за сооружением *начинают* с момента его возведения и продолжают весь строительный период, а для большинства крупных

объектов – и в эксплуатационный период. В зависимости от вида сооружения, природных условий *наблюдения заканчиваются* после стабилизации или *продолжаются весь период эксплуатации*, если из-за деформации сооружения (или его части) возможно нарушение нормального режима технологического процесса.

На каждой стадии возведения или эксплуатации сооружения наблюдения за его деформациями выполняют через определенные интервалы времени (*циклы*). В случаях резких воздействий, способных вызвать изменение обычного хода деформации (изменение нагрузки на основание, изменение температуры среды или сооружения, действие тектонических сил и др.), выполняют *срочные* наблюдения.

Кроме прямых измерений деформаций *изучают* возможные причины их возникновения, для чего определяют в процессе инженерных изысканий: мощность отдельных слоев грунта, физико-механические свойства грунтов, уровень грунтовых вод и др. В ряде случаев организуют *специальные* наблюдения за термическим режимом грунтов и подземных вод, метеоусловиями, ведут учет строительной и технологической нагрузок.

5.5. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗНАКОВ

Применяемые для исследования деформаций знаки *по назначению* разделяются на опорные, деформационные и вспомогательные.

Опорные знаки являются исходной основой, относительно которой определяют положение точек сооружения в пространстве. *Назначение опорных знаков* – хранить исходную систему координат или высот. Опорные знаки закрепляют таким образом, чтобы обеспечивались их максимальная стабильность и длительная сохранность. Чаще всего опорная сеть закрепляется трубчатыми глубинными знаками. Для исследования деформаций промышленных и гражданских зданий применяют также свайные знаки длиной до 15 м. При особо точных работах в полую сваю бетонируют стальную трубку со вставленным в нее стержнем из инвара или композиционных материалов с коэффициентом линейного расширения, близким к нулю. Опорные знаки *размещают*: вне зоны возможных деформаций (от нагрузок, вибрации, изменения температуры и т.п.), а также за пределами *осадочной воронки*, т.е. на минимальном расстоянии от сооружения $L_{min} \geq 3b$ и на глубине заложения $H \geq 7b$, где b – ширина ленточного фундамента сооружения; не ближе двойной ширины здания или 9-10 - кратной глубины котлована. Практически *удаление* опорного знака от *промышленного* или *гражданского сооружения* составляет 50-100 м, для *гидротехнического сооружения* 300-500 м. *Число* опорных знаков, надежно обеспечивающих контроль устойчивости сооружения, должно быть *не менее трех*.

Деформационные знаки закрепляют непосредственно на исследуемом объекте. *Назначение деформационных знаков* – объективно отражать изменение положения объекта в пространстве. *Плановые деформационные знаки* – это визирные цели, закрепляемые непосредственно на конструкциях

и оборудовании или на кронштейнах (постоянных или съемных). *Простейшие визирные цели* представляют собой марки, на которые наносят биссектор, штрих или концентрические окружности. В *полу сооружения* – это металлическая пластина с перекрестием. *Высотные деформационные знаки* (осадочные марки) имеют сферическую головку, на которую устанавливают или подвешивают нивелирную рейку. Вместо марок на сооружениях могут закрепляться *постоянные нивелирные шкалы*, заменяющие также и рейки (визирная ось нивелира в этом случае должна располагаться на уровне шкалы).

Вспомогательные знаки являются связующими в схеме измерений и используются для передачи координат и высот от опорных знаков к деформационным.

5.6. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ОСАДКАМИ

5.6.1. Построение геодезической сети

Перед началом работ по измерению осадок создают *специальную геодезическую сеть*, которая содержит:

- опорные (исходные) реперы;
- контрольные знаки на сооружениях (осадочные марки), по которым определяются вертикальные перемещения.

Размещение и установка опорных реперов. Опорные знаки числом не менее трех *должны размещаться*:

- в стороне от проездов, складских территорий, подземных коммуникаций;
- вне зоны распространения давления от сооружения;
- за пределами влияния осадочных явлений, оползневых склонов, нестабилизированных насыпей, торфяных болот, подземных выработок, карстовых образований и других неблагоприятных инженерно-геологических и гидрологических условий;
- на расстоянии от сооружения не менее тройной толщины просадочного грунта;
- на расстоянии, исключающем влияние вибрации от транспортных средств, машин, механизмов;
- в местах, где в течение всего периода наблюдений возможен беспрепятственный и удобный подход к реперам и обеспечена их сохранность.

Опорные реперы лучше всего располагать на газонах и в скверах.

В зависимости от *точности определения осадок* (класса нивелирования) используются опорные реперы следующих видов: глубинные или грунтовые и стенные.

Глубинные реперы - фундаментальные геодезические знаки специальной конструкции, основание которых устанавливается в практически несжимаемые динамически устойчивые грунты (на глубину до

100 м) при измерении осадок *нивелированием I класса*. Количество глубинных реперов должно быть *не менее двух*, а в особо ответственных случаях *не менее трех* для одного сооружения.

Грунтовые реперы – геодезические знаки, основание которых устанавливается ниже глубины промерзания, оттаивания или перемещения грунта (на глубину 2-4 м). Их используют при измерении осадок *нивелированием II и III классов*. В отдельных случаях при нивелировании осадочных марок II и III классом используются **стенные реперы**. Число грунтовых реперов должно быть *не менее трех* и стенных реперов *не менее четырех*. Закладку грунтовых и стенных реперов целесообразно выполнять в весенне-летний период. Закладка глубинных реперов может быть выполнена в любое время года.

После установки репера на него передается отметка от ближайших пунктов геодезической сети. При значительном удалении пунктов геодезической сети от устанавливаемых реперов (более 2 км) допускается принимать *условную систему высот*.

В каждом цикле измерений контролируется *устойчивость* опорных реперов по превышениям между ними. *Критерием неподвижности знаков* служит предельная величина колебания превышений между знаками, определяемая по формуле (критерий Тарновского)

$$K \leq \pm 2m_h \sqrt{2n} , \quad (5.11)$$

где n – число станций между данными реперами; m_h – средняя квадратическая погрешность превышения на станции для данного класса нивелирования, равная соответственно для I, II, III и IV классов: ± 0.15 мм; ± 0.50 мм; ± 1.5 мм; ± 5.0 мм. Систематические изменения превышений между реперами или невязки ходов с одним знаком свидетельствуют об изменении высотного положения реперов.

В случае *большого количества опорных реперов* в нивелирной сети анализ их устойчивости выполняется другими методами (способом корреляционного или дисперсионного анализа, неизменной отметки, Ганьшина и Стороженко и др.).

Размещение и установка осадочных марок. *Размещение марок* на сооружении является одной из *основных задач* всей работы при измерении осадок сооружений. От этого во многом зависит качество, полнота, достоверность, однозначность определения осадок.

Размещение марок должно обеспечивать наиболее благоприятные условия производства работ.

Осадочные марки устанавливают: в нижней части несущих конструкций по всему периметру сооружения (в том числе на углах) приблизительно на одном уровне; на стыках строительных блоков; по обе стороны осадочных (или температурных) швов и граничных линий с разными нагрузками на основание; вдоль продольных и поперечных осей

фундамента; на несущих колоннах; в местах, где ожидаются большие осадки и с резкими перепадами сооружения по высоте; на участках с неблагоприятными геологическими условиями.

Марки *на углах* сооружений и колоннах рекомендуется устанавливать по направлению их *биссектрисы* (на стыке стен или граней), что дает возможность наблюдения с двух взаимно перпендикулярных сторон.

Для жилых и общественных *бескаркасных зданий с несущими кирпичными стенами и ленточным фундаментом* марки размещаются по периметру здания через 10-15 м. При ширине здания более 15 м марки устанавливаются на поперечных стенах в местах их пересечения с продольной осью.

Для *промышленных сооружений и каркасных жилых и общественных зданий* марки устанавливаются на несущих колоннах по периметру здания и внутри него, на поперечных и продольных осях не менее трех в каждом направлении (рис. 5.1, а, б).

Для *бескаркасных крупнопанельных жилых и общественных зданий со сборными фундаментами* марки устанавливаются по периметру и осям зданий через 6-8 м, приблизительно через *двойной шаг панелей*.

Для *зданий, имеющих свайный фундамент*, марки размещают не более чем через 15 м по продольным и поперечным осям сооружения.

Для *многоэтажных производственных зданий и промышленных сооружений, имеющих сплошную фундаментную плиту*, марки размещают по продольным и поперечным осям плиты и ее периметру из расчета 1 марка на 100 м² площади.

На *сооружениях башенного типа* (дымовых трубах, доменных печах, силосных башнях, элеваторах и др.) устанавливают не менее 4 марок по периметру (рис. 5.1, в).

Для *гидротехнических сооружений*, разделенных на секции, устанавливают не менее трех марок на каждую секцию, а при ширине секции более 15 м – не менее 4 марок (рис. 5.1, г). Рекомендуется также устанавливать несколько ярусов марок (на гребне сооружения и в нижней галерее) по периметру верхнего и нижнего *бьефов* (от франц. *bief*: верхний бьеф – часть водоема или водотока, расположенная выше по течению от водонапорного сооружения, нижний бьеф – ниже него).

Для *причальных и подпорных стенок* марки устанавливают по периметру через 15-20 м.

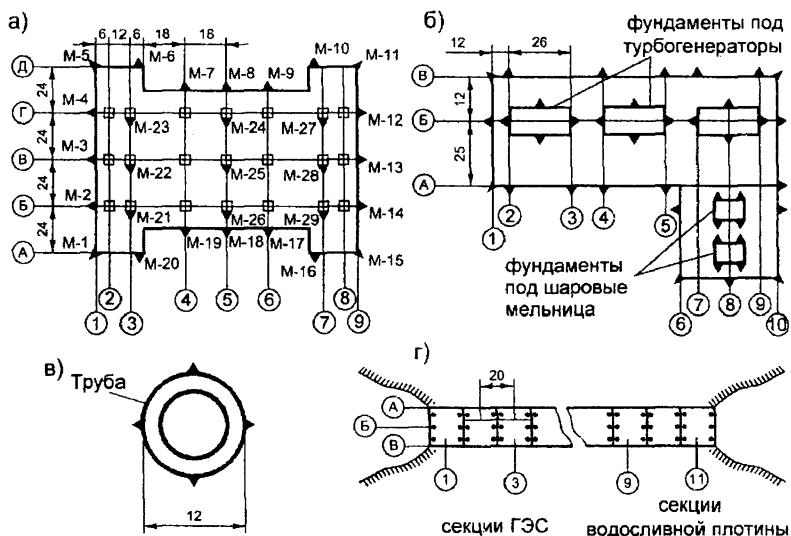


Рис. 5.1. Схемы размещения осадочных марок:
 а – в стенах и на колоннах здания; б – на фундаментах агрегатов;
 в – на дымовой трубе; г – в секциях ГЭС

В случае пристройки вновь возводимого здания к существующему место примыкания рассматривается как осадочный шов, и марки устанавливаются по обе стороны. На старом здании марки устанавливают на расстоянии 15-25 м от места примыкания нового здания.

При наблюдениях за осадками уникальных сооружений кроме марок на фундаментах размещают ряд скважин диаметром 50-100 мм для режимных наблюдений за температурой фундамента и уровнем грунтовых вод.

Установленные марки привязывают с точностью 1 см к разбивочным осям, углам здания, проемам и т.д., после чего краской обозначают их номера.

Типы осадочным марок. Наблюдения за осадкой сооружений ведутся по специально закрепленным знакам – осадочным маркам различных конструкций. Независимо от конструкции осадочная марка должна соответствовать следующим требованиям: жесткое закрепление на сооружении; длительная сохранность; наличие строго фиксированной точки для однозначной установки на ней рейки при повторном нивелировании. Для этого головке марки придается сферическая или полусферическая форма.

В зависимости от места установки осадочные марки различают следующих типов: стенные, или боковые (открытые, закрытые, в виде шкал); плитные (поверхностные); цокольные.

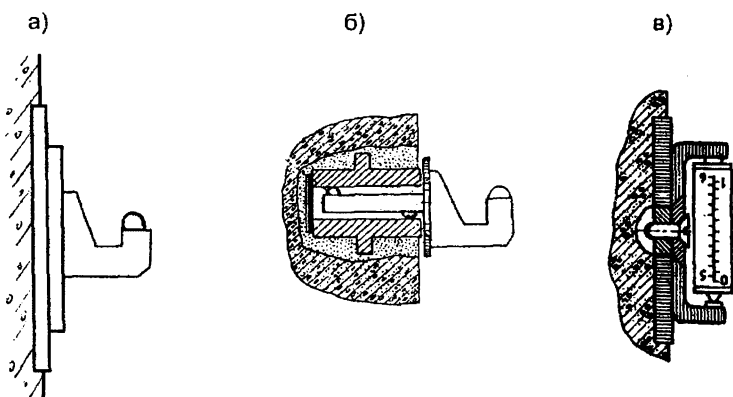


Рис. 5.2. Стенные осадочные марки:
а – открытая; б – закрытая; в – марка-шкала

Открытая стенная марка (рис. 5.2, а) представляет собой металлический стержень (кронштейн), жестко закрепленный на вертикальной части здания или конструкции (забетонированный или приваренный к закладной детали). Для предохранения от механических повреждений открытая марка может закрываться колпаком.

Закрытая стенная марка (рис. 5.2, б) состоит из полого цилиндра, надежно забетонированного в стене, и съемного кронштейна с головкой для установки рейки, хвостовик которого вставляется или ввинчивается в цилиндр во время наблюдений, после чего кронштейн снимается со стены, а цилиндр закрывается крышкой.

Марка-шкала (рис. 5.2, в) представляет собой металлическую пластину с линейной шкалой, постоянно закрепленную на стене или конструкции обычно внутри здания на высоте визирной оси нивелира. В этом случае надобность в нивелирных рейках отпадает.

Плитная марка (рис. 5.3, а) устанавливается в углублении на горизонтальной части фундамента. Она состоит из хвостовика длиной 60-100 мм и сферической головки диаметром 20-30 мм. Сверху марка закрывается крышкой.

Цокольная марка (рис. 5.3, б) закладывается в бетон, мрамор или гранит цоколя. Она представляет собой болт или заклепку длиной 30-60 мм со сферической головкой диаметром 5-15 мм. В качестве цокольной марки может быть использован дюбель-гвоздь.

При кратковременных наблюдениях могут применяться *упрощенные типы* осадочных марок: стержни, уголки, болты, дюбель-гвозди, отверстия и выступы в бетонных или металлических конструкциях и др.

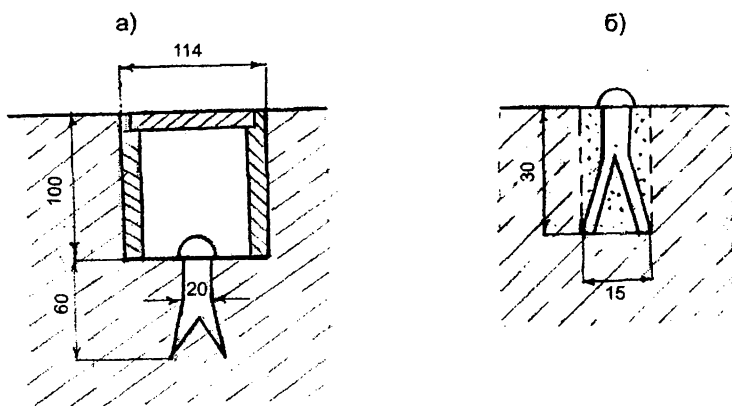


Рис. 5.3. Плитная марка (а) и цокольная марка (б)

5.6.2. Способы измерения осадок сооружений

Осадки сооружений определяют одним из следующих *видов нивелирования* (или их комбинациями): геометрическим, тригонометрическим, гидростатическим и фотограмметрическим. Вид нивелирования определяется *классом* точности измерений: I – IV классы – *геометрическое* и *гидростатическое* нивелирование; II – IV классы – *тригонометрическое* и *фотограмметрическое* нивелирование.

Геометрическое нивелирование является основным способом измерения осадок сооружений, и его технические характеристики даны в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Требования к геометрическому нивелированию

Условия геометрического нивелирования	Основные технические характеристики и допуски для геометрического нивелирования классов			
	I	II	III	IV
Применяемые нивелиры	Н-05 и равноточные ему		Н-3 и равноточные ему	
Применяемые рейки	РН-05 (односторонние штриховые с инварной полосой и двумя шкалами)		РН-3 (двусторонние шашечные)	
Число станций замкнутого хода, не более	2	3	5	8
Визирный луч:				
длина, м, не более	25	40	50	100
высота над препятствием, м, не менее	1	0.8	0.5	0.3
Неравенство плеч (расстояний от нивелира до реек) на станции, м, не более	0,2	0.4	1	3
Накопление неравенств плеч в замкнутом ходе, м, не более	1	2	5	10
Допускаемая невязка в замкнутом ходе при числе станций n , мм	$\pm 0.15\sqrt{n}$	$\pm 0.5\sqrt{n}$	$\pm 1.5\sqrt{n}$	$\pm 5.0\sqrt{n}$

Нивелирование I класса выполняется по реперам *исходной сети* при измерении осадок крупных сооружений (ГЭС, АЭС и др.).

Нивелирование II класса выполняется по осадочным маркам *крупных сооружений*, а также многих *промышленных сооружений*.

Нивелирование III класса выполняется при определении осадок *земляных и каменнонабросных плотин*, а также сооружений, возводимых на *сильно сжимаемых грунтах*.

Нивелирование IV класса выполняется при определении осадок *земляных сооружений*.

Геометрическое нивелирование выполняется *способом из середины* и в зависимости от точности (классов) следующим образом:

I класс – двойной горизонт в прямом и обратном направлениях (или замкнутый ход), отсчеты выполняются после введения штриха рейки в биссектор (*способ совмещения*);

II класс – один горизонт, замкнутый ход, отсчеты по рейке способом совмещения;

III класс – один горизонт, замкнутый ход, отсчеты по рейке способом совмещения или по трем нитям с глазомерной оценкой долей деления рейки (*способ наведения*);

IV класс – один горизонт, замкнутый или разомкнутый ход, отсчеты по рейке способом наведения.

Нивелирный ход по маркам *начинают* с исходного репера и заканчивают на нем же или на другом исходном репере. Число станций *в замкнутом ходе* должно обеспечивать необходимую точность получения величин осадок. Число станций *в висячем ходе* допускается не более двух.

Измерения в каждом цикле должны выполняться по одной и той же схеме ходов и одной и той же программе, при благоприятных условиях видимости и достаточно отчетливых и спокойных изображениях штрихов рейки для уменьшения влияния систематических ошибок.

На станции *отсчитывание по рейке способом совмещения* выполняется по одной из следующих программ.

	I программа	II программа
Первый горизонт инструмента:	З _о ; П _о ; П _д ; З _д	З _о ; З _д ; П _о ; П _д
Второй горизонт инструмента:	П _о ; З _о ; З _д ; П _д	П _о ; П _д ; З _о ; З _д

где З_о, З_д – отсчеты по основной и дополнительной шкалам задней рейки; П_о, П_д – отсчеты по основной и дополнительной шкалам передней рейки.

Вторая программа применяется при нивелировании одной рейкой, если нивелир установлен *на жесткое* (бетонное) основание.

Отсчитывание по рейке способом наведения выполняется по программе: З_ч, П_ч; П_к, З_к, где З_ч, З_к – отсчеты по задней рейке (черный и красный); П_ч, П_к – отсчеты по передней рейке (черный и красный).

На каждой станции выполняется *полевой контроль* наблюдений в таком порядке:

- вычисляют разность основной и дополнительной шкал реек, отличие которой от постоянного числа допускается не более 0,1 мм, 0,15 мм, 2 мм, 5 мм соответственно для I, II, III и IV классов;

- находят два превышения по разностям отсчетов одноименных задней и передней реек, расхождения в превышениях не должны быть более 0,2 мм, 0,3 мм, 2 мм, 5 мм соответственно для I, II, III и IV классов;

- сравнивают средние превышения, полученные в каждом горизонте (расхождение не должно превышать 0,2-0,3 мм).

Тригонометрическое нивелирование применяется при измерении осадок сооружений в условиях резких перепадов высот (больших насыпей, глубоких котлованов, косогоров и т.п.).

Тригонометрическое нивелирование заключается в определении превышения одной точки над другой измерением угла наклона визирного луча и расстояния от прибора до точки визирования.

Тригонометрическое нивелирование выполняется *короткими лучами* (до 100 м) способом *из середины* точными (типа Т2, Т5) и высокоточными (типа Т05 и Т1) теодолитами с *накладными уровнями* (накладной уровень устанавливается на ось вращения трубы и предназначен для определения угла отклонения оси вращения теодолита от отвесной линии). На определяемых точках устанавливают рейки (вешки), на каждой из которых на одинаковых высотах нанесены две визирные цели в виде горизонтального штриха на расстоянии 1-2 м, образующие вертикальный базис b . Величину базиса b точно определяют перед измерениями.

Превышение между горизонтальной *осью вращения трубы* теодолита и *визирной целью* на рейке (вешке) вычисляется по формуле

$$h_s = d \operatorname{ctg} Z, \quad (5.12)$$

где Z – зенитное расстояние визирной цели, d – горизонтальное проложение от теодолита до визирной цели, которое измеряется непосредственно или вычисляется по формуле

$$d = b \frac{\sin Z_1 \cdot \sin Z_2}{\sin(Z_1 - Z_2)}, \quad (5.13)$$

где b – длина вертикального базиса; Z_1 и Z_2 – зенитные расстояния визирных штрихов (концов базиса), измеряемые теодолитом.

Превышение между определяемыми точками вычисляется два раза как разность заднего и переднего превышений одноименных визирных целей (верхних или нижних).

Для повышения точности точки установки теодолита целесообразно закреплять устойчивыми *столбами – штативами*. Для установки теодолита

можно использовать также окружающие сооружения, устойчивость которых не вызывает сомнения.

При благоприятных условиях с использованием точного теодолита Т1 можно получить превышение между точками с ошибкой II класса нивелирования (0,2-0,4 мм).

При измерениях больших величин осадок сооружений (более 100 мм) на насыпных или просадочных грунтах, подверженных замачиванию, тригонометрическое нивелирование может быть выполнено теодолитом на штативе с измерением расстояний по натяжному дальномеру. В этом случае ошибка осадки из двух циклов составляет 10-15 мм.

Допускаемые погрешности измерения расстояний и вертикальных углов (зенитных расстояний) в зависимости от класса точности измерений не должна превышать величин, приведенных в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Требования к тригонометрическому нивелированию

Класс точности измерений	Допускаемая погрешность измерений			
	расстояний при значениях вертикальных углов, мм		вертикальных углов при их значениях, с	
	до 10°	св 10° до 40°	до 10°	св 10° до 40°
II	7	1	2,5	1,5
III	14	3	5	3
IV	35	8	12	10

Гидростатическое нивелирование основано на использовании основного закона гидростатики: в сообщающихся сосудах свободная поверхность однородной жидкости устанавливается на одинаковом уровне независимо от поперечного сечения сосудов и массы жидкости. Разность высот столбов жидкости в сообщающихся сосудах является превышением между точками, на которых установлены сосуды.

Гидростатическое нивелирование целесообразно применять в стесненных условиях подвальных и цеховых помещений, где не могут быть обеспечены благоприятные условия работы (видимость, удобные места для установки прибора и реек и т.п.), а также при наблюдениях за осадкой фундаментов турбогенераторов, бумагоделательных машин, стендов для натяжения арматуры при изготовлении напряженного железобетона, при исправлении крена сооружения, при сооружении кольцевых фундаментов большой протяженностью, при возведении зданий в скользящей опалубке, при монтаже и эксплуатации технологического оборудования уникальных сооружений, где пребывание человека нежелательно или исключено. Этот способ позволяет одновременно и непрерывно наблюдать за осадкой большого количества точек, труднодоступных для измерений другими способами. В ряде случаев гидростатическое нивелирование является единственным способом измерения осадок.

Осадки фундаментов определяют или переносным гидростатическим шланговым нивелиром, или стационарной гидростатической системой, установленной по периметру фундамента.

Переносной шланговый гидростатический нивелир (рис. 5.4) состоит из двух одинаковых водомерных стеклянных *стаканов-пьезометров* высотой от 50 до 200 мм и диаметром от 20 до 50 мм, которые заключены в металлическую оправу и соединены резиновым или пластмассовым шлангом в нижней части. Жидкость заливается через отверстие в верхней части оправ. *Перед началом работ* гидростатический нивелир заполняют дистиллированной или прокипяченной водой с добавлением 0,1% раствора формалина и проверяют, как вода заполняет шланги (воздушные пузырьки и пробки недопустимы). Свободная поверхность подкрашенной воды, заполняющей нивелир, находится на одном уровне в обоих стаканах. *При отрицательных температурах* используют различные спирты или антифризную жидкость. *По разности высот* столбов жидкости в сообщающихся сосудах находят *разность высот* точек, на которых установлены стаканы. *При проложении нивелирного хода* водомерные стаканы устанавливаются или подвешиваются на марки, для чего в конструкциях сооружения закладываются специальные закладные детали в соответствии с имеющимся в приборе приспособлением для установки. *Средняя квадратическая погрешность* определения разности высот нивелирного хода длиной 1 км составляет ± 15 мм.

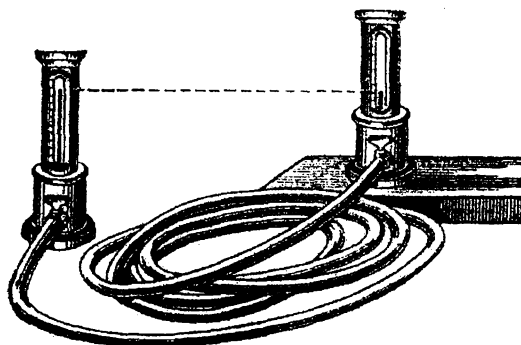


Рис. 5.4. Переносной гидростатический нивелир

Основные ошибки гидростатического нивелирования вызываются влиянием *внешней среды*: тепловым расширением жидкости в сосудах гидростатического нивелира; изменением атмосферного давления; загрязнением жидкости в приборе и др.

Для уменьшения влияния *теплового расширения жидкости* необходимо: изолировать прибор от местных источников теплового излучения; укладывать соединительные шланги приблизительно (до 2 см) горизонтально; производить выравнивание температуры жидкости путем

принудительного перемешивания ее во всей системе; вводить поправки за влияние перепада температуры, для чего определять среднюю температуру жидкости в каждой половине секции между измерительными сосудами; измерение производить ночью или днем в пасмурную погоду; жидкостный шланг поместить внутри воздушного шланга большого диаметра.

В результате изменения атмосферного давления происходит перераспределение жидкости из одного сосуда в другой, причем чем меньше плотность применяемой жидкости, тем больше будет заметно влияние атмосферного давления на точность гидростатического нивелирования. Для уменьшения влияния вариаций атмосферного давления создают геометрические системы, в которых давление в различных сосудах уравнивается через специально предназначенные шланги.

По опытным данным, при благоприятных внешних условиях определение осадок гидростатическим нивелиром возможно с ошибкой 0,05-0,1 мм.

Стационарная гидростатическая система (рис. 5.5) содержит: водомерные стаканы-пьезометры, жестко укрепленные на фундаменте или конструкциях сооружения; напорный резервуар с контрольным пьезометром, установленный в стороне от гидростатической системы на фундаменте (подставке), не имеющем осадки, и заполненный подкрашенной водой; трубу (шланг), соединяющий все пьезометры и напорный резервуар между собой.

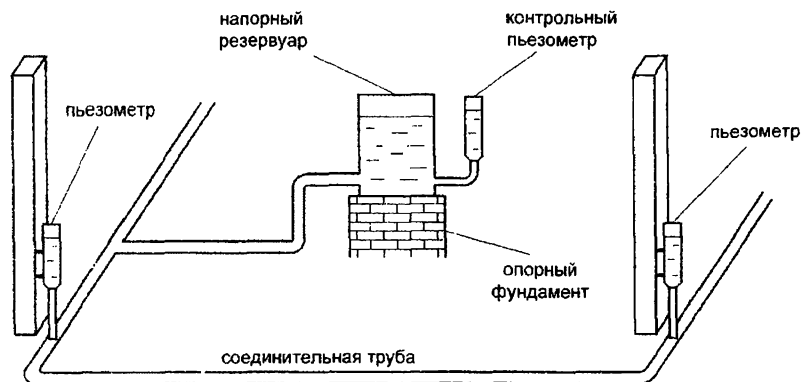


Рис. 5.5. Стационарная гидростатическая система

При наблюдениях напорный резервуар служит *опорным* репером. В каждом цикле измерений наблюдают за уровнем жидкости в пьезометрах. Отличия отсчетов на каждом из пьезометров от отсчета по контрольному пьезометру являются *осадками* точек, на которых закреплены водомерные стаканы. Точность определения осадок гидростатической системой находится в пределах от 0,3 до 1 мм.

По конструкции стационарные гидростатические системы бывают замкнутые и разомкнутые (висячие).

Гидростатические системы являются оперативными и удобными для наблюдений. Кроме того, наблюдения могут быть легко автоматизированы, если каждый пьезометр оборудовать электрическими контактами, через которые при осадке пьезометра токопроводящая жидкость будет замыкать цепь, передавая соответствующий сигнал на пульт.

Точность измерения осадок с применением современной автоматизированной гидростатической системы составляет *несколько микрометров*.

Фотограмметрическое нивелирование применяют при определении вертикальных перемещений конструкций сооружений в плоскости, *параллельной* плоскости снимка.

Для определения осадок фотограмметрическим способом наблюдаемое сооружение маркируют и *фотографируют* фототеодолитом в *начальный* период, а потом – *периодически* через установленный промежуток времени с одного и того же опорного пункта (*с нулевого, временного базиса*). При этом плоскость прикладной рамки, по возможности, устанавливают параллельно основной плоскости сооружения. Полученные снимки измеряют на *стереокомпараторе*, причем в его *левую* кассету закладывают всегда *начальный снимок*, а в *правую* кассету – *снимок текущего цикла* наблюдений, и определяют суммарные смещения точек относительно начального цикла наблюдений. Можно также измерять смещения точек и между смежными циклами наблюдений.

После *ориентирования снимков* по координатным меткам их *поворачивают* на 90° и измеряют смещение вдоль оси Z (*по вертикали*). Поворот снимков на 90° позволяет наблюдать вертикальные смещения (осадки) стереоскопически и тем самым повысить точность их измерения.

По измерениям на стереокомпараторе смещениям вычисляют величину ΔZ (*осадку*) по формуле

$$\Delta Z = \frac{Y}{f} \Delta z, \quad (5.13)$$

где Δz - смещения точек вдоль оси Z на снимках; Y – отстояние теодолита (передней узловой точки объектива) от наблюдаемого сооружения; f – фокусное расстояние фотокамеры.

Средняя квадратическая *погрешность* осадки согласно теории погрешностей будет равна

$$m_{\Delta Z} = \frac{Y}{f} m_{\Delta z}. \quad (5.14)$$

То есть *ошибки осадок* определяются, в основном, ошибками измерения на снимках смещений Δz , возрастают пропорционально с

увеличением отстояния и уменьшаются при использовании камер с большим фокусным расстоянием f .

Величины Y и f всегда можно измерить с необходимой точностью. Например, чтобы ошибка определения осадки не превышала 0,3-0,5 мм фокусное расстояние необходимо знать с точностью порядка 1 мм, а отстояния Y – с точностью 20-30 см. Указанная точность определения отстояния Y позволяет размещать наблюдаемые точки в одной вертикальной плоскости без особой строгости.

При точности измерения смещений на стереокомпараторе $m_{\Delta z} = 0,01$ мм, отстоянии $Y = 15$ м и фокусном расстоянии фотокамеры $f = 192$ мм ошибка определения осадки фототеодолитом составит

$$m_{\Delta z} = \frac{15000}{192} \cdot 0,01 = 0,8 \text{ мм.}$$

Приведенные расчеты выполнены в предположении, что местоположение и ориентирование фотокамеры при съемках остаются неизменными (точность ориентирования должна быть выдержана в пределах 5", наклон фотопластинки – в пределах 20"). Однако обеспечить такую точность установки фототеодолита практически невозможно. Поэтому точность определения осадок фотограмметрическим способом будет значительно ниже и по опытным данным в среднем составляет 1,5-2 мм при отстоянии $Y = 15$ м.

Для повышения точности наблюдений и для контроля работ желательно иметь на каждом снимке по 2-3 контрольные точки, положение которых на время наблюдений за осадками можно считать неизменными, то есть смещения этих точек на снимках должны равняться нулю. Однако вследствие ошибок ориентирования, имеющих для каждого снимка систематический характер, на контрольных точках будет наблюдаться некоторое смещение, которое используется в качестве поправки для уточнения результатов измерений. С учетом этой поправки и при отстоянии $Y \approx 15$ м ошибка определения осадки в среднем составит около 1 мм.

5.6.3. Обработка результатов измерений

Обработка *полевых измерений* включает:

- вычисление во вторую руку превышений на станциях;
- составление схемы нивелирных ходов с выпиской вычисленных превышений;
- вычисление и выписку на схему полученных и допустимых невязок;
- оценку точности по результатам полевых измерений;
- уравнивание нивелирной сети;
- оценку точности по результатам уравнивания;
- вычисление отметок и осадок марок, а также других параметров, характеризующих вертикальные перемещения.

Вычисления выполняют в зависимости от *класса нивелирования* с точностью, указанной в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Точность вычисления результатов нивелирования

Класс нивелирования	Превышения, мм	Отметки, мм	Осадка, мм
I	0.01	0.1	0.1
II	0.1	0.1	1
III	0.5	1	1
IV	1	1	1

Оценку точности нивелирования выполняют по результатам полевых измерений и по данным, полученным после уравнивания.

По результатам полевых измерений вычисляют:

- среднюю квадратическую *погрешность превышения на станции* $m_{ст}$ по разностям d двойных измерений превышений:

$$m_{ст} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[d^2]}{n}}, \quad (5.15)$$

где n – общее число станций в сети;

- среднюю квадратическую *погрешность превышения на станции* $m_{ст}$ (второй раз) и *одного километра хода* $m_{км}$ по невязкам f полигонов (замкнутых и разомкнутых):

$$m_{ст} = \sqrt{\frac{\left[\frac{f^2}{n} \right]}{N}}; \quad (5.16)$$

$$m_{км} = \sqrt{\frac{[n]}{[L]}}; \quad (5.17)$$

где n – число станций в полигоне, N – число полигонов, $[L]$ – общая протяженность полигонов в километрах.

Сеть уравнивается как *свободная* одним из строгих способов: последовательных приближений, эквивалентной замены, полигонов проф. В.В. Попова. Допускается *упрощенное уравнивание* отдельных полигонов и ходов, имеющим *незначительные невязки* (не более 1 мм), которое выполняется простым распределением невязки поровну между всеми станциями (превышения получают поправки пропорционально числу станций в них).

По результатам уравнивания вычисляют среднюю квадратическую *погрешность единицы веса* μ на 1 км хода $m_{км}$ или превышения на станции $m_{ст}$ по формуле

$$\mu = \sqrt{\frac{[PV^2]}{N-r}}, \quad (5.18)$$

где V – поправки в среднее превышение между узловыми точками; N – число ходов в сети; r – число узловых точек в сети; $P = \frac{1}{L}$ – вес хода, длина которого L км (в этом случае вычисляется $m_{км}$), или $P = \frac{1}{n}$ – вес хода с числом станций n (тогда вычисляется $m_{см}$).

Погрешность отметки m_n наиболее удаленной марки (в середине сети) вычисляют по формуле

$$m_n = m_{см} \sqrt{n}, \quad (5.19)$$

где n – число станций от исходного репера до этой марки, которое определяется следующим образом:

- в простых ходах – непосредственным подсчетом по схеме;

- в сложных сетях – вычисляют, считая вес отметки марки $P = \frac{1}{n}$ (число, обратное количеству станций эквивалентного хода) равным сумме весов всех сходящихся к этой марке ходов, т.е. $P = [P_i]$, или

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{1}{n_3} + \dots + \frac{1}{n_i}. \quad (5.20)$$

Средняя квадратическая погрешность осадки m_s марки, наиболее удаленной от исходного репера, будет в $\sqrt{2}$ раз больше погрешности высоты m_n , так как осадка есть разность высот марки в двух циклах, поэтому

$$m_s = m_{см} \sqrt{2n}. \quad (5.21)$$

Полученная формула используется также для *специального* расчета точности наблюдений, т.е. средней квадратической погрешности превышения на станции $m_{см}$, по заранее принятой (установленной) погрешности измерения осадки m_s :

$$m_{см} = \frac{m_s}{\sqrt{2n}}, \quad (5.22)$$

где n – число станций эквивалентного хода с весом $P = [P_i]$.

После уравнивания и оценки точности смежных циклов измерений вычисляют отметки H осадочных марок и составляют *ведомость осадок*, в которой вычисляют:

- осадку S между двумя последними i и $i-1$ циклами:

$$S_i = H_i - H_{i-1}; \quad (5.23)$$

- полную осадку с начала наблюдений как разность отметок марки текущего H_i и нулевого H_0 циклов:

$$S_n = H_i - H_0; \quad (5.24)$$

- неравномерную осадку фундамента в текущем цикле:

$$\Delta S_{1,2} = S_2 - S_1, \quad (5.25)$$

где S_1 и S_2 – осадки крайних марок рассматриваемого участка линии;

- относительный наклон (крен) фундамента на концах осей сооружения (относительную неравномерность):

$$i_{1,2} = \frac{\Delta S_{1,2}}{l_{1,2}}, \quad (5.26)$$

где $l_{1,2}$ – расстояние между марками 1 и 2 фундамента;

- среднюю осадку сооружения:

$$S_{cp} = \frac{[S]}{n}, \quad (5.27)$$

где $[S]$ - сумма осадок всех марок сооружения; n – число марок.

Одновременно со средней осадкой S_{cp} указывают *наибольшую* S_{max} и *наименьшую* S_{min} осадки сооружения;

- величину стрелы абсолютного симметричного прогиба вдоль осей фундамента, вызываемого неодинаковой осадкой в его центре и по краям:

$$f_{abc} = \frac{2S_2 - (S_1 + S_3)}{2}; \quad (5.28)$$

- относительный прогиб (выгиб) для продольной оси здания, а также для поперечных сечений у торцов здания и в средней его части:

$$f_{omn} = \frac{f_{abc}}{l_{1,3}}, \quad (5.29)$$

где S_1 и S_3 – осадки крайних марок на оси фундамента, мм; S_2 – осадка средней марки, мм; $l_{1,3}$ – расстояние между крайними марками, мм;
 - скорость осадки (среднемесячную или среднегодовую):

$$V = \frac{S}{t}, \quad (5.30)$$

где S – суммарная осадка марки за время наблюдений t в месяцах или годах;
 - среднюю скорость осадки всего сооружения:

$$V_{cp} = \frac{\sum V}{r}, \quad (5.31)$$

где r – количество наблюдаемых марок.

Средняя квадратическая погрешность осадки m_s из двух циклов вычисляют по формуле

$$m_s = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}, \quad (5.32)$$

где m_1, m_2 – средние квадратические погрешности отметки марки, наиболее удаленной от исходного репера, в обоих циклах наблюдений.

5.6.4. Оформление результатов наблюдений

После полной камеральной обработки наблюдений в конце каждого года составляется *технический отчет*, в который включают:

- схему размещения пунктов опорной и осадочной сетей;
- чертежи опорных и осадочных пунктов;
- материалы обработки результатов геодезических измерений с оценкой точности;
- каталог высот пунктов опорной сети;
- каталог высот и осадок осадочных марок;
- анализ результатов наблюдений.

Кроме того, в отчете указывают физико-механические свойства грунтов, конструктивные особенности сооружения и фундаментов, а также прикладывают ведомости изменения уровня грунтовых вод и температуры грунта, если выполнялись такие наблюдения.

Для наглядности к отчету прилагаются следующие графические материалы:

1. Графики изменения осадки во времени по осям сооружения и роста давления P на основание фундамента (рис. 5.6). Вертикальный масштаб графика осадки выбирается в зависимости от величины осадки.
2. Развёрнутые графики осадки марок по осям сооружения в циклах (рис. 5.7.)

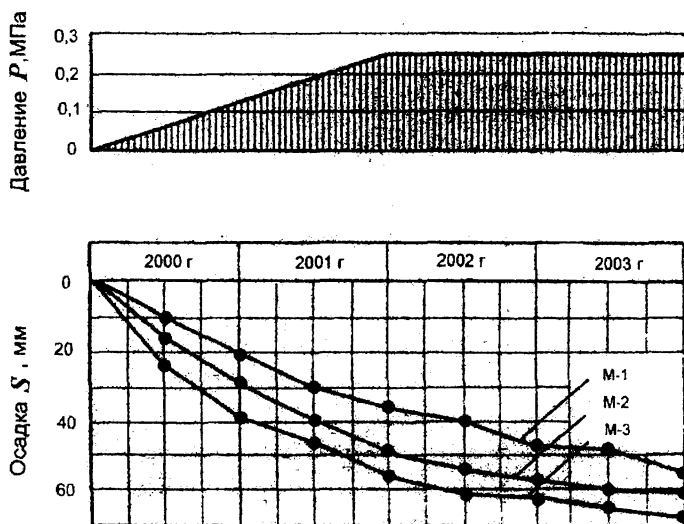


Рис. 5.6. График осадки S марок и давления P на основание фундамента

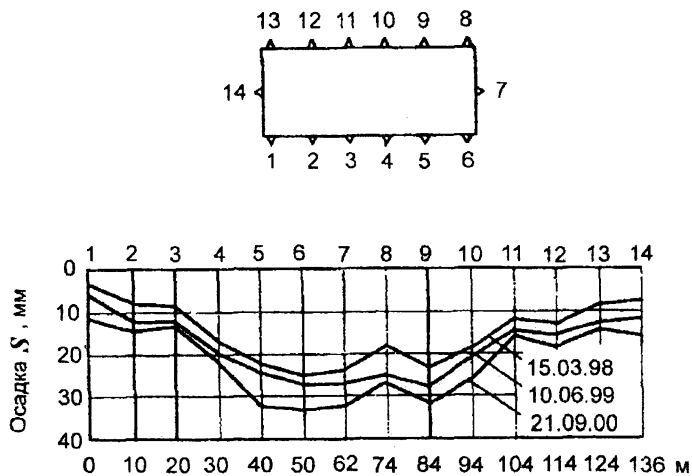


Рис. 5.7. Развернутые графики осадки сооружения по основным осям в циклах

Обычно эти графики строят по контуру сооружения (по его основным осям) или же по каждому фасаду. Для этого на горизонтальной линии откладывают расстояния между марками (в масштабе плана), а по вертикалям, проходящим через полученные точки, величины осадок по каждому циклу наблюдений.

3. План осадочных марок фундамента с линиями равных осадок (рис. 5.8).

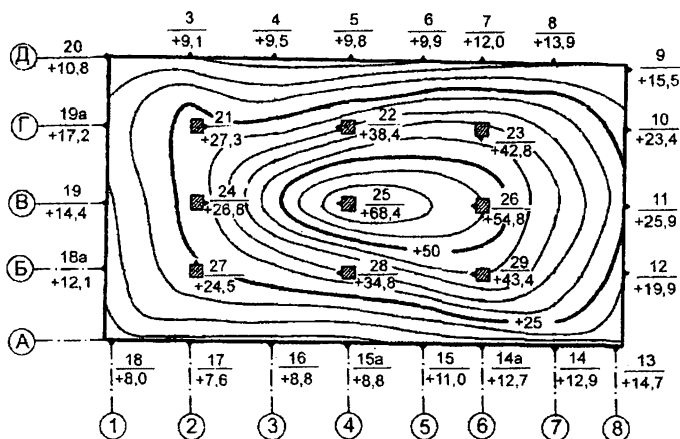


Рис. 5.8. План осадочных марок фундамента с линиями равных осадок через 5 мм

Для этого на плане фундаментов здания под номером каждой марки выписывают величину ее осадки в миллиметрах, после чего строят линии равных осадок (изолинии), например, через 5, 10, 20 мм и т.д. Изолинии дают наглядное представление о состоянии деформаций грунтов основания фундаментов и направлении кренов элементов сооружения. План целесообразно строить в том случае, когда марки в достаточном количестве равномерно расположены по всей площади фундамента.

Предельные величины осадок оснований фундаментов сооружений, не приспособленных к неравномерным осадкам, за время строительства и эксплуатации не должны превышать значений, указанных в табл. 5.1.

5.7. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СДВИГАМИ

5.7.1. Абсолютные и относительные сдвиги

Изменение планового положения сооружений (*сдвиг*) характеризуется линейной величиной q и ее ориентировкой θ , т.е. направлением перемещения в выбранной системе координат.

Абсолютные сдвиги характеризуют смещение сооружения относительно опорных пунктов и вычисляются по формуле

$$q_{abc} = \sqrt{(x_i - x_0)^2 - (y_i - y_0)^2};$$
$$\theta_{abc} = \arctg \frac{y_i - y_0}{x_i - x_0}, \quad (5.33)$$

где x_i, y_i – координаты деформационного пункта в текущем цикле; x_0, y_0 – координаты деформационного пункта в начальный период наблюдений (в нулевом цикле).

Относительные сдвиги вычисляются аналогично относительно какой-либо точки сооружения или по координатам деформационных пунктов в смежных циклах.

Перед началом измерений сдвигов создают *геодезическую сеть*, которая включает:

- опорные знаки в виде неподвижных в горизонтальной плоскости столбов, верхняя часть которых специально оборудована центрировочным устройством для установки теодолита;
- деформационные марки, размещаемые на наружных и внутренних частях сооружения;
- ориентирные знаки в виде неподвижных в горизонтальной плоскости столбов.

5.7.2. Построение геодезической сети

Размещение и установка опорных пунктов. Опорные пункты располагают *вне сооружений* в устойчивых местах. Для контроля эти пункты ориентируют по незыблемому направлению. Места установки опорных пунктов выбирают так, чтобы визирный луч по возможности был наклонным и не проходил близко (ближе 0.5-1 м) к препятствиям. В отдельных случаях допускается установка опорных пунктов на крышах устойчивых зданий.

В каждом цикле наблюдений проверяют *устойчивость* опорных знаков, для чего измеряют с необходимой точностью углы и линии в опорной сети. Если при этом выявится, что положение опорных пунктов изменилось на величину, превышающую предельную погрешность их определения, то в измеренные смещения вводятся соответствующие поправки.

Размещение и установка деформационных пунктов. Деформационные марки устанавливают на частях сооружений как можно ближе к основанию, чтобы уменьшить влияние на их смещение температурных деформаций и наклона сооружения. Марки устанавливают по периметру не реже чем через 20 м, по углам, по обе стороны осадочных швов. Там, где горизонтальная нагрузка имеет наибольшую величину, расстояние между марками уменьшают до 10-15 м.

На промышленных зданиях при измерении сдвигов отдельно стоящих фундаментов устанавливают не менее трех марок на каждый фундамент. Для ленточных фундаментов марки устанавливают через 15-20 м.

На гидротехнических сооружениях наиболее целесообразным местом установки марок является пол нижней *потерны* (смотровой галереи), над конечными точками которой должны быть оставлены отверстия для выноса центров знаков на гребень плотины. Если гидротехническое сооружение разделено на секции, то устанавливают не менее двух марок на каждую секцию, а при ширине секции более 20 м устанавливают не менее четырех марок.

На вытянутых сооружениях типа подпорных стенок, причалов и т.п. марки устанавливают через 30 м.

Размещение и установка ориентирных пунктов. Ориентирные пункты, на которые производится контрольное визирование с опорных пунктов, располагают на расстоянии 1-2 км в количестве не менее двух-трех. В качестве ориентирных пунктов допускается использовать пункты триангуляции или подходящие для визирования точки зданий и сооружений.

Типы плановых опорных и деформационных знаков.

Опорные пункты закрепляют знаками *открытого* и *закрытого* вида.

Опорные открытые знаки выступают над поверхностью земли. В качестве открытых опорных знаков используются, в зависимости от точности наблюдений и физико-механических свойств грунта, железобетонные тумбы, сваи, трубы и другие устройства. При наблюдениях прибор устанавливается *непосредственно* на центрировочное устройство знака.

Простейшим центрировочным устройством являются *три борозды* для подъемных винтов подставки, нанесенные на металлической пластине от центра знака под углом 120° (рис. 5.9, а). Борозды имеют *V*-образную форму, ширину 5-6 мм и глубину 4-5 мм.

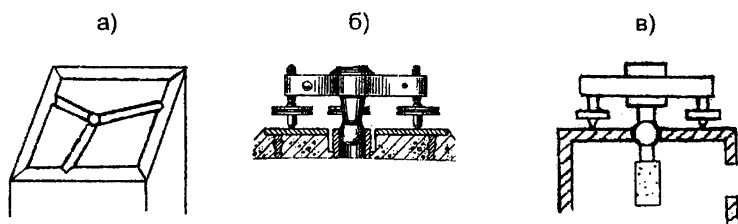


Рис. 5.9. Центрировочные устройства опорных знаков:

а – *V*-образные борозды под углом 120° ; б – шаровое; в – отверстие для станового винта

Наиболее точным является *шаровое* центрировочное устройство (рис. 5.9,б), которое представляет собой *отверстие* в металлической пластине опорного знака. В этом случае в посадочное гнездо подставки или ось

теодолита перед наблюдениями ввинчивается *специальный болт с шаровой головкой*, диаметр которой равен диаметру отверстия. Подставка теодолита после совмещения головки болта с отверстием прикрепляется с помощью пластин, для которых предусматриваются отверстия с резьбой на головке знака.

Для опорных знаков в виде металлической трубы центрировочным устройством может служить *отверстие для станového винта* подставки в пластине (рис. 5.9,в), приваренной к оголовку знака. Становой винт входит в отверстие по резьбе или же его средняя часть выточена в виде сферы диаметром, равным диаметру отверстия. Закрепление подставки на знаке выполняется через *боковой вырез* в трубе.

Закрытые опорные знаки закрепляются на уровне или ниже земной поверхности. Опорный знак закрытого типа может быть в виде сваи, железобетонного столба, металлической трубы и должен иметь специальный центр (крест, отверстие) для установки над ним теодолита, а также верхнее защитное оформление (люк, стакан, ограждение и т.п.).

При наблюдениях прибор устанавливается *на штативе* над центром при помощи оптического центра или лотапарата.

Деформационные знаки, применяемые для определения сдвигов, имеют различные конструкции. Наиболее простые из них представляют собой стержни, закладываемые в бетон или привариваемые к арматуре исследуемого сооружения. В других случаях знаки изготавливают в виде плиты с втулкой для визирной цели. *Визирная цель* может и сама служить *деформационной маркой*. В этом случае она наглухо крепится в стене или фундаменте сооружения (рис. 5.10).

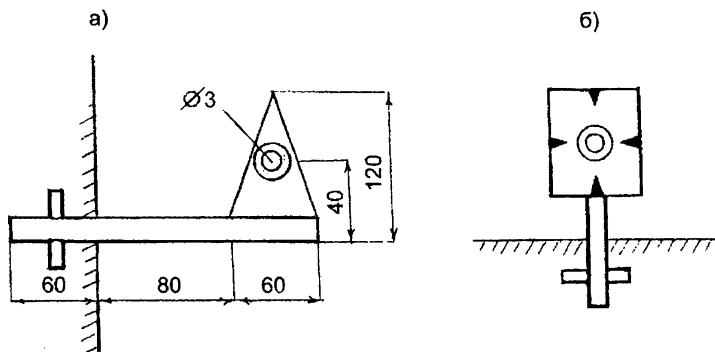


Рис. 5.10. Деформационные марки в виде постоянных визирных целей:
а – в стене сооружения; б – в фундаменте сооружения

Визирная цель представляет собой плоский экран, на который нанесена правильная геометрическая фигура (треугольник, крест,

окружность и др.), раскрашенная в два цвета: белый и черный или желтый и черный. Иногда используются визирные цели в виде цилиндров или конусов. Ширина b визирной цели рассчитывается из условия, чтобы ее изображение покрывало $1/3$ биссектора сетки нитей, т.е. в линейной мере:

$$b = \frac{u'' D}{3\rho''}, \quad (5.34)$$

где u'' - ширина биссектора в секундах; D - среднее расстояние от теодолита до визирных целей в мм; $\rho = 206285''$. Высота Z визирной цели должна быть, как минимум, в три раза больше ее ширины b , т.е.

$$Z = 3b. \quad (5.35)$$

Для наведения на марку с одинаковой точностью при различных расстояниях D фигуры визирных целей делают с переменным утолщением, симметричным относительно вертикальной оси. Иногда основную цель дополняют фигурой меньшей величины.

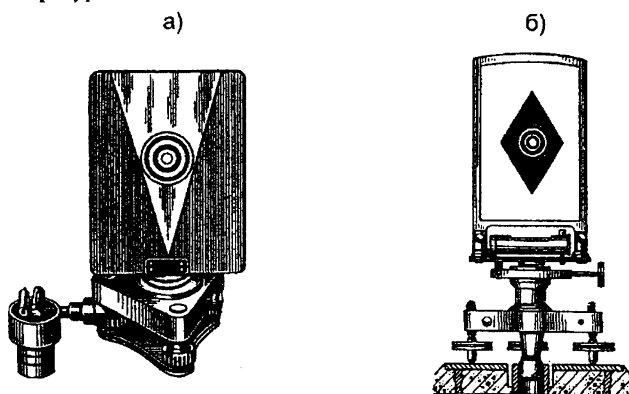


Рис. 5.11. Неподвижные визирные марки:
 а - с цилиндрическим центрировочным устройством (для трубчатых знаков);
 б - с шаровым центрировочным устройством (для железобетонных знаков)

Плоскость марки должна быть перпендикулярна к визирной оси теодолита. В противном случае отсчет будет искажен систематической ошибкой. Предельная величина неперпендикулярности вычисляется по формуле

$$v'' = \rho'' \sqrt{\frac{2\Delta}{Z}}, \quad (5.36)$$

где Δ - допустимая погрешность определения сдвига; Z - высота марки; $\rho = 57,3'$.

Визирные марки имеют приспособление для *принудительного* центрирования в знаке соответствующей конструкции (центрировочное устройство).

В зависимости от способа измерения сдвига визирные марки могут быть неподвижными и подвижными.

Неподвижные визирные марки (рис. 5.11) используются при измерении смещений теодолитом по оптическому или окулярному микрометру.

Подвижные визирные марки (рис. 5.12) используются для измерения отклонений деформационной марки от опорного створа по линейной шкале, расположенной на самой марке, перемещением визирной цели вручную или электромотором с дистанционным управлением.

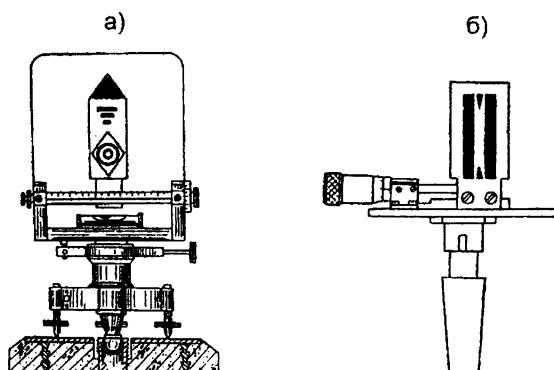


Рис. 5.12. Подвижные визирные марки:

- а - с шаровым центрировочным устройством и микрометрическим винтом;
б - с цилиндрическим центрировочным устройством и микрометром

5.7.3. Способы измерения сдвигов сооружений

Способы определения сдвигов сооружений устанавливаются в зависимости от класса точности измерений: *методы створный и отдельных направлений* - I, II классы; *методы триангуляции, трилатерации и полигонометрии* - I - IV классы; *метод фотограмметрии* - II - IV классы. Величина сдвига в зависимости от метода определяется со следующей точностью:

- | | |
|----------------------------------|--------------|
| - створный | ± 2 мм; |
| - отдельных направлений, засечек | ± 4 мм; |
| - триангуляции, трилатерации | ± 8 мм; |
| - комбинированный | ± 10 мм; |
| - полигонометрии | ± 2 мм; |
| - фотограмметрический | ± 2 мм. |

Метод створных наблюдений заключается в *периодическом* (циклами) измерении отклонений деформационной марки на сооружении от *опорной линии* (створа), совпадающей с осью сооружения или параллельной ей.

Метод створных наблюдений применяется в случае *прямолинейности* сооружения или его части, когда заранее *известно направление сдвига* и имеется возможность установить *устойчивые опорные пункты* на концах выбранного створа, проходящего на *небольшом удалении* (не более 0.5 м) от сооружения (рис. 5.13). В створном методе отклонение деформационной марки от створа определяют по измеренным малым углам и расстояниям между смежными точками створа (*способ малых углов*) или путем непосредственного измерения отклонений от створа с помощью подвижной марки (*способ подвижной цели*), а также *способом струны*.

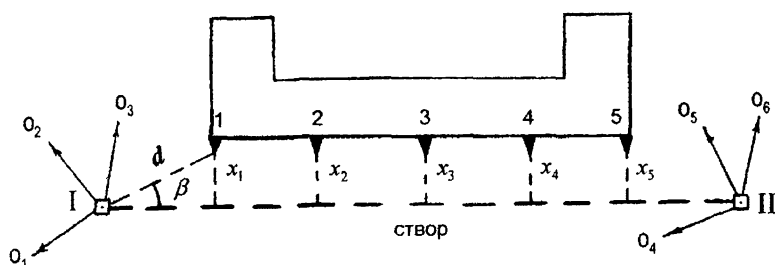


Рис. 5.13. Метод створа:
 I, II – опорные знаки; 1, 2, 3, 4, 5 – деформационные марки;
 O₁, O₂, O₃, O₄, O₅, O₆ – ориентирные направления

В *способе малых (параллактических) углов* (рис. 5.13) измеряют расстояния d от опорного пункта до марок с точностью 1:1000 – 1:2000 и углы отклонения β марок от створа точным или высокоточным теодолитом. Число приемов и допускаемые средние квадратические погрешности измерения малых углов m_β приведены в табл.5.6.

Таблица 5.6

Требования к измерению параллактических углов

Расстояния до марок d , м	Средняя квадратическая погрешность измерения углов m_β , с	Число приемов для теодолита с микрометром	
		оптический	окулярным
100 и менее	2	3	2
200	1	6	4
600-1000	0.5	12	6

Расстояние x от створа до деформационных марок (*величина нестворности*) вычисляется по формуле

$$x = d \sin \beta . \quad (5.37)$$

Так как ошибка в расстоянии d , измеренного даже с точностью 1:1000, практически не влияет на точность величины x , то среднюю квадратическую погрешность нестворности марок можно вычислить по формуле

$$m_x = d \frac{m_p^*}{\rho^n} \quad (5.38)$$

Величина сдвига определяется как разность нестворностей x , измеренных в текущем и начальном циклах или между смежными циклами.

Для повышения точности измерений нестворность x определяют с обоих конечных пунктов створа (в прямом и обратном направлениях).

В способе подвижной цели на деформационных знаках поочередно устанавливают подвижную марку, снабженную микрометренным винтом, и вводят ее на линию створа, который задается точным или высокоточным теодолитом. Величина сдвига определяется как разность отсчетов по шкале микрометренного винта в двух циклах измерений. Измерение выполняется при двух положениях вертикального круга теодолита не менее чем пятью приемами, в прямом и обратном направлениях. Отсчет по микрометру винта в полуприеме выполняется не менее трех раз с допускаемыми расхождениями не более 0,3 мм. Расхождения результатов отдельных приемов не должны превышать 1 мм. При использовании в качестве визирной линии луча лазера роль визирной цели выполняет приемник света с отсчетным приспособлением.

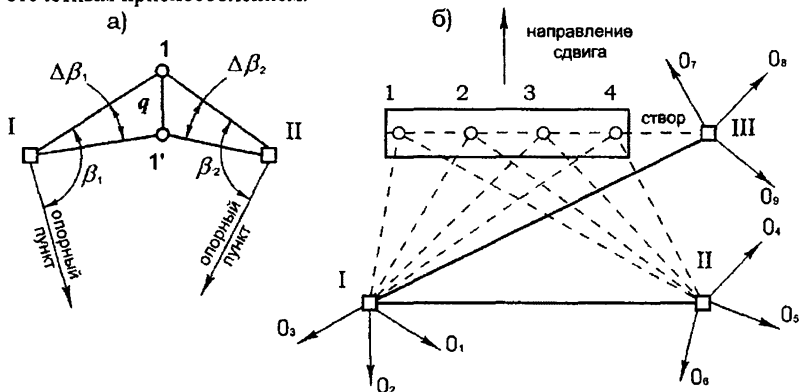


Рис. 5.14. Метод отдельных направлений:
а — схема метода; б — схема расположения знаков

В способе струны створ длиной 100 м и более задается струной малого диаметра (0,1-0,3 мм), которая закрепляется с одной стороны специальным зажимом, а с другой — посредством блока с постоянным грузом. Уменьшение стрелки провеса достигается подвесом или поддержкой струны через 30-50 м.

Для уменьшения влияния на струну воздушных потоков применяют специальные щиты и короба с окнами в местах производства измерений. При тщательном выполнении работ величина нестворности определяется от струны длиной несколько сотен метров с точностью порядка 0,3-0,5 мм.

Створным методом можно определить только *поперечные* смещения. Если необходимо измерить взаимные *продольные* смещения деформационных марок, то выполняют точные линейные промеры между ними.

Метод отдельных направлений заключается в *периодическом* измерении полярных координат (*расстояний и углов*) деформационных марок на сооружении с нескольких опорных пунктов. *Полярным углом β* является угол между направлениями на ориентирный пункт и на марку, закрепленную на сооружении (рис. 5.14, а), в каждом цикле наблюдений.

Смещение марки вычисляют по формуле

$$q = \frac{\Delta\beta''}{\rho''} d, \quad (5.39)$$

где $\Delta\beta''$ - изменение угла β в секундах; d – расстояние от опорного пункта до марки, $\rho'' = 206285$.

Метод отдельных направлений применяется в том случае, когда невозможно закрепить створ или обеспечить устойчивость опорных знаков створа.

Для определения сдвигов устанавливают *не менее трех* опорных пунктов I, II, III, образующих треугольник с углами не менее 30° (рис. 5.14, б), причем один из них, например III, желательно расположить вблизи створа деформационных марок 1, 2, 3, 4, чтобы направления на них были приблизительно *перпендикулярны* к направлению смещения сооружения. Устойчивость опорных пунктов *контролируют* в каждом цикле измерений засечками (угловыми, линейными и т.п.) от одних и тех же ориентирных пунктов. Формула для вычисления средней квадратической погрешности m_q смещения деформационных марок, а также требования к точности измерения расстояний d и углов β такие же, как в способе *параллактических углов*.

Метод триангуляции (трилатерации). В этом методе строят специальную сеть триангуляции, состоящую из *опорных пунктов* в устойчивых грунтах на *значительном удалении* от объекта, и *деформационных марок* на сооружении (рис. 5.15, а). В сети измеряют базисы и углы с необходимой точностью и после ее уравнивания вычисляют координаты деформационных марок. Величину и направление горизонтального *смещения* сооружения вычисляют *по разности координат* деформационных марок в двух циклах.

Если на деформационных марках нельзя установить теодолит (например, на стенах здания), то их координаты определяют от опорных пунктов *способом угловых засечек* (рис. 5.15, б).

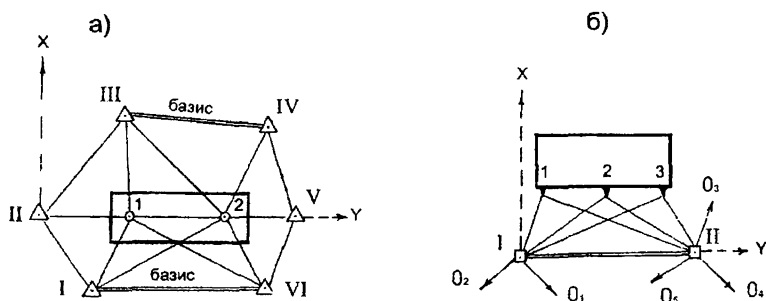


Рис. 5.15. Метод триангуляции:
 а – схема сети триангуляции; б – схема угловых засечек

Для метода триангуляции допускается принимать условную систему координат, оси которой совмещают с продольной и поперечной осями сооружения или принимают параллельными им. Погрешности измерения углов в зависимости от класса точности измерений даны в табл. 5.7.

Таблица 5.7

Точность измерения углов по классам

Класс точности измерений	Допускаемая средняя квадратическая погрешность измерения углов, с, для расстояний, м					
	50	100	150	200	500	1000
I	8	4	3	2	1	-
II	20	10	7	5	2	1
III	40	20	14	10	4	2
IV	60	30	20	15	6	3

В отдельных случаях по условиям измерений триангуляцию заменяют трилатерацией соответствующего класса точности.

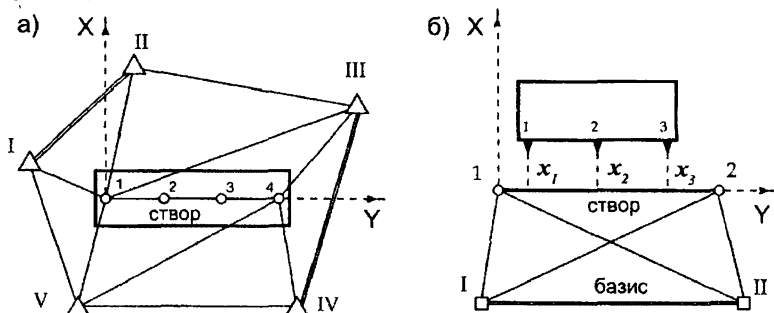


Рис. 5.16. Комбинированный метод:
 а – вспомогательный створ на оси сооружения; б – вспомогательный створ параллелен оси сооружения

Комбинированный метод заключается в сочетании *створного* метода с методом *отдельных направлений* или с *триангуляцией* (трилатерацией) в тех случаях, когда *опорные пункты створа неустойчивы*.

Для этого на оси сооружения или *параллельно ей* закрепляют *вспомогательный створ*, конечные пункты которого определяют методом *триангуляции* (трилатерации) или *отдельных направлений* в каждом цикле наблюдений (рис. 5.16). Если смещение конечных пунктов вспомогательного створа по оси X не превышает погрешностей измерений, то смещения деформационных марок определяют, как в *створном методе*. В противном случае в результате измеренных отклонений *вводят поправки* следующим образом (рис. 5.17):

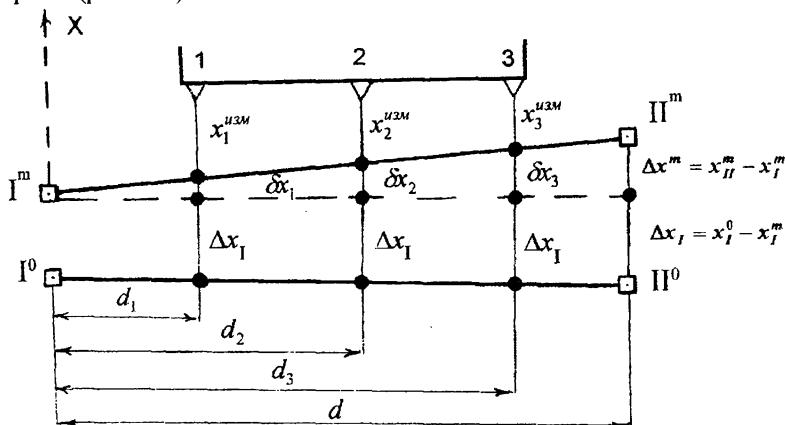


Рис. 5.17. Схема определения исправленных нестворностей

- вычисляют со своим знаком разность координат Δx первого пункта створа в начальном x_I^0 и текущем x_I^m циклах, т.е. линейную величину *параллельного сдвига створа в начальный пункт текущего цикла*):

$$\Delta x_I = x_I^0 - x_I^m; \quad (5.40)$$

- вычисляют разность Δx^m координаты x конечных пунктов створа в текущем цикле (в начальном цикле эта разность была равна нулю, так как створ был параллелен оси сооружения), т.е. *линейную величину поворота створа вокруг начального пункта*:

$$\Delta x^m = x_{II}^m - x_I^m; \quad (5.41)$$

- вычисляют поправки δx_i в деформационные марки за *разворот створа*, которые пропорциональны расстояниям d_i от первого пункта створа до деформационных марок, т.е.

$$\delta x_i = \frac{\Delta x^m}{d} d_i, \quad (5.42)$$

где d – длина вспомогательного створа.

Исправленные (относительно нулевого створа) отклонения деформационных марок вычисляют по формуле

$$x_i^{испр} = x_i^{изм} + \Delta x_i + \frac{\Delta x^m}{d} \cdot d_i. \quad (5.43)$$

По разностям исправленных отклонений в двух циклах находят сдвиг сооружения за соответствующий промежуток времени.

Метод полигонометрии заключается в *повторном* определении координат деформационных марок проложением *полигонометрического хода* между двумя опорными исходными пунктами. Метод является целесообразным при определении горизонтальных перемещений в *стесненных условиях строительства* (в частности, тоннелей, арочных плотин, кольцевых сооружений и т.п.), при которых часто отсутствует возможность привязки хода к исходным линиям. В этих случаях при уравнивании хода используется только *координатная привязка* (примычные углы не измеряются). В таких ходах при незначительных величинах допускаемых ошибок в определении сдвигов (1-3 мм) выполняются высокоточные измерения: углов – с погрешностью порядка 1-2" (теодолитом типа Т1, Т2) и линий – с погрешностью порядка ± 1 мм инварными проволоками и прецизионными светодальномерами.

5.8. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА КРЕНАМИ СООРУЖЕНИЙ

5.8.1. Параметры крена

Определение **крена** сооружения (отклонения от проектного положения в вертикальной плоскости) является *неотъемлемой* частью геодезических наблюдений за его осадкой, так как основной причиной крена является *неравномерная осадка* фундамента сооружения.

Крен сооружения характеризуют следующие параметры (рис. 5.18):

- *полный линейный крен* d (длина ортогональной проекции вертикальной оси сооружения), вычисляемый по формуле

$$d = \sqrt{x^2 + y^2}, \quad (5.44)$$

где x, y – координаты проекции верхней точки оси сооружения на горизонтальную плоскость в системе координат с началом в нижней точке оси сооружения;

- *дирекционный угол θ полного линейного крена d* в принятой системе координат

$$\theta = \operatorname{arctg} \frac{y}{x}; \quad (5.45)$$

- *относительный полный крен*, вычисляемый по формуле

$$K = \frac{d}{H}, \quad (5.46)$$

где H – высота сооружения;

- *угол наклона (крена) сооружения γ относительно отвесной линии*, вычисляемый по формуле

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{d}{H}. \quad (5.47)$$

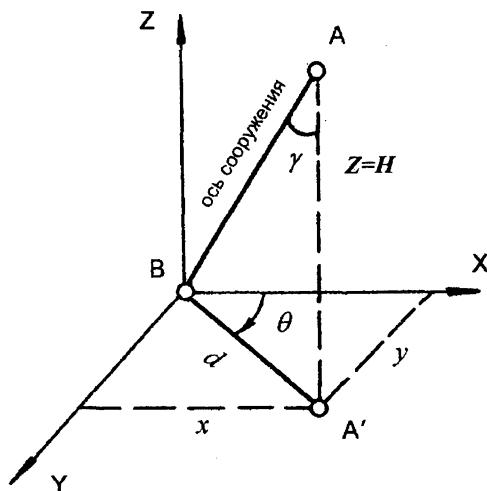


Рис. 5.18. Схема определения крена

Для определения крена верхнюю точку оси сооружения проектируют по отвесной линии на горизонтальную плоскость, находят линейную величину полного крена d , а также определяют высоту сооружения H .

5.8.2. Точность определения крена

Аналитическое выражение для точности крена вытекает из формулы угла наклона γ сооружения. После ее дифференцирования и некоторых преобразований формула средней квадратической погрешности угла наклона примет вид

$$m_\gamma = \frac{\rho''}{H} \sqrt{m_d^2 + \operatorname{tg}^2 \gamma \frac{m_H^2}{H^2}}, \quad (5.48)$$

где m_d – средняя квадратическая погрешность измерения полного линейного крена d ; m_H – средняя квадратическая погрешность определения высоты сооружения H .

Так как угол наклона γ – величина небольшая (обычно не более нескольких градусов), то второй член подкоренного выражения практически равен нулю. Тогда формула точности определения крена примет вид

$$m_\gamma = \frac{m_d}{H} \rho'' . \quad (5.49)$$

Из этой формулы следует, что средняя квадратическая погрешность определения угла наклона сооружения прямо пропорциональна ошибке определения полного линейного крена m_d , обратно пропорциональна высоте сооружения H и не зависит от точности ее определения.

Предельные погрешности измерения крена в зависимости от высоты H или длины L наблюдаемого сооружения не должны превышать величин, мм, для:

- гражданских зданий и сооружений0,0001H;
- промышленных зданий и сооружений и сооружений башенного типа0,0005H;
- фундаментов под машины и агрегаты.....0,00001L.

5.8.3. Способы определения крена

Крен сооружений определяется различными способами, которые разделяются на две группы: геометрические (геодезические) способы, основанные на измерении величин d и H ; механические (физические), основанные на непосредственном измерении угла наклона γ .

Наибольшее распространение имеют следующие *геометрические способы* определения крена: проектирования (вертикального, наклонного или с помощью отвесов); координат; горизонтальных углов.

В *механических способах* измерение угла наклона γ выполняется клинометрами (уровнями) или с помощью прямых и обратных отвесов.

Геометрические способы

В *способе проектирования* верхняя точка (марка) сооружения (конструкции) проектируется вниз:

- прибором вертикального проектирования (крен определяется с точностью около 1 мм на 100 м);
- теодолитом с двух точек, расположенных на взаимно перпендикулярных осях (требуемая точность достигается при двух положениях зрительной трубы не менее чем тремя приемами);
- нитяным отвесом (требуемая точность обеспечивается при высоте сооружения до 15 м).

Полный линейный крен и его направление получают по отклонению полученной проекции от закрепленного центра в основании сооружения. Величина *изменения* крена определяется по разности линейного элемента крена в двух циклах.

В *способе координат* прокладывают полигонометрический ход вокруг сооружения на расстоянии двух-трех его высот и вычисляют в *локальной системе* координаты трех-четырех надежно закрепленных пунктов, с которых через определенные промежутки времени *прямой* засечкой определяют координаты четко видимой точки на верху сооружения. По разности координат этой точки в текущем и начальном циклах наблюдений находят *составляющие изменения* линейного крена за данный промежуток времени:

$$\begin{aligned}\Delta x &= x_i - x_0; \\ \Delta y &= y_i - y_0,\end{aligned}\tag{5.50}$$

после чего вычисляют величину *изменения* линейного крена и его *направление* по формулам:

$$\Delta d = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2};\tag{5.51}$$

$$\theta = \operatorname{arctg} \frac{\Delta y}{\Delta x}.\tag{5.52}$$

Полную величину линейного крена и его *направление* определяют по разности координат *верхней* и *нижней* точек сооружения, находящихся на одной оси, аналогично.

Способ горизонтальных углов (направлений) применяется при наблюдениях за кренами высотных сооружений с *закрытым основанием*.

Для этого периодически измеряют точным теодолитом углы между опорными направлениями и направлениями на верхнюю точку (марку) сооружения с двух пунктов, расположенных на взаимно перпендикулярных осях сооружения (или на линиях, параллельных им) (рис. 5.19).

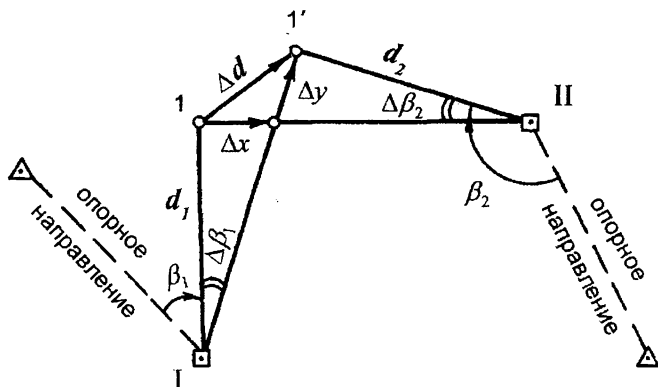


Рис. 5.19. Способ горизонтальных углов

По величине изменения углов $\Delta\beta$ между циклами измерений и горизонтальному проложению d до наблюдаемой точки (определяется прямой засечкой с пунктов I и II) находят составляющие изменения линейного крена Δx и Δy , а также его полную величину Δd и изменение угла наклона $\Delta\gamma$ по формулам:

$$\Delta x = \frac{d_1 \Delta\beta_1''}{\rho''}; \quad \Delta y = \frac{d_2 \Delta\beta_2''}{\rho''};$$

$$\Delta d = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}; \quad (5.53)$$

$$\Delta\gamma = \frac{\Delta d}{H} \rho''.$$

Точность определения составляющих линейного крена Δx и Δy в этом способе одинакова и зависит от точности измерения углов β_1 и β_2 :

$$m_{\Delta y} = \frac{d_2 m_{\Delta\beta}''}{\rho''}, \quad (5.54)$$

или с учетом того, что $\Delta\beta$ есть разность углов β в двух циклах и его ошибка в $\sqrt{2}$ раз больше ошибки измерения угла m_{β} :

$$m_{\Delta x} = \frac{d_1 m_{\beta}^* \sqrt{2}}{\rho^*} \quad (5.55)$$

При $d_1 = d_2 = d$ для изменения полного линейного крена

$$m_{\Delta d} = m_{\Delta x} \sqrt{2} = \frac{2 d m_{\beta}^*}{\rho^*} \quad (5.56)$$

Если опорные пункты находятся не на взаимно перпендикулярных линиях, а расположенных под некоторым углом ω , то линейная величина изменения крена вычисляется по формуле

$$\Delta d = \frac{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}}{\sin \omega} \quad (5.57)$$

Средняя квадратическая погрешность определения крена в этом случае

$$m_{\Delta d} = \frac{2 d m_{\beta}^*}{\rho^* \sin \omega} \quad (5.58)$$

Механические способы

Клинометрами различного вида определяют крен жестких сооружений, фундаментов под машины и оборудование. Клинометр представляет собой высокоточный уровень (цена деления 2-5") с измерительным (микрометренным) винтом на одном из его концов (микрокренометр, клинометр, микронивелир). *Микрокренометр* состоит из трех точных уровней, расположенных под углом 45°. В начальный период наблюдений прибор устанавливают на опорной площадке сверху сооружения, пузырьки уровней приводят в нуль-пункт и берут отсчеты по микрометренным винтам. В последующие циклы наблюдений эти действия повторяют, определяя по разности отсчетов угловые наклоны сооружения в плоскости оси каждого уровня. Зная высоту сооружения, можно вычислить и линейную величину крена. При цене деления уровней 5" на 2 мм отклонение точек сооружения от вертикали выполняется с точностью $\pm 0,4$ мм на высоте 100 м. *Клинометр* – это переносной прибор. В зависимости от делений измерительного винта прибор позволяет определять наклон сооружения в градусной или относительной мере.

Прямыми и обратными отвесами выполняются измерения изменений крена гидротехнических сооружений. *Прямой отвес* представляет собой проволоку диаметром 0,8-1,2 мм в специальной скважине, закрепленную на верхнем ярусе сооружения и натянутую грузом

20 кг. На нижнем ярусе положение проволоки в каждом цикле фиксируют при помощи *координатомера* (пендаметра) механического, оптико-механического или оптико-электронного типа – независимого от отвеса координатного столика на жестком основании, который обеспечивает определение прямоугольных координат проволоки с точностью 0,5-1 мм. *Обратный отвес* представляет собой нить (инварную проволоку), которая закрепляется в основании специальной скважины *внизу сооружения*, а верх нити скреплен с *поплавком*, который плавает в круговом сосуде с жидкостью и натягивает нить в отвесном направлении. При смещении основания плотины перемещается и верхняя точка нити вместе с поплавком. Величина этого смещения измеряется при помощи микроскопа относительно независимых для отвеса осей координатного столика. Для определения *абсолютной* величины смещения определяют перемещение координатного столика из тригонометрических наблюдений. *Величина крена* (в угловой мере) определяется по величине сдвига, отнесенной к высоте сооружения.

5.9. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ТРЕЩИНАМИ

Деформации оснований сооружений вызывают в несущих конструкциях не только крены, но и разрывы в их плоскостях, т.е. *трещины*. По характеру развития различают следующие виды трещин: *активные*, когда идет процесс их расширения; *неактивные*, когда трещины прекратили свое развитие или изменяют свои размеры периодически (например, в результате вариаций температуры конструкции). В зависимости от причин возникновения различают следующие категории трещин: *усадочные*; *деформационные* (осадочные), появляющиеся в результате неравномерной осадки несущих конструкций; *температурные*. При наблюдениях за трещинами *периодически* определяют их *параметры*: ширину, длину, глубину.

Наблюдения за изменением ширины (раскрытием) трещины ведут различными способами: при помощи маяков; приборами (простейшими или специальными).

Маяки (рис. 5.20, а) представляют собой плитки из гипса, алебаstra или цемента, которые укрепляют поперек трещины в наиболее широком месте, нумеруют, датируют, а затем через 1-2 недели проверяют. Если трещина активна, то на маяке появится разрыв, и маяки заменяют на новые, которые снова проверяют через некоторое время. Если маяки в течение длительного времени не получили разрыва, то процесс деформации прекратился.

Простейшим прибором для измерения ширины являются *два штриха* по обе стороны трещины (на стене или на специально укрепленных пластинах). Через определенные промежутки времени измеряют расстояние между штрихами линейкой или штангенциркулем. *Более совершенными* являются приборы, состоящие из *шкалы*, начало которой закреплено на одной стороне трещины, и *штриха*, закрепленного на другой ее стороне. В этом случае отсчеты выполняют с помощью штриха непосредственно по шкале. Для измерения ширины трещин используются также специальные приборы: *штангенциркули* (рис. 5.20, б), *микрометры*, *индикаторы часового типа* и др.

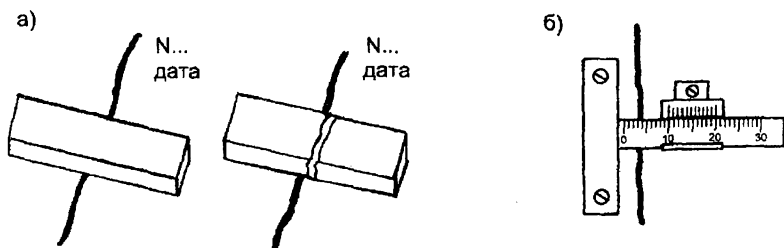


Рис. 5.20. Наблюдения за изменением ширины трещин: а – с помощью маяков; б – с помощью штангенциркуля

В недоступных местах ширину горизонтальных трещин можно измерить оптическим микрометром с ценой деления 0,05 мм, которым снабжены все высокоточные и некоторые точные нивелиры: Н-05, НИ 002, НИ 007 и др. Для этого устанавливают барабан микрометра на отсчет, равный нулю, и наводят среднюю нить на верхний или нижний край трещины вращением подъемных винтов подставки (отсчет по барабану при этом не изменяется). После этого, вращая барабан микрометра, совмещают среднюю нить с противоположным краем трещины и берут отсчет n по шкале барабана. Ширину трещины h в мм по высоте вычисляют по формуле

$$h=0,05 \cdot n \quad (5.59)$$

Если ширина трещины более 5 мм (предел работы барабана), то ее измеряют по частям, последовательно измеряя отрезки по вертикали между характерными точками трещины.

Ширину вертикальных трещин можно измерить аналогично, предварительно повернув микрометр нивелира на 90°, в результате чего вертикальный штрих сетки нитей при вращении барабана будет перемещаться по горизонтали.

Наблюдения за изменением длины трещины ведут по тонким поперечным (к трещине) штрихам, которыми отмечают на стене концы трещин в каждом цикле наблюдений.

Глубину трещин измеряют при помощи проволочных щупов.

Отдельные циклы наблюдений за трещинами ведут в одинаковых условиях с учетом времени, температуры окружающего воздуха, режима работы сооружения. Расположение трещин схематично наносят на чертежи общего вида, развертки стен сооружения, отмечая номера и дату установки маяков. По возможности трещины фотографируют.

При установке измерительных приборов периодически записывают их показания в специальный журнал.

5.10. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ СООРУЖЕНИЙ СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Если при наблюдениях за положением сооружения необходимо определить смещения его точек вдоль всех *трех пространственных осей* (например, крен), то применяют *стереофотограмметрический метод* наземной съемки. В этом случае наблюдаемый объект фотографируют с *двух точек стояния* (с концов некоторого базиса B), в результате чего получают пару перекрывающихся снимков (*стереопару*). На стереокомпараторе *измеряют координаты x и z* намеченных точек сооружения и горизонтальный параллакс P (в системе осей снимка), по которым *вычисляют пространственные координаты точек сооружения*:

$$\left. \begin{array}{l} \text{отстояние} \\ \text{абсциссу} \\ \text{высоту} \end{array} \right\} \begin{array}{l} Y = \frac{B}{P} f; \\ X = \frac{B}{P} x; \\ Z = \frac{B}{P} z, \end{array} \quad (5.60)$$

где f – фокусное расстояние фотокамеры.

Все последующие съемки сооружения выполняют с *одного и того же базиса* при строго одинаковом ориентировании фототеодолита.

Величины деформаций получают как разность координат точек в двух циклах наблюдений (например, текущего i и нулевого):

$$\left. \begin{array}{l} \Delta Y_i = Y_i - Y_0 = Bf \left(\frac{1}{P_i} - \frac{1}{P_0} \right); \\ \Delta X_i = X_i - X_0 = B \left(\frac{x_i}{P_i} - \frac{x_0}{P_0} \right); \\ \Delta Z_i = Z_i - Z_0 = B \left(\frac{z_i}{P_i} - \frac{z_0}{P_0} \right). \end{array} \right\} \quad (5.61)$$

Длину базиса B выбирают равной $\frac{1}{5} \div \frac{1}{10}$ величины отстояния Y (обычно 3-5 м и редко 10 м), который легко измерить с точностью 1 мм. Такая ошибка в измерении базиса вызовет ошибку в определении перемещений не более 0,1 мм, и ею можно пренебречь.

В зависимости от точности измерения на снимке величин x , z и P *средние квадратические погрешности* перемещений точек сооружения вдоль координатных осей вычисляют по следующим формулам (после подстановки

частных производных и принимая измерения координат точек на снимках равноточными, а величины координат и параллаксов приблизительно равными, а также параллакс $P = B/f$):

$$\left. \begin{aligned} m_{\Delta Y} &= \frac{Y}{f} \sqrt{2 \left(\frac{Y}{B} \right)^2 m_P^2}; \\ m_{\Delta X} &= \frac{Y}{f} \sqrt{2 m_x^2 + 2 \left(\frac{Y}{B} \right)^2 \left(\frac{x}{f} \right)^2 m_P^2}; \\ m_{\Delta Z} &= \frac{Y}{f} \sqrt{2 m_z^2 + 2 \left(\frac{Y}{B} \right)^2 \left(\frac{z}{f} \right)^2 m_P^2}. \end{aligned} \right\} (5.62)$$

Пример. При $Y = 15$ м, $B = 3$ м, $f = 192$ мм, $m_x = m_z = 0,01$ мм, $m_P = 0,005$, $x = 50$ мм, $z = 30$ мм, ошибки перемещений будут $m_{\Delta Y} = \pm 2,8$ м.; $m_{\Delta X} = \pm 1,3$ мм; $m_{\Delta Z} = \pm 1,2$ м.

Для получения результатов с такой точностью ошибка ориентирования оптической оси теодолита не должна превышать $\pm 5''$. Такая точность ориентирования обеспечивается установкой камеры и визирной марки на концах базиса (при его длине 3-5 м) с точностью порядка 0.1 мм. Поэтому базис необходимо закреплять бетонными столбами с центрировочными устройствами, позволяющими установку камеры и визирной марки однообразно и с высокой точностью.

Средние квадратические погрешности определения деформаций сооружений *стереофотограмметрическим методом* при тщательной организации наблюдений и высокой точности инструментов составляют 1/10000 – 1/15000 от величины отстояния.

При исследовании *мгновенных деформаций* подкрановых балок и подвесных дорог при прохождении крана с грузом или колебаний отдельных сооружений под действием динамической нагрузки съемку наблюдаемых объектов выполняют *одновременно* с двух точек базиса синхронно работающими фототеодолитами или фотокамерами.

ГЛАВА 6. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ

6.1. НАЗНАЧЕНИЕ, ВИДЫ, МЕТОДЫ И ТОЧНОСТЬ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ СЪЕМОК

Геодезические исполнительные съемки – это совокупность измерений на строительной площадке по определению *фактического положения* (в плане, по высоте и по вертикали) пунктов геодезических сетей и построенных на их основе объектов (или их отдельных частей и

конструкций) с целью установления *точности* выноса проекта в натуру и выявления всех *отклонений*, допущенных в процессе строительства.

Исполнительные съемки выполняются: по каждому этапу строительно-монтажных работ (*текущие исполнительные съемки*); по окончании всех видов строительных работ (*окончательные исполнительные съемки*).

По результатам исполнительных съемок составляется необходимая *исполнительная документация*.

Текущие исполнительные съемки выполняются в технологической последовательности строительно-монтажных работ, начиная от выноса проекта в натуру и заканчивая этажами зданий и установкой технологического оборудования.

Объем и сроки текущих исполнительных съемок должны обеспечивать качественное и своевременное выполнение последующих строительных работ.

Отчетными документами текущих исполнительных съемок являются схемы котлованов, фундаментов, колонн, подкрановых путей, поэтажные чертежи, на которых показываются следующие проектные и фактические величины: размеры конструкций и их отметки; расстояния между осями; значения и направления отклонений фактических параметров от проектных.

При производстве строительно-монтажных работ выполняют следующие текущие исполнительные съемки с составлением *исполнительных схем*:

- основных геодезических построений (разбивки основных осей и осей на монтажных горизонтах);
- по подземной части сооружения: готового котлована; свайных полей; фундаментов (монолитных, сборных, свайных, под оборудование с их элементами), подвальной части;
- по надземной части сооружения: колонн; подкрановых балок и путей; балок и ферм; полов, перекрытий и покрытий в промышленных зданиях и др.

Исходной геодезической основой для текущих исполнительных съемок являются пункты разбивочной сети, закрепления осей и их параллелей, установочные риски на конструкциях.

Окончательные исполнительные съемки выполняются по каждому законченному объекту в целом, включая съемки:

- всех видов подземных коммуникаций;
- подъездных путей;
- вертикальной планировки и благоустройства.

По результатам окончательной исполнительной съемки составляется *исполнительный генеральный план* (в масштабе от 1:500 до 1: 2000 в зависимости от размеров и назначения объекта), используемый в процессе эксплуатации объекта, а также для его реконструкции и развития.

Геодезическим обоснованием окончательных съемок являются пункты и реперы государственных, местных и разбивочных сетей. В случае утраты части знаков в процессе строительства выполняют дополнительные работы по созданию съемочного обоснования.

Методы измерений при исполнительных съемках те же, что и при выполнении выверки конструкций, разбивочных и топографических работ.

Текущие исполнительные съемки выполняются следующими способами:

плановая съемка: прямоугольных координат, засечек, полярным, створов и их комбинациями, а также бокового нивелирования или фотограмметрическим;

высотная съемка – методом геометрического нивелирования;

отклонения от вертикали: проектирования (с помощью отвесов, теодолитов, приборов вертикального проектирования), бокового нивелирования.

Окончательная исполнительная съемка выполняется следующими методами в зависимости от масштаба исполнительного плана, а также от назначения и размеров объекта: аналитическим, тахеометрическим, иногда мензульным и полуавтоматическим.

Точность текущих исполнительных съемок должна быть не ниже точности разбивочных работ. Средняя квадратическая погрешность m контрольных измерений должна быть не более 0,2 величины допускаемого отклонения Δ контролируемого параметра, т.е. $m \leq 0,2\Delta$.

Точность окончательной исполнительной съемки должна обеспечивать *графическую точность* исполнительного плана соответствующего масштаба (5 см – 1:500; 10 см – 1:1000; 20 см – 1:2000).

6.2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕКУЩИХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ СЪЕМОК

Исполнительные геодезические съемки являются *составной частью* технологического процесса строительства. Исполнительной съемке подлежат *все части здания и конструктивные элементы, от которых зависит прочность и устойчивость здания*. По результатам исполнительных съемок выполняется *исправление* недопустимых отклонений с таким расчетом, чтобы обеспечивалась необходимая точность строительно-монтажных работ на последующих этапах.

Количество и наименование конструкций и их элементов, подлежащих съемке, а также выбор методов и расчет необходимой точности контрольных измерений для каждого конкретного сооружения должен содержаться в ППГР.

Объем исполнительных чертежей устанавливается в соответствии с требованиями СНиП и «Перечня основных документов, предъявляемых государственными комиссиями по приемке объектов строительства».

Исполнительные геодезические съемки выполняются *организациями, ведущими строительно-монтажные работы*. При строительстве особо сложных объектов исполнительные съемки могут выполняться с привлечением *специализированных организаций*.

Для составления исполнительных схем используют рабочие чертежи проектов, для чего в составе проектов должны предусматриваться

дополнительные листы (планы этажей, коммуникаций, профили и т.п.), на которые наносятся результаты исполнительной съемки.

6.2.1. Исполнительные съемки разбивочных работ

В процессе разбивочных работ выносят от пунктов планово-высотной геодезической сети точки пересечения осей и закрепляют их постоянными знаками. Затем выполняют *контрольные* измерения всех горизонтальных уг-

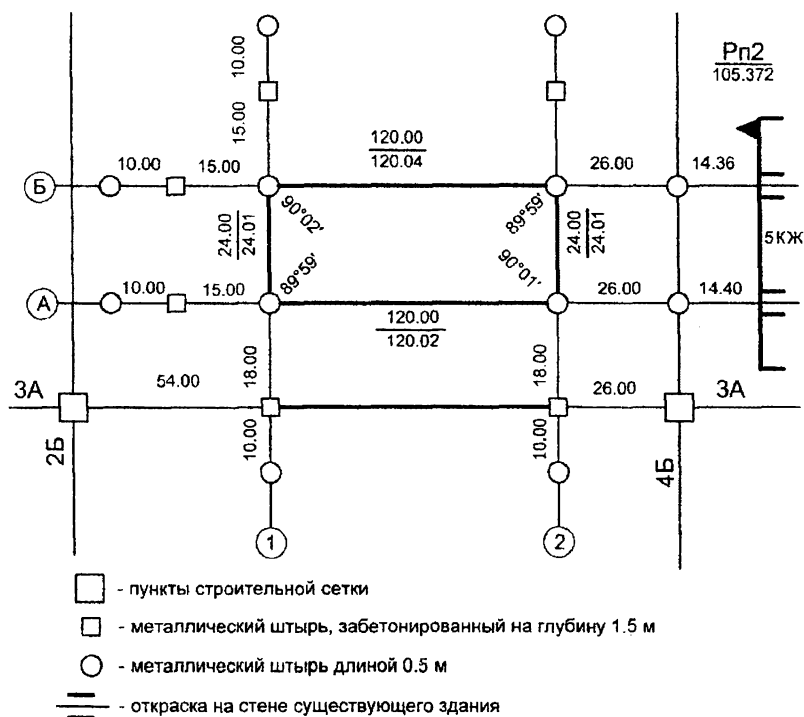


Рис 6.1. Исполнительная схема разбивки и закрепления основных осей
 лов и расстояний между этими точками проложением теодолитных или полигонометрических ходов по вынесенным точкам. На исполнительных схемах вынесенных в натуру точек и осей показывают (рис. 6.1):

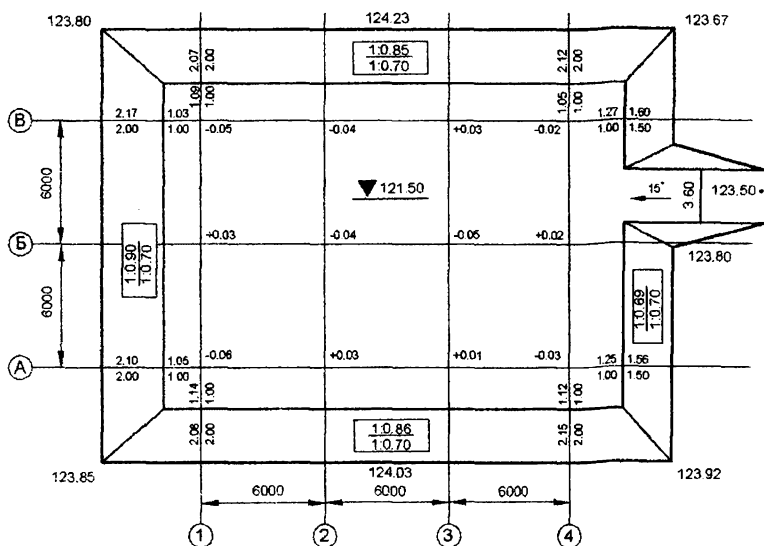
- привязки знаков закрепления осей;
- сведения о способе закрепления пунктов и типах знаков;
- фактические и проектные значения линий и углов между осями.

По разностям между полученными и проектными координатами вычисляют *редукции* для переноса центров знаков в проектное положение.

После редуцирования выполняют *контрольные* измерения углов и сторон. В случае недопустимых расхождений выполняют повторное редуцирование.

6.2.2. Исполнительные съемки нулевого цикла

Исполнительная съемка котлована выполняется после зачистки дна котлована и откосов от основных осей, опущенных на дно котлована. *Плановая съемка* включает привязку к основным осям внешнего и внутреннего контуров котлована. *Высотная съемка* – нивелирование дна котлована по квадратам со стороной 3-5 м от временных реперов.



121.50 - проектная отметка дна котлована

Числа на пересечениях осевых линий - отклонения фактических отметок дна котлована от проектной отметки

Числа в прямоугольниках - уклоны откоса котлована: фактический и проектный

Рис. 6.2. Исполнительная схема котлована

На *исполнительной схеме котлована* (рис. 6.2) показывают: осевые размеры; расстояния от контуров котлована до основных осей сооружения (в числителе – фактические, в знаменателе – проектные); отметки внешнего контура до начала выемки грунта; проектную отметку дна котлована (в середине схемы); крутизну откосов *дробью с числителем 1* и пандуса (въезда) – *десятичной дробью или в градусах*; отклонения фактических отметок дна котлована от проектной отметки со своим знаком. Допустимые отклонения фактических величин от проектных: линейных 5 см; высотных 3 см.

Исполнительная съемка опалубки. При возведении монолитных фундаментов и стен устанавливают *опалубку* (временное сооружение из щитов по внешнему и внутреннему контуру конструкции) и перед заполнением бетоном выполняют ее *исполнительную съемку*. В процессе исполнительной съемки определяют и показывают на схеме отклонения фактических размеров опалубки от проектных и сравнивают их с допустимыми, приведенными в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Допустимые отклонения при установке опалубки

Отклонения	Величина отклонений, мм
1. Отклонения в расстояниях между опорами изгибаемых элементов опалубки (стойками, сватками, ригелями, прогонами, тязами и пр.) и в расстояниях между раскосами и другими связями вертикальных поддерживающих элементов и лесов от проектных расстояний:	
на 1 м длины	±25
на весь пролет, не более	±75
2. Отклонения от вертикали или проектного наклона плоскостей опалубки и линий их пересечений:	
на 1 м высоты	5
на всю высоту конструкций фундаментов	20
стен и колонн высотой до 5 м, поддерживающих монолитные перекрытия	10
то же, высотой более 5 м	15
колонн каркаса, связанных балками	10
балок и арок	5
3. Смещение осей опалубки от проектного положения:	
фундаментов	15
стен и колонн	8
балок, прогонов, арок	10
фундаментов под стальные конструкции	$1.1\sqrt{L}$, где L - длина пролета или шага конструкции, м
4. Смещение осей горизонтально перемещаемой опалубки относительно осей сооружения	10
5. Отклонения во внутренних размерах коробов опалубки балок, колонн и в расстояниях между внутренними поверхностями опалубки стен от проектных размеров	+5
6. Местные неровности опалубки при проверке двухметровой рейкой	3

Исполнительная съемка фундаментов (монолитных, сборных, свайных). Исполнительная съемка *монолитных фундаментов* выполняется после затвердевания и затирания бетона: *плановая* – от основных осей, перенесенных на верхние и боковые грани фундаментов, определением фактического положения осей фундаментов и закладных деталей; *высотная* – нивелированием поверхности фундаментов по осям и через 5-10 м между ними от реперов и вынесенных проектных отметок. На *исполнительной схеме* показывают величины и направление отклонений фактических величин от проектных (рис. 6.3). Допустимые отклонения: в плане 1-2 см; по высоте 3-4 см.

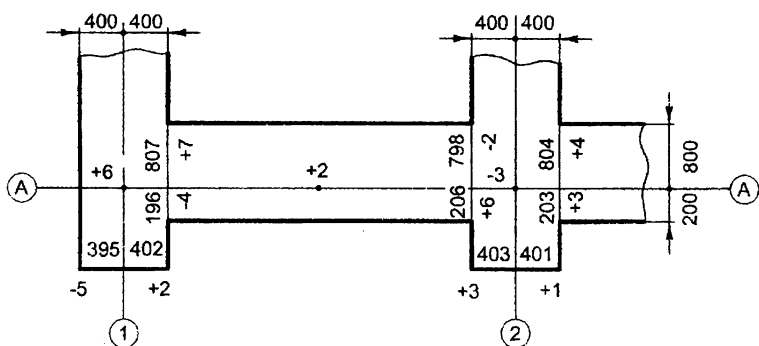


Рис. 6.3. Исполнительная схема монолитного ленточного фундамента

Готовность фундамента к производству геодезических работ оформляется актом и составлением исполнительных схем.

Исполнительная съемка **монолитных фундаментов под металлические колонны** выполняется от продольных и поперечных осей и реперов, вынесенных на геодезические знаки фундаментов, после затвердевания и затирания бетона гладким брусом. По результатам исполнительной съемки составляют *две исполнительные схемы*: верхней плоскости фундаментов (рис.4.15, а); установки анкерных болтов (рис.4.15, б). Допустимый уклон верхней плоскости фундамента 1:1000-1:1500. Допустимые отклонения анкерных болтов в плане и по высоте ± 5 мм. Другие допустимые отклонения при закладке монолитных фундаментов приведены в табл. 6.2.

Исполнительная съемка **сборных фундаментов** выполняется в два этапа: *на первом этапе* определяют размеры оснований и привязки к осям, отметки оснований до и после их зачистки и подливки; *на втором этапе* определяют те же геометрические параметры после доведения их до проектных значений.

На *исполнительной схеме* (рис. 4.14) показывают расстояния между осями фундаментов, а также смещения и отклонения, допустимые значения которых указаны в табл. 6.3.

Исполнительная съемка свайных фундаментов (свайного поля) выполняется после полного погружения и срезы свай на уровне низа ростверка. *Плановая съемка* начинается с перенесения теодолитом осей на оголовки свай или смещенных на величину проектных привязок линий, если сваи расположены не на створах осей. От вынесенных рисок определяют расстояния до фактических центров оголовков – отклонения свай от проектного положения.

Таблица 6.2

Допустимые отклонения при закладке монолитных фундаментов

Отклонения	Величина отклонений, мм
1. Отклонения плоскостей и линий их пересечений от вертикали или проектного наклона на всю высоту конструкции: а) для фундаментов б) для стен и для колонн, поддерживающих монолитное перекрытие в) для колонн каркаса, связанных подкрановыми и обвязочными балками г) для стен сооружений, возведенных в скользящей опалубке при отсутствии промежуточных перекрытий д) для стен зданий, возведенных в скользящей опалубке при наличии промежуточных перекрытий	20 15 10 1/500 высоты сооружения, но не более 100 мм 1/1000 высоты здания, но не более 50 мм
2. Отклонения горизонтальных плоскостей на всю плоскость выверяемого участка	20
3. Местные отклонения верхней поверхности бетона от проектной при проверке конструкций рейкой длиной 2 м кроме опорных поверхностей	5
4. Отклонения в длине или пролете элементов	±20
5. Отклонения в размерах поперечного сечения элементов	+6; -3
6. Отклонения в отметках поверхностей и закладных частей, служащих опорами для металлических или сборных железобетонных колонн и других сборных элементов	-5
7. Разница отметок по высоте на стыке двух смежных поверхностей	3
8. Отклонения от проектных размеров в отдельных местах при устройстве дорожных покрытий: а) отметка верха покрытий на пикет б) поперечный уклон в) ширина покрытия г) толщина плиты	±50 +0.25% -0.5% ±50 ±5%
9. Отклонения от проектных размеров пазов шахт и других аналогичных устройств в гидротехническом строительстве: а) местоположение б) расстояние между осями в) поперечные размеры	±10 +15 +10
10. Отклонения в расположении анкерных болтов: а) в плане при расположении внутри контура опоры б) то же, вне контура опоры в) по высоте	5 10 +20
11. Отклонения при разбивке осей основания, фундаментов и других опор под металлические конструкции с нефрезерованными торцами	$1,1\sqrt{L}$ мм, где L - величина пролета или шага конструкции, м

Плановую съемку осевых свай можно выполнять также *боковым нивелированием* от линий, смещенных параллельно осям на удобную величину (например, равную диаметру круглой или ширине стороны прямоугольной свай плюс 100 мм). Съемка смещенных свай выполняется непосредственно от створа осей.

Высотная съемка выполняется техническим нивелированием оголовков свай от реперов и закрепленных отметок.

Таблица 6.3

Допустимые отклонения при монтаже сборных конструкций

Отклонения	Величина отклонений, мм
1. Смещение осей фундаментов блоков и стаканов фундаментов относительно разбивочных осей	± 10
2. Отклонение отметок верхних опорных поверхностей элементов фундаментов	-10
3. Отклонение отметок дна стаканов фундаментов	-20
4. Смещение осей или граней панелей стен, колонн и объемных блоков в нижнем сечении относительно разбивочных осей или геометрических осей нижеустановленных конструкций	± 5
5. Отклонение осей колонн одноэтажных зданий и сооружений в верхнем сечении от вертикали при высоте Н, м: до 10 свыше 10	± 10 0,001Н, но не более 35
6. Смещение осей колонн многоэтажных зданий и сооружений в верхнем сечении относительно разбивочных осей для колонн высотой, м: до 4,5 свыше 4,5	± 10 ± 15
7. Смещение осей ригелей и прогонов, а также ферм (балок) по нижнему поясу, относительно геометрических осей опорных конструкций	± 5
8. Отклонение расстояний между осями ферм (балок) покрытий и перекрытий в уровне верхних поясов	± 20
9. Отклонение плоскостей стеновых панелей в верхнем сечении от вертикали (на высоту этажа или яруса)	± 5
10. Разность отметок верха смежных колонн или опорных площадок (кронштейнов, консолей), а также верха панелей стен	10
11. Разность отметок верха колонн или опорных площадок, а также верха стеновых панелей каждого яруса или этажа в пределах выверяемого участка: при контактной установке при установке маяка	12+2n, где n – порядковый номер яруса или число установленных по высоте панелей 10
12. Разность отметок лицевых поверхностей двух смежных плит перекрытий (покрытий) в стыке	5
13. Смещение в плане плит покрытий или перекрытий относительно их проектного положения на опорных поверхностях и узлах ферм и других несущих конструкций (вдоль опорных сторон плит)	± 20

На исполнительной схеме (рис. 6.4) показывают: расстояния между осями и проектныe привязки к ним свай (в мм); величины (цифрой) и направления (стрелкой) отклонений центров оголовков свай от проектного положения (в см); отклонение отметок оголовков свай от проектной высоты низа ростверка (в см) – цифрой со своим знаком (допуск ± 5 см).

Отклонения от проектного положения в плане не должны превышать допусков, указанных в табл. 6.4.

Исполнительная съёмка монолитного ростверка выполняется после затвердевания бетона и затирания его поверхности брусом с гладкой поверхностью. Плановая съёмка начинается с переноса и закрепления на специально заложенных скобах разбивочных осей. От нити (провода), натянутой по скобам, определяют фактические размеры ростверка. Высотная съёмка выполняется от реперов техническим нивелированием точек на пересечении осей и между ними через 5–10 м.

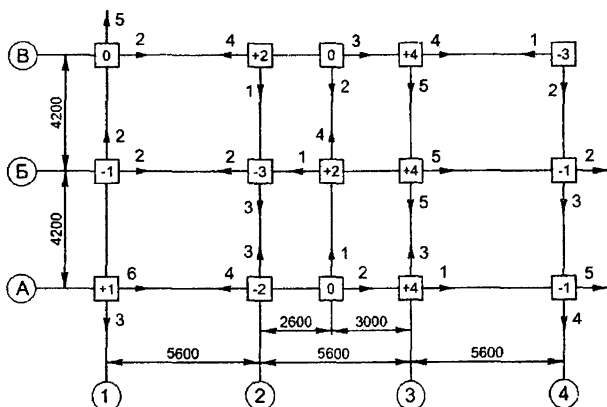


Рис. 6.4. Исполнительная схема свайного поля

Таблица 6.4

Допустимые отклонения свай от проектных положений в плане

Тип свай и свай-оболочек и их расположение	Величина отклонений
<p>1. Забивные сваи квадратного и прямоугольного сечения, полые круглые забивные сваи диаметром до 0,5 м:</p> <p>а) при однорядном расположении: поперек оси свайного ряда вдоль оси свайного ряда</p> <p>б) для кустов и лент с расположением свай в два и три ряда: для крайних свай поперек оси свайного ряда для остальных свай и для крайних свай вдоль свайного ряда</p> <p>в) при сплошном свайном поле под всем зданием или сооружением: для крайних свай для средних свай</p> <p>г) для одиночных свай д) для свай-колонн</p>	<p>0,2d 0,3d 0,2d 0,3d 0,2d 0,4d 5 см 3 см</p>
<p>2. Полые круглые сваи диаметром 0,5 до 0,8 м и буронабивные сваи диаметром более 0,5 м:</p> <p>а) при ленточном расположении свай поперек ряда б) при ленточном расположении свай вдоль ряда и при кустовом расположении в) для одиночных полых круглых свай под колонны</p>	<p>10 см 15 см 8 см</p>
<p>3. Сваи и сваи-оболочки, погружаемые через кондукторы (при строительстве мостов)</p>	<p>Смещение осей установленного и закрепленного кондуктора от проектного положения в уровне верха кондуктора должно быть в акватории не более $0,025H$, где H - глубина воды в месте установки кондуктора, и ± 25 мм на суходоле</p>

Примечания: 1. Число свай или свай - оболочек, имеющих максимально допустимые отклонения от проектного положения, не должно превышать при ленточном расположении 25% общего числа свай, а при сваях-колоннах 5%. Возможность использования свай с отклонениями сверх допустимых устанавливается проектной организацией. 2. d - диаметр круглой, сторона квадратной или меньшая сторона прямоугольной свай.

На исполнительной схеме (рис. 6.5) показывают (в мм): проектные расстояния между осями; проектные размеры элементов ростверка; отклонения со своим знаком фактического контура ростверка от проектного относительно разбивочных осей; отклонения со своим знаком отметок *верха ростверка* от проектной отметки. Полученные отклонения сравнивают с допустимыми, которые в плане и по высоте не должны превышать ± 5 мм.

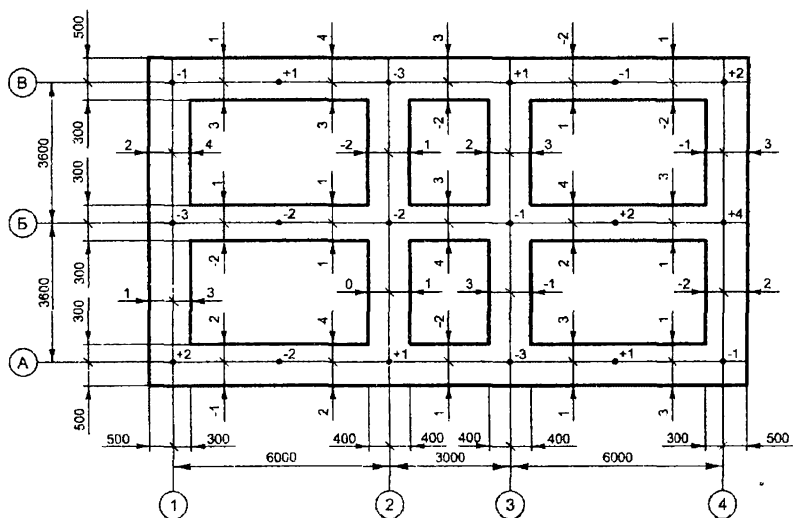


Рис. 6.5. Исполнительная схема ростверка

Исполнительная съемка конструкций подземной части здания до уровня цоколя (*цокольного этажа*, если пол находится ниже уровня отмостки до половины его высоты, или *подвального этажа*, если пол находится ниже уровня отмостки более половины его высоты) является завершением нулевого цикла строительства.

В процессе *планово-высотной съемки* определяют и показывают на исполнительной схеме (рис. 6.6): фактические и проектные межосевые размеры в мм (допустимое расхождение ± 10 мм); величину и направление смещения цокольных блоков и кирпичных стен от проектного положения (допуск ± 10 мм); фактические отметки: пола (допустимое отклонение ± 2 см), гидроизоляции (допустимое отклонение ± 1 см), цоколя (допустимое отклонение ± 0.5 см), перекрытия (допустимое отклонение ± 1 см), а также отклонения в мм фактических отметок верхней плоскости цоколя от проектной отметки в точках пересечения осей и между ними (цифрами со знаком плюс или минус).

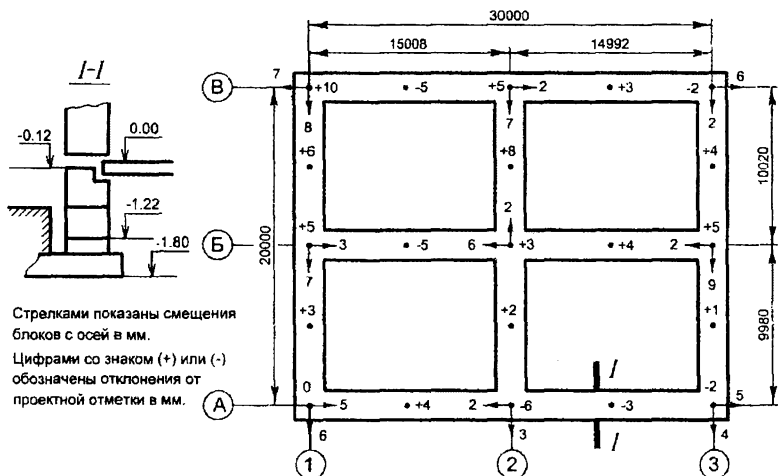


Рис. 6.6. Исполнительная схема конструкций подземной части здания до уровня цоколя

Исполнительная съемка стен и перекрытия подземной части здания выполняется после монтажа плит перекрытия и завершения работ по подготовке монтажного горизонта.

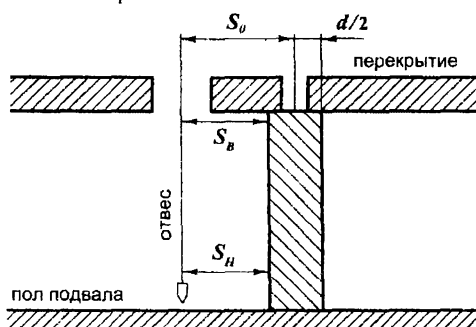


Рис. 6.7. Схема исполнительной съёмки стен подвала

Отклонения стен от вертикали определяют отвес-рейками, уровень-рейками, способом бокового нивелирования, а также промерами до низа и верха стены (стеновой панели) от отвеса, который опускают в технические отверстия на плитах перекрытий.

Отклонения верха и низа стены от вертикали вычисляют по формулам (рис. 6.7):

$$\delta_B = S_0 - \left(S_B + \frac{d}{2} \right);$$

$$\delta_H = S_0 - \left(S_H + \frac{d}{2} \right),$$
(6.1)

где d – толщина стены (панели); S_0 – расстояние от середины стены до нити отвеса на уровне перекрытия; S_B, S_H – расстояние от нити отвеса до стены в верхней и нижней ее части соответственно.

Высотную съемку перекрытия выполняют техническим нивелированием угловых точек каждой плиты перекрытия от реперов и высотных рисок.

Результаты исполнительной съемки подземной части здания отражают на схемах:

- осей, вынесенных на перекрытие над подвалом с указанием их проектных и фактических размеров;
- планового положения смонтированных элементов цокольного этажа (рис. 6.8, а);
- нивелирования поверхности перекрытия над подвалом с указанием отклонений фактических отметок от проектной отметки в углах плит перекрытий (рис. 6.8, б).

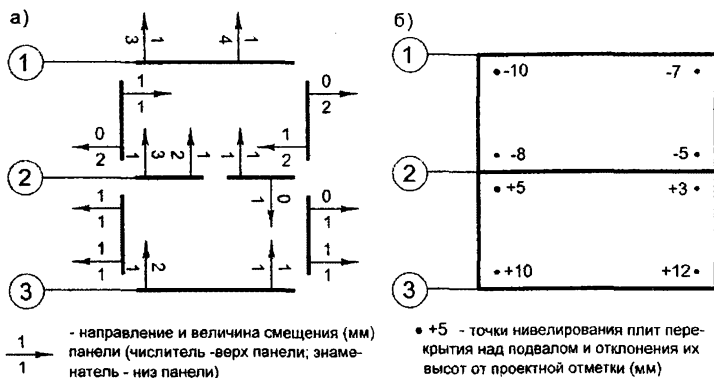


Рис. 6.8. Исполнительная схема планового положения стен (а) и высотного положения плит перекрытия подземной части здания (б)

6.2.3. Исполнительные съемки по надземной части сооружения

При возведении надземной части сооружения на каждом монтажном горизонте выполняют: исполнительную съемку разбивочной сети, полученную вертикальным проектированием с исходного горизонта (рис.6.1); поэтажные исполнительные съемки смонтированных конструкций и их элементов.

Исполнительная съемка колонн. В процессе плано-высотной съемки определяют и показывают на *исполнительной схеме* (рис. 6.9): смещение колонн в их нижнем сечении относительно разбивочных осей; отклонение колонн от вертикали (отклонение верхнего сечения колонны относительно ее нижнего сечения); отклонение отметок верха колонн (оголовков) и консолей от проектного значения.

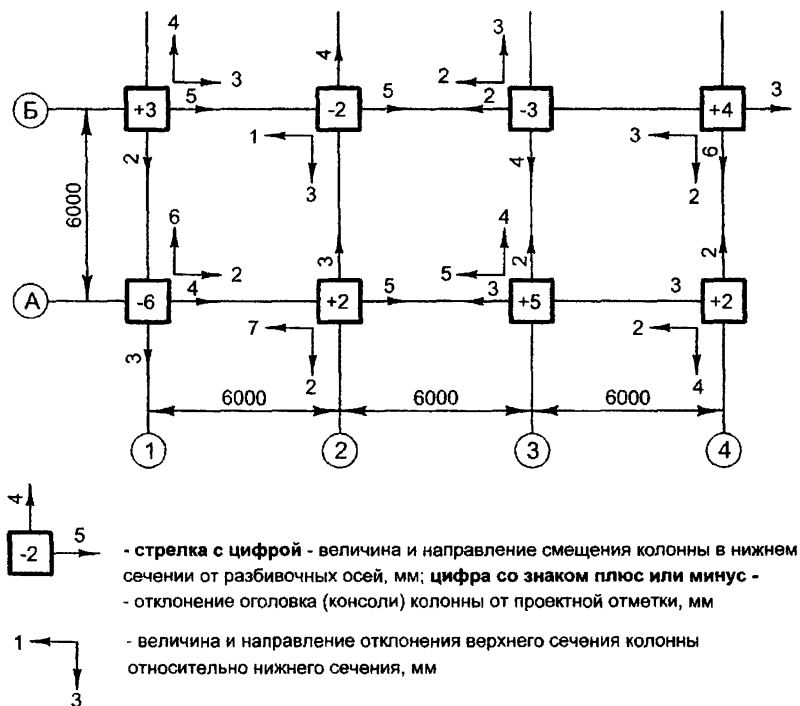


Рис. 6.9. Плано-высотная исполнительная схема колонн

Плановые отклонения определяют промерами от осей и их параллелей, разбитых на монтажном горизонте. *Отклонения по вертикали* определяют рейкой-отвесом, простым отвесом или боковым нивелированием. *Высотные отклонения* определяют техническим нивелированием оголовков и консолей колонн от пунктов высотной сети монтажного горизонта. Допустимые отклонения колонн от проектного положения даны в табл. 6.3.

Исполнительная съемка панелей здания. При *плановой съемке* (рис. 6.10) определяют в плоскости перекрытия (в нижнем сечении панели) отклонения Δ_1 и Δ_2 *геометрической оси торцов* каждой панели

соответственно от продольной и поперечной разбивочных осей в двух точках (по краям панели).

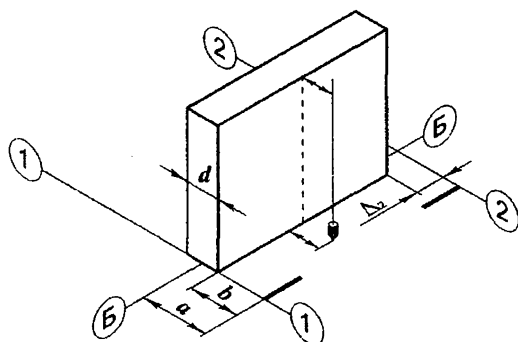


Рис. 6.10. Схема исполнительной съемки панелей

Отклонение Δ_1 от продольной оси вычисляют по формуле

$$\Delta_1 = a - b - 0.5d, \quad (6.2)$$

где a – известное расстояние от разбивочной оси до установочной риски; b – расстояние от установочной риски до боковой поверхности панели, измеряемое миллиметровой линейкой; d – толщина панели.

Отклонение Δ_2 от поперечной оси определяют непосредственным измерением соответствующего отрезка.

Отклонение панели от вертикали в верхнем сечении (отклонение от вертикали верха панели, или наклон боковой поверхности панели) определяют в середине панели по разности отрезков от подвешенного отвеса до низа и верха боковой поверхности панели (рис. 6.10) или с помощью рейки-отвеса, прибора вертикального проектирования, а также способом бокового нивелирования.

При высотной съемке определяют геометрическим нивелированием высоты крайних верхних точек панели или угловых точек каждой плиты перекрытия следующего этажа, сравнивают их с проектными и вычисляют отклонения.

На исполнительной схеме показывают: величину и направление отклонений панели от разбивочных осей и от вертикали (рис. 6.11); отклонения верха панелей или плит перекрытий следующего этажа относительно самой высокой точки на перекрытии (рис. 6.12).

Скан
страницы
отсутствует

При монтаже панелей допускаемые отклонения в мм от проектного положения не должны превышать:

смещение осей панелей стен и перегородок в нижнем сечении относительно разбивочных осей	3
отклонение плоскостей панелей стен и перегородок от вертикали в верхнем сечении	3
разница в отметках опорных поверхностей панелей стен и перегородок в пределах выверяемого участка	3
общее отклонение отметок опорных поверхностей панелей в пределах одного этажа	±10
отклонение толщины горизонтальных швов	±5

Исполнительная съемка ферм (ригелей, балок), опорами которых являются железобетонные колонны, блочные или кирпичные стены, включает определение *горизонтальности* и *прямолинейности* нижнего пояса и *вертикальности* ее плоскости.

Горизонтальность определяется нивелированием *узловых точек нижнего пояса фермы*, по результатам которого находят *стрелку прогиба* как разность среднего отсчета по рейке на концах нижнего пояса и отсчета в его середине (допуск не более 1:1500 длины фермы, но не более 10 мм).

Прямолинейность плоскости фермы определяется по натянутому между опорными узлами шнуру.

Вертикальность плоскости фермы определяется *в середине пролета* по отклонению нижней узловой точки фермы от нити отвеса, укрепленного в этой же плоскости на верхней узловой точке, которое измеряется миллиметровой рулеткой (линейкой), и не должно превышать 1:250 высоты фермы.

В процессе съемки измеряют также *расстояние между осями соседних ферм (ригелей, балок, арок) по верхнему поясу*, на которые опираются панели перекрытий (отклонения полученных расстояний от проектных допускаются не более 5 мм).

Таблица 6.5

Требования к промежуточным элементам пола

Технические требования	Допуск, мм
1 Просветы между контрольной двухметровой рейкой и поверхностью элемента пола для:	
а) грунтовых оснований	20
б) песчаных, гравийных, шлаковых, щебеночных и глинобитных подстилающих слоев	15
в) бетонных подстилающих слоев под оклеечную гидроизоляцию и под покрытия на прослойке из горячей мастики	5
г) бетонных подстилающих слоев под покрытия других типов	10
д) стяжек под покрытия поливинилцелатные, из линолеума, рулонных на основе синтетических волокон, паркета и поливинилхлоридных плит	2
е) стяжек под покрытия из плит других видов, торцовой шашки и кирпича, настлаиваемых по прослойке из горячей мастики, поливинилцелатноцементно-бетонные покрытия и под гидроизоляцию	4
ж) стяжек под покрытия других типов	6
2. Отклонения плоскости элемента от горизонтали или заданного уклона	0,2%
	соответствующего размера, но не более 50

Исполнительная высотная съемка полов выполняется в *два этапа*.

На первом этапе определяют и показывают на схеме отметки промежуточных элементов пола: оснований подстилающих слоев, стяжек, сборных элементов (в том числе плит перекрытий) и др., а также отклонения, допустимые значения которых указаны в СНиП 3.04.01-87 «Изоляционные и отделочные покрытия» и приведены в табл. 6.5.

На втором этапе определяют: отметки поверхности готового пола вне зависимости от материала, из которого он сделан, ровность поверхности каждого элемента пола во всех направлениях не реже чем через 1 м, если иная не предусмотрена проектной документацией. Полученные отклонения не должны превышать допусков, указанных в СНиП 3.04.01-87, которые приведены в табл. 6.6.

Таблица 6.6

Требования к готовому покрытию пола

Технические требования	Допуск, мм
1. Отклонения поверхности покрытия от плоскости при проверке контрольной двухметровой рейкой для:	
а) земляных, гравийных, шлаковых, щебеночных, глинобитных покрытий и покрытий из брусчатки	10
б) покрытий асфальтобетонных, по прослойке из песка, торцевых, из чугунных плит и кирпича	6
в) цементно-бетонных, мозаично-бетонных, цементно-песчаных, поливинилацетатноцементно-бетонных, металлцементных, кислотоупорных покрытий и покрытий из кислостойкого и жаростойкого бетона	4
г) покрытий на прослойке из мастик, торцевых, из чугунных и стальных плит, кирпича всех видов	4
д) покрытий из плит цементно-бетонных, цементно-песчаных, мозаично-бетонных, асфальтобетонных, керамических, каменных шлакоситалловых	4
е) поливинилацетатных, дощатых, паркетных покрытий и покрытий из линолеума, рулонных на основе синтетических волокон, из поливинилхлоридных и сверхтвердых древесноволокнистых плит	2
2. Уступы между смежными изделиями покрытий из штучных материалов для покрытий:	
а) из брусчатки	3
б) кирпичных, торцевых, бетонных, асфальтобетонных, чугунных и стальных плит	2
в) из керамических, каменных, цементно-песчаных, мозаично-бетонных, шлакоситалловых плит	1
г) дощатых, паркетных, из линолеума, поливинилхлоридных и сверхтвердых древесноволокнистых плит, поливинилхлоридного пластика	не допускаются
3. Уступы между покрытиями и элементами окаймления пола	2
4. Отклонения от заданного уклона покрытий	0,2% соответствующего размера помещения, но не более 50
5. Отклонения по толщине покрытия	10% от проектной
6. Зазоры	
а) между досками дощатого покрытия	1
б) между паркетными досками и паркетными щитами	0,5
в) между смежными планами штучного паркета	0,3
7. Зазоры и щели между плинтусами и покрытием пола или стенами (перегородками), между смежными кройками полотнищ линолеума, ковров, рулонных материалов и плиток	не допускаются

Исполнительная съемка лифтов выполняется в два этапа.

На первом этапе определяют положение закладных деталей для кронштейнов направляющих и фактические размеры лифтовой шахты на каждом этаже, начиная от приямника. Допустимые отклонения от проекта не должны превышать (в мм):

- по ширине и глубине шахты 30
- по разности диагоналей (в плане)..... 25
- по положению закладных частей:
 - в плоскости стен шахты и пола машинного помещения 10
 - из плоскости стен шахты и пола машинного помещения
внутри стен и пола (отклонения наружу не допускаются) 10
 - смещения осей дверных проемов относительно вертикальной
оси шахты 10

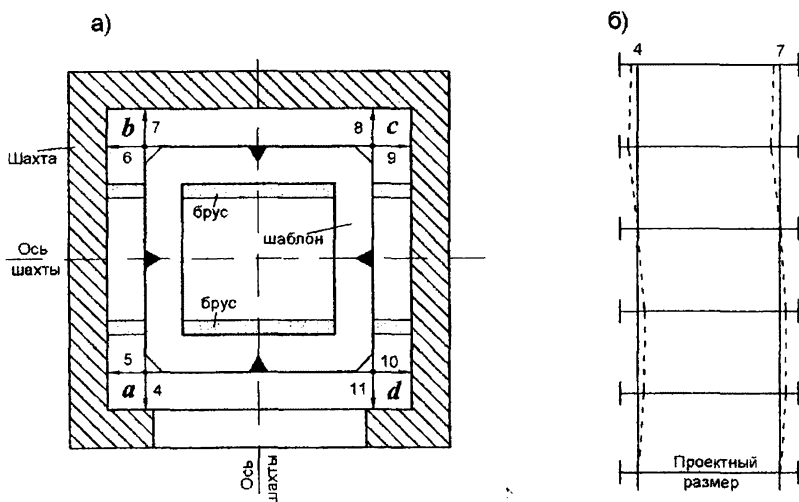


Рис. 6.13. Контроль вертикальности стен лифтовой шахты:

а – установка шаблона с отвесами; б – исполнительная схема стены

На втором этапе контролируют вертикальность стен лифтовой шахты. Для этой цели изготавливают специальный шаблон (рис. 6.13, а), размеры которого равны наружным размерам кабины, и обозначают на нем осевые риски, после чего укладывают сверху шахты таким образом, чтобы осевые риски совпали с осями кабины. На углах шаблона (в точках *a, b, c, d*) прикрепляют отвесы – стальные проволоки диаметром 1-1,2 мм с грузами 3-20 кг в зависимости от глубины шахты. После прекращения колебаний отвесов измеряют расстояния между ними и стенами шахты. Отклонения стенок от вертикали не должны превышать:

15 мм при глубине шахты	$h < 45 \text{ м}$
20 мм	— " — $45 \text{ м} \leq h \leq 75 \text{ м}$
30 мм	— " — $75 \text{ м} \leq h \leq 100 \text{ м}$

По результатам исполнительной съемки составляют *исполнительные схемы* для каждой из четырех стен шахты (рис. 6.13, 6).

В процессе монтажа определяют положение следующих элементов лифтовой установки: направляющих кабины и противовеса, осей буферных подставок, подлебедочных балок и рамы лебедки. Лифт принимается в эксплуатацию при соблюдении следующих допусков:

- отклонение направляющих кабины и противовеса от вертикали:
 - при $h < 50 \text{ м}$ 1:5000*h*
 - при $h \geq 50 \text{ м}$ 10 мм
- прямолинейность направляющих и их параллельность между собой 2 мм
- смещение осей буфера от плоскости направляющих 5 мм
- отклонение подлебедочных балок от горизонтального положения:
 - в поперечном направлении 1 мм на 1 м длины
 - в продольном направлении 3 мм на 1 м длины
- отклонение плоскости рамы лебедки от горизонтального положения:
 - в поперечном направлении 1 мм на 1 м длины
 - в продольном направлении 1 мм на 1 м длины
- отклонение канатоведущего шкива от вертикальной плоскости 1 мм на длине, равной диаметру шкива
- отклонение дверей шахты от вертикального положения 2 мм на всю высоту двери
- разность длин диагоналей каркаса кабины 5 мм
- отклонение станции управления от вертикального положения 5 мм

Кроме того, *контролируют* просветы между отдельными элементами оборудования (зазоры) с помощью щупов – специальных тонких пластин установленной толщины. *Например*, зазор между грузами противовеса не должен превышать 5 мм на 1 м длины, а между створками раздвижных дверей шахты допускается не более 2 мм и т.д.

Допускаемые отклонения в положение элементов лифтовой установки даны в ГОСТ 22845-85.

Позтажная исполнительная съемка кирпичного (каменного) сооружения выполняется *после возведения стен и установки оконных и дверных проемов*. В процессе исполнительной съемки определяют и показывают на *исполнительной схеме* (рис. 6.14): отклонение от вертикали углов кладки; вертикальность и толщину стен; отметки этажей; плано-высотное положение оконных и дверных проемов и плит перегородок.

Плановое положение кладки стен определяют промерами от продольных и поперечных разбивочных осей. *Толщину стен* в процессе кладки контролируют шаблоном-рейкой, *при исполнительной съемке* – непосредственным промером.

Отклонение от вертикальности кладки определяют измерением расстояний от нити отвеса до стены в наиболее характерных ее точках или через равные промежутки.

Горизонтальность кладки каждого этажа определяется геометрическим нивелированием точек по верху стен на пересечении осей и между ними через 5 м.

Допустимые отклонения габаритов и отметок от проектных значений указаны в СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции» и приведены в табл. 6.7.

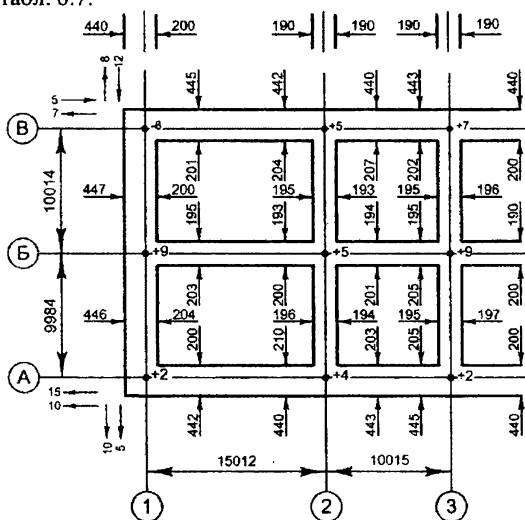


Рис. 6.14. Исполнительная схема плано-высотного положения кирпичной кладки под перекрытие этажа

Исполнительная съемка металлических конструкций (кроме металлических кожухов печей и труб) выполняется, как правило, в два этапа.

На первом этапе определяют и показывают на схемах отклонения в отметках и смещения: опорных мест фундаментов, закладных деталей, анкерных болтов, а в необходимых случаях, специально оговоренных в проектах, отклонения габаритов после укрупненной сборки. В некоторых видах производственных зданий (сооружений) колонны, иные опоры, фермы, ригели, пролетные строения, подкрановые балки, стальные настилы, башни и башенные сооружения, трубы, бункеры, кожухи различных устройств, копры, тяги, поясы, траверсы и т.п. снимаются дважды (до и после проведения производственных или приемочных испытаний).

На втором этапе выполняется исполнительная съемка после окончания всех испытаний вне зависимости от их числа. Места съемки, форма отражения результатов съемки, точность измерений устанавливается проектной документацией. Отклонения отметок, габаритов, привязок к осям и дру- гие геометрические назначения сравнивают с допускаемыми, которые указаны в СНиП 3.03.01-87 и приведены в табл. 6.8 и 6.9.

Требования к каменным конструкциям

Технические требования	Предельные отклонения, мм				
	стен	столбов	фундамента	стен	столбов
	из кирпича, керамических и природных камней правильной формы, из крупных блоков			из бута и бутобетона	
1. Толщина конструкций	±15	±10	±30	±20	±20
2. Отметка опорных поверхностей	-10	-10	-25	-15	-15
3. Ширина простенков	-15	-	-	-20	-
4. Ширина проемов	+15	-	-	+20	-
5. Вертикальность оконных проемов	20	-	-	20	-
6. Смещение осей конструкций от разбивочных осей	10 (10)	10	20	15	10
7. Вертикальность поверхностей и углов кладки:					
а) на один этаж	10 (5)	10	-	20	15
б) на здание высотой более двух этажей	30 (30)	30	30	30	30
8. Толщина швов кладки:					
а) горизонтальных	-2;+3	-2;+3	-	-	-
б) вертикальных	-2;+2	-2;+2	-	-	-
9. Горизонтальность рядов кладки на 10 м длины стены	15 (15)	-	30	20	-
10. Неровности на вертикальной поверхности кладки, обнаруженные при наложении рейки длиной 2 м		5	-	15	15
11. Размеры сечения вентиляционных каналов	±5	-	-	-	-

Примечание. В скобках приведены предельные отклонения для конструкций из вибрированных кирпичных, керамических и каменных блоков и панелей.

Таблица 6.8

Требования к стальным конструкциям одноэтажных зданий

Параметр	Предельные отклонения, мм
Колонны и опоры	
1. Отклонения отметок опорных поверхностей колонны и опор от проектных	5
2. Разность отметок опорных поверхностей соседних колонн и опор по ряду и в пролете	3
3. Смещение осей колонн и опор относительно разбивочных осей в опорном сечении	5
4. Отклонение осей колонн от вертикали в верхнем сечении при длине колонн, мм:	
св. 4000 до 8000	10
" 8000 " 16000	12
" 16000 " 25000	15
" 25000 " 40000	20
5. Стрела прогиба (кривизна) колонн, опоры и связей по колоннам	0,0013 расстояния между точками закрепления, но не более 15
6. Односторонний зазор между фрезерованными поверхностями в стыках колонн	0,0007 поперечного размера сечения колонны; при этом площадь контакта должна составлять не менее 65% площади поперечного сечения

Параметр	Предельные отклонения, мм
Фермы, ригели, балки, прогоны	
7. Отметки опорных узлов	10
8. Смещение ферм, балок ригелей с осей на оголовках колонн из плоскости рамы	15
9. Стрела прогиба (кривизна) между точками закрепления сжатых участков пояса фермы и балки ригеля	0,0013 длины закрепленного участка, но не более 15
10. Расстояния между осями ферм, балок, ригелей по верхним поясам между точками закрепления	15
11. Совмещение осей нижнего и верхнего поясов ферм относительно друг друга (в плане)	0,004 высоты фермы
12. Отклонения стоек фонаря и фонарных панелей от вертикали	8
13. Расстояния между прогонами	5
Подкрановые балки	
14. Смещение оси подкрановой балки с продольной разбивочной оси	5
15. Смещение опорного ребра балки с оси колонны	20
16. Перегиб стенки в сварном стыке (измеряют просвет между шаблоном длиной 200 мм и вогнутой стороной стенки)	5
Крановые пути	
<i>а) мостовых кранов</i>	
17. Расстояние между осями рельсов одного пролета (по осям колонн, но не реже чем через 6 м)	10
18. Смещение оси рельса с оси подкрановой балки	15
19. Отклонение оси рельса от прямой на длине 40 м	15
20. Разность отметок головок рельсов в одном поперечном разрезе пролета здания:	
на опорах	15
в пролете	20
21. Разность отметок подкрановых рельсов на соседних колоннах (расстояние между колоннами L):	
при L менее 10 м	10
при L 10 м и более	0,001 L , но не более 15
22. Взаимное смещение торцов стыкуемых рельсов в плане и по высоте	2
23. Зазор в стыках рельсов (при температуре 0° С и длине рельса 12,5 м); при изменении температуры на 10° С допуск на зазор изменяется на 1,5 мм	4
<i>б) подвесных кранов</i>	
24. Разность отметок нижнего ездового пояса на смежных опорах (вдоль пути) независимо от типа крана (расстояние между опорами L)	0,0007 L
25. Разность отметок нижних ездовых поясов соседних балок в пролетах в одном поперечном сечении двух- и многоопорных подвесных кранов:	
на опорах	6
в пролете	10
26. То же, но со стыковыми замками на опорах и в пролете	2
27. Смещение оси балки с продольной разбивочной оси пути (для талей ручных и электрических не ограничивается)	3
Стальной оцинкованный профилированный настил	
28. Отклонение длины опирания настила на прогоны в местах поперечных стыков	0; -5
29. Отклонение положения центров:	
высокопрочных дюбелей, самонарезающих болтов и винтов	5
комбинированных заклепок:	
вдоль настила	20
поперек настила	5

Примечание. Отклонение симметричности установки фермы, балки, ригеля, шита перекрытия и покрытия (при длине площадки опирания 50 мм и более) – 10 мм.

Требования к стальным конструкциям многоэтажных зданий

Параметр	Предельные отклонения, мм
1. Отклонение отметок опорной поверхности колонн от проектной отметки	5
2. Разность отметок опорных поверхностей соседних колонн	3
3. Смещение осей колонн в нижнем сечении с разбивочных осей при опирании на фундамент	5
4. Отклонение от совмещения рисок геометрических осей колонн в верхнем сечении с рисками разбивочных осей при длине колонн, мм:	
до 4000	12
св. 4000 до 8000	15
" 8000 " 16000	20
" 16000 " 25000	25
5. Разность отметок верха колонн каждого яруса с порядковым номером n	0,5 n +9
6. Смещение оси ригеля, балки с оси колонны	8
7. Отклонение расстояния между осями ригелей и балок в середине пролета	10
8. Разность отметок верха двух смежных ригелей	15
9. Разность отметок верха ригеля длиной L по его концам	0,001 L , но не более 15
10. Односторонний зазор между фрезерованными поверхностями в стыке колонн	По табл. 6.8 для одноэтажных зданий

Таблица 6.10

Требования к железобетонным монолитным конструкциям

Параметр	Предельные отклонения
1. Отклонение линий плоскостей пересечения от вертикали или проектного наклона на всю высоту конструкций для:	
фундаментов	20 мм
стен и колонн, поддерживающих монолитные покрытия и перекрытия	15 мм
стен и колонн, поддерживающих сборные балочные конструкции	10 мм
стен зданий и сооружений, возводимых в скользящей опалубке, при отсутствии промежуточных перекрытий	1/500 высоты сооружения, но не более 100 мм
стен зданий и сооружений, возводимых в скользящей опалубке, при наличии промежуточных перекрытий	1/1000 высоты сооружения, но не более 50 мм
2. Отклонение горизонтальных плоскостей на всю длину выверяемого участка	20 мм
3. Местные неровности поверхности бетона при проверке двухметровой рейкой, кроме опорных поверхностей	5 мм
4. Длина или пролет элементов	±20 мм
5. Размер поперечного сечения элементов	+6 мм; -3 мм
6. Отметки поверхностей и закладных изделий, служащих опорами для стальных или сборных железобетонных колонн и других сборных элементов	-5 мм
7. Уклон опорных поверхностей фундаментов при опирании стальных колонн без подливки	0,0007
8. Расположение анкерных болтов:	
в плане внутри контура опоры	5 мм
в плане вне контура опоры	10 мм
по высоте	+20 мм
9. Разница отметок по высоте на стыке двух смежных поверхностей	3 мм

Исполнительная съемка железобетонных конструкций выполняется по окончании их монтажа. При этом определяют и показывают на *исполнительных схемах*: отклонения плоскостей (и линий их пересечения) от вертикали (или проектного наклона) конструкций фундаментов, стен,

колонн; отклонения плоскостей от горизонтальности. Съёмка выполняется на всю высоту или плоскость участка. Интервал между точками съёмки принимается равным 1 м, если иные требования не предусмотрены проектом.

В монолитных жилых зданиях, возводимых методом скользящей опалубки, определяют и показывают на схемах: *в плане* – места пересечения стен; *по высоте* – отметки проемов штраб, отверстий и полов.

Отклонения габаритов и отметок **монолитных и сборных конструкций** от проектных значений сравнивают с допусками, которые указаны в СНиП 3.03.01-87 и приведены в табл. 6.10 и 6.11.

Таблица 6.11

Требования к железобетонным сборным конструкциям

Параметр	Предельные отклонения, мм
1. Отклонение от совмещения установочных ориентиров фундаментных блоков и стаканов фундаментов с рисками разбивочных осей	12
2. Отклонение отметок опорной поверхности дна стаканов фундаментов от проектных: до устройства выравнивающего слоя по дну стакана после устройства выравнивающего слоя по дну стакана	-20 ±5
3. Отклонение от совмещения ориентиров (рисок геометрических осей, граней) в нижнем сечении установленных элементов с установочными ориентирами (рисками геометрических осей или гранями нижележащих элементов, рисками разбивочных осей): колонн, панелей и крупных блоков несущих стен, объемных блоков панелей навесных стен ригелей, прогонов, балок, подкрановых балок, подстропильных ферм, стропильных балок и ферм	8 10 8
4. Отклонение осей колонн одноэтажных зданий в верхнем сечении от вертикали при длине колонн, м: до 4 св. 4 до 8 " 8 " 16 " 16 " 25	20 25 30 40
5. Отклонение от совмещения ориентиров (рисок геометрических осей) в верхнем сечении колонн многоэтажных зданий с рисками разбивочных осей при длине колонн, м: до 4 св. 4 до 8 " 8 " 16 " 16 " 25	12 15 20 25
6. Разность отметок верха колонн или их опорных площадок (кронштейнов, консолей) одноэтажных зданий и сооружений при длине колонн, м: до 4 св. 4 до 8 " 8 " 16 " 16 " 25	14 16 20 24
7. Разность отметок верха колонн каждого яруса с порядковым номером <i>л</i> многоэтажного здания и сооружения, а также верха стеновых панелей с порядковым номером <i>л</i> по высоте каркасных зданий в пределах выверяемого участка при: контактной установке установке по маякам	12+2 <i>л</i> 10
8. Отклонение от совмещения ориентиров (рисок геометрических осей, граней) в верхнем сечении установленных элементов (ригелей, прогонов, балок, подстропильных ферм и балок) на опоре с установочными ориентирами (рисками геометрических осей или граней) нижестоящих элементов, рисками разбивочных осей) при высоте элемента на опоре, м: до 1 св. 1 до 1.6 " 1.6 " 2.5 " 2.5 " 4	6 8 10 12

Параметр	Предельные отклонения, мм
9. Отклонение от симметричности (половина разницы глубины опирания концов элемента) при установке ригелей, прогонов, балок, подкрановых балок, подстропильных ферм, стропильных ферм (балок), плит покрытый и перекрытый в направлении перекрываемого пролета при длине элемента, м: до 4 св. 4 до 8 " 8 " 16 " 16 " 25	5 6 8 10
10. Расстояние между осями верхних поясов ферм и балок в середине пролета	60
11. Отклонение от вертикали верха плоскостей: панелей несущих стен и объемных блоков крупных блоков несущих стен перегородок, навесных стеновых панелей	10 12 12
12. Разность отметок лицевых поверхностей двух смежных непереднапряженных панелей (плит) перекрытый в шве при длине плит, м: до 4 св. 4 до 8 " 8 " 16	8 10 12
13. Разность отметок верхних полок подкрановых балок и рельсов: на двух соседних колонных вдоль ряда при расстоянии между колоннами l , м: $l \leq 10$ $l > 10$ в одном поперечном разрезе пролета: на колоннах в пролете	10 0,001 l , но не более 15 15 20
14. Отклонение по высоте порога дверного проема объемного элемента шахты лифта относительно посадочной площадки	± 10
15. Отклонение от перпендикулярности внутренней поверхности стен ствола шахты лифта относительно горизонтальной плоскости (пола приямка)	30
	(ГОСТ 22845-85)

Примечание. Глубина опирания горизонтальных элементов на несущие конструкции должна быть не менее указанной в проекте.

Исполнительная съемка фундаментов под технологическое оборудование и трубопроводы выполняется в два этапа.

На первом этапе выполняют плано-высотную съемку до подливки раствора (фундаменты возводятся на 50-80 мм ниже проектной отметки опорной поверхности оборудования) и приварки (укладки) прокладок фундаментов. По результатам съемки первого этапа определяют высоту подливки. *Высотная исполнительная съемка* фундаментов, закладных деталей, прокладок и анкерных болтов выполняется с точностью до миллиметра (если иные требования не установлены проектной документацией) геометрическим нивелированием от реперов, размещенных вне зон возможных осадок грунтов и опорных конструкций устанавливаемого оборудования. *Плановая исполнительная съемка* выполняется с точностью до миллиметра от разбивочных осей или от параллельных им линий.

На втором этапе выполняется плано-высотная съемка с такой же точностью после установки фундаментов в проектное положение.

Исполнительная съемка деревянных конструкций включает:

определение отклонений: в размерах конструкций по длине, по высоте; в расстояниях между осями; в глубине врубок; от вертикали;

определение смещений центров опорных узлов от центров опорных площадок, а также поперечных смещений.

Допуски и отклонения, характеризующие точность строительных и монтажных работ, назначаются проектом производства работ в зависимости от заданного класса точности (определяемого функциональными, конструктивными, технологическими и экономическими требованиями) и определяются по ГОСТ 21779-82. Остальные отклонения не должны превышать указанных в СНиП 3.03.01-87 и приведены в табл. 6.12.

Таблица 6.12

Требования к деревянным конструкциям

Технические требования	Предельные отклонения
1. Отклонение глубины врубок от проектной	± 2 мм
2. Отклонение в расстояниях между центрами рабочих болтов, нагелей, шпонок в соединениях относительно проектных: для входных отверстий для выходных отверстий поперек волокон для выходных отверстий вдоль волокон	± 2 мм 2% толщины пакета, но не более 5 мм 4% толщины пакета, но не более 10 мм
3. Отклонение в расстояниях между центрами гвоздей со стороны забивки в гвоздевых соединениях	± 2 мм
4. Отклонение граней: венцов рубленых стен от горизонтали на 1 м длины и стен перегородок от вертикали на 1 м высоты	± 3 мм

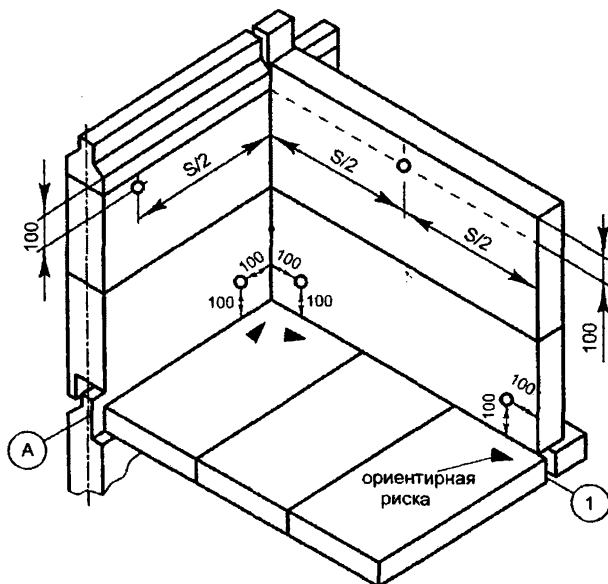


Рис. 6.15. Места съемки элементов конструкций зданий

В каркасных зданиях исполнительной съемке подлежат:

в плане: колонны, ригели, балки, распорные плиты, диафрагмы жесткости;

по высоте: опорные плоскости (оголовки) колонн в пределах между температурными швами, навесные панели наружных стен.

Места съемки элементов конструкций зданий показаны на рис. 6.15.

Отклонения, смещения и разности отметок не должны превышать указанных в табл. 6.8.

В крупнопанельных зданиях исполнительной съемке подлежат:

в плане: панели несущих и ограждающих стен; лифтовые, санитарно-технические и другие объемные элементы; плиты перекрытий;

по высоте: панели (плиты) перекрытий в пределах между температурными швами (определяется горизонтальность перекрытий); смежные в плане элементы, образующие опорную площадку (определяется перепад высот этих элементов).

Пример записи результатов исполнительной съемки приведен на рис. 6.8.

В объемно-блочных зданиях исполнительной съемке подлежат:

в плане: продольные грани блоков (при линейном опирании); углы (при опирании блоков по углам);

по высоте: опорные площадки несущих стен.

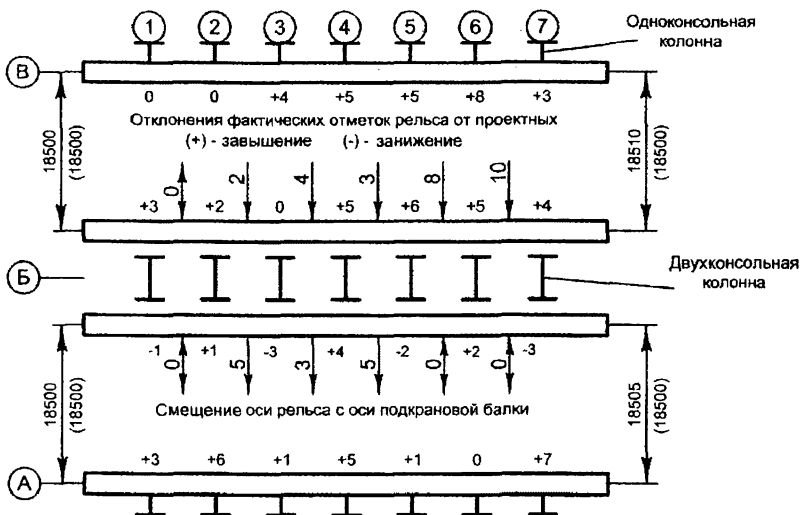


Рис. 6.16. Исполнительная схема подкрановых рельсов мостового крана

В производственных и промышленных зданиях (сооружениях) дополнительной съемке подлежат: *в плане* – расстояния от колонн до оси

балки; смещение оси пути от оси балки; по высоте – отклонения балок и головок рельсов от проектных отметок.

Исполнительная съемка подкрановых путей мостового крана выполняется после выравнивания подкрановых балок и монтажа подкрановых рельсов. В процессе *планово-высотной* съемки определяют и показывают на исполнительной схеме (рис. 6.16): проектное и фактическое расстояния между осями рельсов, а также смещения и отклонения, допустимые значения которых приведены в табл. 6.13.

Таблица 6.13

Допустимые отклонения при монтаже подкрановых путей

Отклонения	Величина отклонений, мм
1. В ширине колес ходовой тележки мостового крана: при ширине колес до 20,5 м при ширине колес более 20,5 м	±3 ±5
2. В расстоянии между осями подкрановых рельсов	±5
3. Смещение оси рельса относительно подкрановой балки	±15
4. Взаимное отклонение отметок головок подкрановых рельсов в одном поперечном разрезе пролета: на опоре в пролете	±10 ±15
5. В длине подкрановой балки, фермы и балки каркаса здания между плоскостями торцов: металлические, при длине 8001 – 10000 мм то же 10000 – 15000 мм то же 15000 – 20000 мм то же 20000 и более железобетонные	±9 ±10 ±11 ±12 ±10

6.3. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

По результатам исполнительных съемок оценивают *точность* выполнения отдельных параметров или работ, т.е. качество монтажа. Для характеристики точности монтажа вычисляют среднее арифметическое $\bar{\delta}$ полученных отклонений контролируемого параметра и среднее квадратическое отклонение S по выборке измеренных величин объемом n :

$$\bar{\delta} = \frac{\sum \delta_i}{n}; \quad (6.3)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{n} - \bar{\delta}^2}.$$

При распределении фактических отклонений, близком к нормальному, величину S сравнивают с *установленными* предельными отклонениями Δ по следующему условию:

$$\Delta \geq tS, \quad (6.4)$$

где t – коэффициент, применяемый в зависимости от значения приемочного уровня дефектности q . При $q = 0,25\%$, $t = 3$; при $q = 1,5\%$, $t = 2,4$; при $q = 4\%$, $t = 2,1$. В остальных случаях измеренные отклонения сравнивают с допусками и допускаемыми отклонениями, предусмотренными в СНиПах.

Одновременно с исполнительными съемками ведется журнал отступлений от проекта, в котором по каждому сооружению указывают для важнейших элементов величины отклонений от проектного положения в плане и по высоте. Если размеры этих отклонений не превышают допусков, установленных СНиПами, то отмечают, что отклонений нет.

Допустимая средняя квадратическая погрешность *геодезического контроля* положения строительных конструкций должна определяться по формуле

$$m = \frac{1}{5} \delta, \quad (6.5)$$

где δ - допустимое отклонение от проекта в положении конструкции, взято из соответствующей главы СНиП.

6.4. ОКОНЧАТЕЛЬНЫЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ

6.4.1. Исполнительная съемка подземных коммуникаций

Исполнительная съемка подземных коммуникаций производится по мере их готовности, но *до засыпки траншей*. Исключение составляет *самотечная канализация*, съемка которой выполняется после засыпки траншей и испытания труб на гидравлику.

Графической основой исполнительного чертежа подземных коммуникаций являются топографические планы, полученные в результате исполнительной съемки.

Исполнительная съемка производится от плано-высотного обоснования или четко выраженных контуров капитальных зданий и сооружений, каменных фундаментов, железобетонных и каменных заборов.

Плановое положение элементов инженерных сетей определяют с погрешностью не более 0,2 м.

Масштаб съемки зависит от характера снимаемой территории, назначения создаваемых планов, плотности коммуникаций и, как правило, составляет 1:5000 – 1:500, а в отдельных случаях 1:200.

Плановой съемке подлежат: углы поворота; точки на прямолинейных участках не реже, чем через 50 м; главные точки кривых (начало, середина, конец); места пересечения трасс; места присоединений, ответвлений;

конструктивные элементы подземных сетей (люки, колодцы, камеры, компенсаторы и т.д.); места изменений уклонов, диаметров труб.

При съемках *собираются данные* о количестве прокладок, отверстий, колодцев, каналов, о размерах диаметров труб и каналов, давлении в газовых и напряжении в кабельных сетях, материале труб.

Обязательной съемке подлежат все подземные сооружения, пересекающие или идущие параллельно прокладке, вскрытые траншеи. Одновременно со съемкой подземных сооружений снимаются все здания, прилегающие к проезду или трассам прокладок.

При расположении подземных сетей в блоках и тоннелях снимают только одну сторону, другую наносят по промерам. Выходы подземных сетей и элементы их конструкций должны быть связаны между собой или привязаны к постоянным контурам застройки контрольными промерами. При съемке кабелей в пучках промеры выполняются до крайних кабелей. Съемкой охватывают полосу не менее 20 м в обе стороны от оси коммуникации. У круглых колодцев снимают центр, у люков прямоугольной формы - два угла. Для колодцев, построенных по типовым проектам, определяются лишь внецентренность и ориентировка. Внецентренность колодцев определяется, как правило, с помощью отвеса.

При значительной глубине элементов коммуникации (более 1 м) снимаемые точки выносятся на поверхность земли при помощи отвеса и рейки с уровнем.

При съемке колодцев и камер обмеряют внутренние и внешние габариты сооружения и его оборудования с привязкой к отвесной линии, проходящей через *центр крышки колодца*. При этом устанавливается: назначение и конструкция колодцев, камер, распределительных шкафов и киосков, дается характеристика имеющейся в них арматуры.

Для газовых и тепловых сетей фиксируется расположение стыков трубопроводов относительно люков колодцев или камер с указанием типа стыка.

Высотное положение подземных сетей и сооружений определяется техническим нивелированием. Нивелируют: люки всех колодцев; лотки канализационных, водосточных и дренажных колодцев; верх труб и пол каналов (в непроходных каналах – низ щебеночной подготовки) теплофикации, телефонной и электрокабельной канализации; в бесколодезных прокладках – углы поворота трассы и точки излома профиля.

Для трубопроводов определяют отметки верха труб во всех колодцах и камерах. Бронированные кабели нивелируют во всех точках изменения глубины заложения (в изломах профиля), на поворотах и вводах.

На прямолинейных участках по оси прокладки через 50 м намечают створные точки, в которых определяют отметки заложения сетей. На спланированной территории вдоль трассы определяют отметки бровки траншей.

По окончании обработки материалов исполнительных съемок инженерных сетей составляют *исполнительный чертеж* (схему), рис. 6.17. Основой для его составления является копия согласованного проекта в

масштабе 1:500 или план масштаба 1:500, составленный по результатам исполнительных съемок.

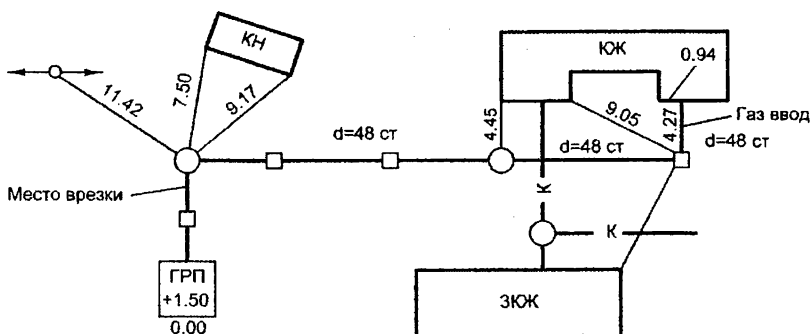


Рис. 6.17. Исполнительная схема газопровода

В состав исполнительного чертежа входят:

- ситуационный план участка в масштабе 1:2000 с указанием места работ и наименований близлежащих улиц и проездов для всех коммуникаций;
- план трассы в масштабе 1:500;
- продольный профиль, горизонтальный масштаб которого принимается равным масштабу плана, а вертикальный – 1:100 и в отдельных случаях 1:50 (для теплотрассы); развертки телефонных колодцев с указанием их размеров, материала, высоты горловины; расположение и привязки вводов труб в колодец; направления на смежные колодцы и вводы (для телефонной канализации).

План трассы включает в себя схему всех элементов сети, подлежащих съемке. На профиле указывают горизонтальный и вертикальный масштабы и отметки точек трассы.

При наличии отклонений от проекта на исполнительных чертежах указывают, как и когда эти отклонения разрешены.

6.4.2. Исполнительная съемка подъездных путей

Исполнительная съемка железных дорог

Железнодорожные пути на промышленных предприятиях делятся по своему назначению на *внешние* (подъездные) и *внутризаводские*. Внешние пути служат, в основном, для присоединения внутризаводских путей к общей сети МПС. Ширина нормальной колеи составляет 1524 мм, узкой колеи – 750 мм.

В состав исполнительной съемки железных дорог входит: обмер стрелочных переводов; съемка путей в плане и по высоте; съемка и обследование искусственных сооружений; обследование состояния дорог.

Полевой работе предшествует сбор и систематизация имеющихся проектных и эксплуатационных материалов по существующим железным дорогам и станциям, а также материалов прежних исполнительных съемок. На основании полученных сведений составляют *план-схему* железных дорог, на которой показывают:

- железнодорожные пути, в том числе на станциях;
- номера (названия) путей, стрелочных переводов, светофоров и других элементов путевого хозяйства;
- линии электроснабжения, сигнализации и связи, а также устройства на этих линиях (кабельные шкафы и т.п.);
- здания и сооружения железнодорожной службы, а также цехи и здания, связанные с железнодорожными путями.

Составленную по имеющимся материалам план-схему железных дорог уточняют и пополняют в процессе рекогносцировки, а затем согласовывают с транспортной службой предприятия.

Обмер стрелочных переводов. Определение центра стрелочного перевода (ЦСП). Стрелочные переводы служат для перевода подвижного состава с одного пути на другой.

Основные части стрелочного перевода следующие (рис. 6.18): остряки, переводная кривая и крестовина (сплошной металлический сердечник на пересечении внутренних рельсов двух путей) длиной d и шириной основания (хвоста) c . Угол α между гранями крестовины называется *углом крестовины*, $tg\alpha$ называется *маркой M* крестовины и выражается дробью, у которой числитель единица, а знаменатель – целое число N , т.е.

$$M = 1/N = tg\alpha . \quad (6.6)$$

Стрелочные переводы различаются между собой по конструкции (одиночные, двойные, перекрестные), по типам применяемых рельсов и маркам крестовин.

Для каждого стрелочного перевода записывают номер и определяют марку крестовины, сторонность перевода (правый, левый, симметричный и т.п.), способ управления (ручной, электрический и т.п.). При обмерах стрелочного перевода измеряют расстояния от хвоста крестовины до центра перевода, начала остряков, стыка рамных рельсов, определяют другие необходимые параметры.

Одиночный стрелочный перевод (рис. 6.18) наиболее распространен на железных дорогах. Все его элементы подлежат обмеру, результаты которого помещают в специальную ведомость.

Математическим центром крестовины (МЦК) является точка пересечения продолжения граней сердечника. Марка крестовины

определяется делением величины хвоста крестовины c на длину крестовины d , т.е. $M = c/d$. На железных дорогах промышленных предприятий наиболее распространены крестовины с маркой 1/9, реже с марками 1/11 и 1/6 (встречаются и другие значения).

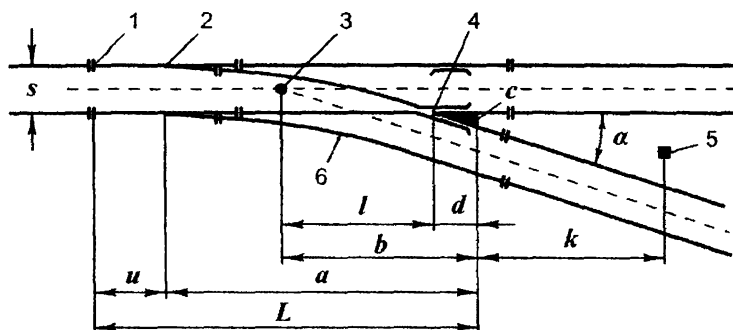


Рис. 6.18. Устройство одиночного стрелочного перевода:

1 – начало прямого рельса; 2 – начало остряка; 3 – центр стрелочного перевода (ЦСП); 4 – математический центр крестовины (МЦК); 5 – предельный столбик; 6 – переводная кривая радиусом r ; l – расстояние от МЦК до ЦСП; d – длина крестовины; b – расстояние от хвоста крестовины до ЦСП; k – расстояние от хвоста крестовины до предельного столбика; u – расстояние от начала остряка до начала прямого рельса; a – расстояние от хвоста крестовины до начала остряков; L – полная длина перевода; c – ширина хвоста крестовины

Тип рельсов определяется по маркировочным знакам по высоте рельса h и ширине его головки e , измеренным непосредственно на местности, согласно нижеуказанным данным:

Тип рельса.....	Р 38	Р 43	Р 50	Р 65	Р 75
h , м.....	135	140	152	180	192
e , м.....	68	70	70	75	75

В процессе обмера к основным элементам, например к ЦСП или к хвосту крестовины, линейными промерами привязывают механизм перевода, предельный столбик (ПС), а также другие элементы сооружения.

Центр стрелочного перевода (ЦСП) представляет собой точку пересечения осей соединяющихся путей. Задача определения ЦСП заключается в нахождении на местности этой точки и ее координат.

Если основной и отклоненный пути – прямые, то ЦСП находят как точку пересечения осей этих путей, каждая из которых провешивается с помощью теодолита.

Если стрелочный перевод расположен на кривой, то ЦСП находят как точку пересечения двух осей, одна из которых параллельна рельсу (основной путь), а другая параллельна рабочей грани крестовины (боковой путь).

Центр стрелочного перевода заводского изготовления (с литым сердечником крестовины), расположенного на прямом пути, можно определять, откладывая по направлению прямого пути расстояния от хвоста крестовины до центра перевода, согласно данным, приведенным в табл. 6.14.

Таблица 6.14

Параметры стрелочного перевода

Тип рельса	Угол крестовины α	Расстояние до ЦСП, м		Полная длина перевода L , м
		от МЦК l	от хвоста крестовины b	
Марка крестовины 1/11				
P 65	5°11'40"	16,80	19,35	33,27
P 50	5 11 40	16,80	19,10	33,53
P 43	5 11 40	16,80	19,10	33,53
P 38	5 11 40	16,80	18,97	32,03
Марка крестовины 1/9				
P 65	6 20 25	13,76	15,85	31,04
P 50	6 20 25	13,76	15,64	31,06
P 43	6 20 25	13,76	19,10	32,03
P 38	6 20 25	13,76	15,41	28,24
Марка крестовины 1/16				
P 50	9 27 45	9,24	10,59	20,54
P 43	9 27 45	9,24	10,41	17,36

Расстояние b от хвоста крестовины до центра стрелочного перевода можно вычислить по формуле

$$b = \frac{s + c + \Delta}{M}, \quad (6.7)$$

где s – ширина колеи; c – ширина хвоста крестовины; M – марка крестовины; Δ – поправка (для $M = 1/9$ $\Delta = 4$ мм, для $M = 1/11$ $\Delta = 6$ мм).

Например, при $s = 1524$ мм, $c = 210$ мм, $M = 1/9$ получаем $b = 15,64$ м.

Расстояние l от МЦК до центра стрелочного перевода связано с шириной колеи s и углом крестовины α математическим соотношением:

$$l = \frac{s}{2 \operatorname{tg}(\alpha/2)}. \quad (6.8)$$

Для приближенного расчета, дающего несколько заниженный результат на 3-5 см, можно использовать формулы $l = s/\operatorname{tg} \alpha$ или $l = s/M$.

Для определения координат ЦСП включают в теодолитные ходы или определяют их полярным методом дважды и независимо.

Железные дороги на специальных планах изображают в осях и отклоненный путь показывают обычно непосредственно от ЦСП. На топографических планах масштаба 1:500, где железные дороги показывают двумя линиями, требуется более детальное размещение путей, в связи с чем следует учитывать радиусы r переводных кривых, которые для марок крестовин 1/6 и 1/9 равны порядка 200 м и для марки крестовины 1/11 – порядка 300 м.

Съемка железнодорожных путей в плане. Съемка железных дорог в плане выполняется *по осям*. Положение железных дорог в плане определяется центрами стрелочных переводов (ЦСП), началом и концом переходных и круговых кривых (*НПК, НКК, ККК, КПК*), радиусами кривизны R , вводами путей в цехи, упорами тупиковых путей. Важными точками, характеризующими положение пути в плане, являются вершины углов (**ВУ**) с их углами поворота пути φ .

В процессе съемки для каждого пути, начиная, как правило, от ЦСП, разбивается или рассчитывается по аналитическим данным *пикетаж*.

Центры стрелочных переводов, **ВУ** поворота, вводы в цехи, упоры тупиковых путей, а также углы поворота путей, не характеризующиеся выраженной кривой, но изменяющие направление пути, *подлежат координированию*. Координаты вершин углов, которые нельзя или нецелесообразно выносить на местность, определяют вычислением точки пересечения осей прямых участков пути.

В местах поворота путей прямые участки или непосредственно сопрягаются друг с другом посредством круговой кривой, или сопрягаются через круговую и переходную кривую, радиус которой изменяется от бесконечности (на прямой) до радиуса R круговой кривой. Определить в процессе съемки визуально наличие переходной кривой, особенно малой величины, начало и конец ее сопряжения с круговой кривой не всегда представляется возможным ввиду неопределенности их положения на местности. Для целенаправленной постановки работы надо знать, что переходная кривая существует или, по крайней мере, что она проектировалась. Если такой информации нет, то снимают закругление *как круговую кривую*, а если возникают *аномалии*, то это указывает на существование переходной кривой. Решение о наличии переходных кривых может быть принято на основании нормативных требований к устройству переходных кривых на железных дорогах промышленных предприятий (табл. 6.15).

Таблица 6.15

Длина переходных кривых, м

Радиус круговой кривой R , м	Максимальная скорость движения V , км/ч		
	40-65	25-40	менее 25
2 000-15 000	20-00	0	0
1 400-1 000	40-20	20-00	0
900-700	60-40	20-00	0
600-400	80-60	20-20	0
350-200	80-60	40-20	0
200-180	-	60-40	20-00
150-100	-	80-60	40-20
80	-	80-60	60-40
60	-	-	60-40

Точки начала и конца кривых (*НК* и *КК*) участков находят обычно визуально, определяя и фиксируя момент схода со створа рельса передвигаемой вешки или шпильки. Створ намечают двумя четкими визирными знаками на расстоянии 30-40 м друг от друга, а вешку (шпильку) передвигают вдоль рельса до тех пор, пока станет заметным ее отклонение от

створа или вход в створ (при обратном движении). Всю операцию повторяют 2-3 раза и найденную точку отмечают на местности краской, кольшком или штырем. Для уменьшения погрешности, особенно при наличии переходной кривой или кривой большого радиуса, определение *НК* и *КК* выполняют по обоим рельсам.

Найденные *НК* и *КК* фиксируют пикетажем (измерением на местности или расчетом), привязывают к ближайшим закоординированным точкам на прямом участке пути или определяют их плановое положение одним из методов топографической съемки.

Местоположение вершины угла (*ВУ*) определяют обычно пересечением прямых участков пути, после чего на полученной точке измеряют угол поворота φ , тангенс *T* и биссектрису *Б*, по которым вычисляют радиус *R* и длину кривой *K*, используя известные соотношения между элементами кривой.

Нивелирование железнодорожных путей. Высотная съемка железнодорожных путей выполняется геометрическим нивелированием по головкам рельсов, а также нивелированием поперечных профилей, если это предусмотрено техническим заданием. В качестве абриса используется схема дорог, на которую наносят пикеты нивелирования и местоположения поперечных профилей.

Нивелирные ходы или системы ходов, прокладываемые для высотной съемки путей, должны опираться не менее чем на два исходных пункта. Превышение пикетов получают по двум сторонам рейки. Для контроля с каждой станции определяют высоты одного-двух пикетов, полученные с другой станции.

Продольный профиль нивелируют по головке какого-либо одного рельса, обычно левого, по направлению пикетажа, и всегда левого – по ходу километража. На кривых участках пути нивелируют головку *внутреннего* рельса. Переход нивелирного пикетажа на внутренний рельс делается примерно за 50-70 м до начала и после окончания кривой, но не далее стрелочного перевода. При обратных кривых с короткой прямой вставкой переходят с одной кривой на другую на середине прямой вставки.

Высоты определяют не реже чем через 40 м. Плановое положение точек нивелирования фиксируется по элементам ситуации плана или пикетажом. Нивелированию также подлежат: характерные изменения профиля пути; вводы путей в цехи, тупики; остряки и ЦСП; начало, конец и ось искусственного сооружения; подферменные площадки на устоях и быках, уровень горизонта воды в пересекаемом водоеме или водотоке; оси переездов, другие элементы согласно техническому заданию и программе работ. По результатам нивелирования составляют продольный профиль в заданном масштабе.

Поперечные профили располагают перпендикулярно к оси пути, обычно через два-три пикета и в характерных местах. Расстояния от оси пути до нивелируемых точек поперечного профиля измеряют с точностью 0,1 м. Нивелированию на поперечном профиле подлежат: головка рельса (*ГР*), бровка балластной призмы (*ББ*), подошва балластной призмы (*ПБ*), бровка полотна (*БП*), точка перелома откоса насыпи или выемки (*О*), подошва

насыпи (*ПН*), бровка резерва (*БР*), дно резерва (*ДР*), характерные по рельефу точки земли (*Т*), конец поперечного профиля (*КП*), верх кавальера (*БК*), подошва кавальера (*ПК*), бровка канавы (*БК*), бровка выемки (*БВ*), дно канавы или кювета (*ДК*). Концы поперечных профилей закрепляют на местности колышком со сторожкой с указанием на нем номера поперечного профиля, пикета и расстояния до оси пути.

Поперечные профили составляют в масштабах (горизонтальный и вертикальный) 1:100 или 1:200 в зависимости от задания и располагают в порядке возрастания их номеров. Местоположение поперечных профилей показывают на специальном плане железных дорог, а иногда указывают также на продольном профиле пути.

При съемке территории в масштабе 1:500 поперечные профили, как правило, не нивелируются и не составляются. Данная работа выполняется по специальному требованию задания для сложных участков пути: большие выемки или насыпь, вблизи подпорной стенки и др.

Составление планов и ведомостей железных дорог.

Топографический план из-за его загруженности не может вместить все необходимые сведения по железным дорогам, поэтому часть информации переносится на специальные материалы и документы: сводный план и ведомость железных дорог, ведомость обмера стрелочных переводов, продольные и поперечные профили по железным дорогам, чертежи и эскизы искусственных сооружений.

На топографическом плане показывают все пути в принятых условных знаках или в осях (по согласованию в установленном порядке), ЦСП с их номерами и маркой крестовины, механизмы переводов, отметки по головкам рельсов, а также все сооружения и инженерные коммуникации на железных дорогах.

На сводном плане железных дорог, составляемом обычно в масштабе 1:1000, показывают: все пути (в осях); ЦСП с их номерами и марками крестовины; механизмы переводов, начала и концы кривых, вершины углов, пикетаж; значения радиусов, углов поворота и тангенсов; высотные отметки; местоположение поперечных профилей (поперечников); основные цехи и сооружения на железных дорогах, переезды, искусственные сооружения на железных дорогах.

Исполнительная съемка автомобильных дорог

В состав исполнительной съемки автомобильных дорог входят следующие виды работ: съемка дорог в плане и по высоте; съемка и обследование искусственных сооружений; обследование состояния дорог; горизонтальная и высотная съемка территории в установленных техническим заданием границах; съемка и обследование инженерных коммуникаций. Необходимый состав и методы работ определяются программой, составленной на основе технического задания, и зависят от того, является ли

съемка автомобильных дорог самостоятельной работой или выполняется совместно с инженерно-геодезической съемкой территории предприятия.

Полевой работе по специальной съемке автомобильных дорог предшествует сбор и систематизация имеющихся проектных и эксплуатационных материалов по существующим автомобильным дорогам, а также материалов прежних исполнительных съемок. На основании полученных сведений составляют план-схему автомобильных дорог, на котором показывают:

- автомобильные дороги, их названия и номера;
- вид дорожного покрытия по дорогам и отдельным участкам дорог;
- искусственные сооружения на дорогах (мосты, трубы и т.п.);
- знаки дорожной сигнализации (при необходимости).

Составленный по имеющимся материалам план-схему автомобильных дорог уточняют и дополняют в процессе рекогносцировки, а затем согласовывают с транспортной службой предприятия. Одновременно с решением технических задач рассматриваются вопросы техники безопасности, связанные с работой на автомобильных дорогах и вблизи них.

Съемка дорог в плане. При крупномасштабной съемке довольно редко предусматривается специальная съемка внутривоздушных автомобильных дорог, так как при проектировании все основные сведения получают непосредственно с топографического плана.

При специальной съемке автомобильных дорог определяют: местоположение оси дороги (оси проезжей части) в системе координат предприятия, элементы кривых, ширину полотна и дорожного покрытия, начало, конец и ось искусственных сооружений, места пересечения с подземными коммуникациями, линиями электропередачи и связи; производят съемку ситуации в границах заданной полосы в пределах застройки или по 25 м в обе стороны от оси дороги. Подземные коммуникации, проходящие параллельно дороге, обследуют при наличии специального задания. Методы съемки автомобильных и железных дорог в основе своей аналогичны.

Съемка подъездных автомобильных дорог выполняется полосой местности заданной ширины или трассированием (проложением хода) по обочине (реже по проезжей части). В процессе съемки определяют указанные элементы и характеристики дороги.

Начало пикетажа принимают обычно в точке пересечения осей дорог или в другой характерной точке. Долговременное закрепление оси или съемочного хода осуществляют из расчета два-три пункта на километр дороги с обеспечением между ними взаимной видимости. Ось дороги закрепляется створными знаками, устанавливаемыми обычно перпендикулярно к оси дороги. *Вершины углов* поворота закрепляют двумя створами. На застроенной территории, где по условиям местности нельзя или нецелесообразно устанавливать долговременные знаки, точки оси дороги и углы поворота привязываются не менее чем тремя промерами к твердым элементам ситуации – к углам домов и сооружений, опорам, колодцам и т.п. Результаты привязки, а также положение закрепляющих знаков, расстояния

между ними и расстояния от них до точек на оси дороги показывают на плане трассы на отдельных выносках или в специальных чертежах привязок.

Для обеспечения безопасности выполнения полевых работ трассируют обычно по обочине дороги с перенесением камеральным путем пикетажа на ее ось. Положение $ВУ$, если позволяет местность, определяют следующим образом. Сначала в точке пересечения направлений, расположенных на одинаковом расстоянии d от оси, находят условную вершину $ВУ_{усл}$. В этой точке измеряют угол поворота φ и по биссектрисе откладывают расстояние l до фактической вершины $ВУ$, вычисляемое по формуле

$$l = d/\cos(\varphi/2) . \quad (6.9)$$

При съемке кривых определяют их начало и конец, радиус круговой кривой R , угол поворота φ , тангенсы T , длину кривой K , а также замеряют уширение проезжей части дороги и земляного полотна. Съемку кривых и определение их параметров производят обычно теми же методами, что и съемку кривых железных дорог.

Если трассирование выполняют по обочине, то начало и конец кривой фиксируют на линии прокладываемой трассы, измеряют тангенсы и по величинам φ и T находят значение $R_{усл}$. Радиус дороги по ее оси вычисляют по формуле

$$R = R_{усл} - d . \quad (6.10)$$

Согласно полученному радиусу и углу поворота вычисляют значения остальных элементов кривой, а ее длину K учитывают в пикетаже по оси дороги.

На территории промышленных предприятий автодороги часто поворачивают под прямым углом. В этом случае достаточно вынести $ВУ$ по внешнему борту дороги, измерить биссектрису B и тангенсы T_1 и T_2 и вычислить радиус по оси дороги: $R = R_1 - (b/2)$, где R_1 – радиус внешнего края проезжей части, b – ширина проезжей части дороги.

Это соотношение действительно при наличии только круговой кривой, поэтому радиус R_1 следует вычислять как через биссектрису, так и по тангенсам и при достаточной сходимости принимать значение радиуса. В противном случае надо измерять хорды и стрелки прогиба.

Нормами проектирования для внутризаводских автомобильных дорог предусматривается устройство переходных кривых, поэтому при съемке надо учитывать возможность их наличия. Длины L (в м) переходных кривых в зависимости от радиуса R круговой кривой и расчетных скоростей движения V_1 (80-100 км/ч) и V_2 (60 км/ч) приведены ниже:

$R, м$	15	30	50	80	100	150	200	250	300
L , при V_1 , м.....	20	30	35	45	50	60	70	80	90
L , при V_2 , м.....	20	30	35	45	50	45	40	30	-

Переходные кривые могут соединяться одна с другой без круговой кривой непосредственным сопряжением их между собой. На перекрестках дорог переходные кривые не предусматриваются. Выявление переходных кривых, определение их размеров и положения выполняется аналогично съемке железных дорог: методом хорд, координированием, графически и т.п.

Искусственные сооружения (мосты, путепроводы, водопропускные трубы и т.п.) обследуются при наличии специального задания в таком составе: делается общая зарисовка, указывается материал сооружений по основным показателям (металл, железобетон, дерево и т.п.), показывается число отверстий, их диаметр или сечение (устои), делаются основные промеры по длине и ширине сооружения. На основании таких обследований составляются эскизы, а необходимые детали и характеристики приводятся на топографическом плане автомобильных дорог и на продольном профиле.

Нивелирование автомобильных дорог. Высотные отметки получают по оси дороги через 40 м, а также во всех характерных местах изменения продольного профиля: на перекрестках и переездах; в местах пересечения дороги подземными и воздушными коммуникациями; в начале, середине и конце искусственных сооружений. Кроме того, определяют отметки водопропускных труб (на входе и на выходе), верха устоев мостов, колодцев инженерных коммуникаций, пересекающих дорогу, и находящихся в них труб, высоты подвесок нижних проводов в местах пересечения дороги, а также другие отметки согласно заданию и программе.

По результатам нивелирования составляют продольные профили по дорогам.

Земляное полотно и непосредственно прилегающие к дороге участки в высотном отношении характеризуются *поперечными профилями*, которые разбивают через 20-40 м в зависимости от условий местности или через другие промежутки согласно заданию и программе работ. Обязательно разбиваются и нивелируются поперечные профили в местах изменения поперечного уклона местности, при прохождении дороги в насыпи и выемке грунта и в других характерных случаях.

Длина поперечных профилей определяется линией застройки, заданными границами и, как правило, бывает не менее 10 м от оси дороги. На поперечных профилях в застроенной территории определяют отметки фасадных линий, тротуаров, верха и низа бордюрного камня, оси проезда и других точек, характеризующих поперечный профиль. На незастроенных территориях нивелируют также обочину, верх и низ кювета, другие характерные элементы. На поперечном профиле должны быть по три отметки проезжей части: на оси и по краям дорожного покрытия.

Нивелирование колодцев, искусственных сооружений, дорожного покрытия и других твердых элементов выполняется по двум сторонам рейки.

На территории, где осуществляется комплексная инженерно-геодезическая съемка, специальное продольное и поперечное нивелирование автомобильных дорог, как правило, не выполняется, профили не составляются, а полученные отметки на дорогах, коммуникациях приводятся на топографическом плане.

Составление планов, профилей и ведомостей автомобильных дорог. Планы составляются в общепринятых условных знаках, на них показывают

координатную сетку, направление север-юг, местоположение продольных профилей, пикетаж, элементы кривых, координаты вершин углов и точек пересечения дорог (на выносках), знаки долговременного закрепления.

Продольные профили составляют в горизонтальном масштабе, аналогичном масштабу съемки. Вертикальный масштаб принимают крупнее горизонтального в десять раз.

Поперечные профили составляют в одинаковом горизонтальном и вертикальном масштабах, как правило, 1:100 или 1:200. Номера профилей даются по ходу пикетажа, а их положение отмечают на плане дороги и продольном профиле.

Ведомость автомобильных дорог обычно составляется в том случае, когда на плане трассы из-за его загруженности нет возможности поместить все необходимые сведения.

6.4.3. Исполнительная съемка вертикальной планировки

Исполнительная съемка законченной вертикальной планировки выполняется *способами* нивелирования поверхности и проложения отдельных нивелирных ходов по характерным точкам. В процессе исполнительной съемки *нивелируют точки*: по отстоям зданий; пересечений и переломов профиля дорог, тротуаров, проездов; по дну открытых лотков, водоотводных каналов, кюветов; у решеток дождеприемников.

В открытых местах нивелирование производится по квадратам со сторонами 10-20 м или по поперечникам.

На исполнительной схеме показывают отклонения, допустимые значения которых (для городских территорий) указаны в табл. 6.16.

Таблица 6.16

Допустимые отклонения при вертикальной планировке

Отклонения	Величина отклонений
1. Отклонение уклона спланированной территории на расстоянии 50 м от проектного, %	1
2. Отклонение уклона водоотводных каналов и лотков на расстоянии 50 м от проектного, %	0.5
3. Отклонение оси земляного сооружения от проектной оси, м	0.05

6.5. СОСТАВ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Исполнительная геодезическая документация состоит из *внутренней и приемо-сдаточной*.

Внутренняя исполнительная документация составляется на *незавершенный* строительный-монтажный этап и *содержит*:

- исполнительные схемы разбивки контуров котлована;
- исполнительные схемы и акты разбивки промежуточных осей;
- акты разбивки свайных полей;

- исполнительные схемы и акты по готовым опалубкам;
- акты детальной разбивки на монтажных горизонтах под монтаж цоколя, этажа, яруса;
- исполнительные схемы нивелирования бетонных подготовок под полы;
- рабочие схемы по установке маяков.

Внутренняя исполнительная документация *не предъявляется* рабочей и государственной комиссиям при сдаче объекта в эксплуатацию.

Приемо-сдаточная исполнительная документация составляется на *завершенный* этап строительно-монтажных работ и *представляется* авторскому надзору, органам Госархстройконтроля, генподрядным (субподрядным) организациям, заказчику, рабочим и государственным комиссиям по приемке объекта в эксплуатацию.

Приемо-сдаточная исполнительная документация *содержит*:

- исполнительные планово-высотные схемы и акты по готовому котловану, земляному полотну дорог и другим земляным сооружениям;
- исполнительные планово-высотные схемы свайных полей;
- исполнительные планово-высотные схемы и акты готовых фундаментов (монолитных, сборных, свайных и др.);
- исполнительные планово-высотные схемы колонн;
- исполнительные планово-высотные схемы монтажа ферм и балок;
- исполнительные планово-высотные схемы подкрановых балок и подкрановых путей;
- исполнительные планово-высотные схемы и акты фундаментов под технологическое оборудование и их элементы;
- исполнительные поэтажные планово-высотные схемы зданий (сооружений) в кирпичном, крупноблочном, крупнопанельном исполнениях;
- исполнительные схемы высотной съемки полов, а также плит перекрытий и покрытий в промышленных зданиях;
- исполнительные планово-высотные схемы по лифтовым шахтам;
- исполнительные планово-высотные схемы подъездных путей;
- исполнительные планово-высотные схемы по благоустройству.

Геодезическая исполнительная документация *хранится* в производственно-техническом отделе и геодезической службе строительно-монтажной организации и у заказчика, а также *передается* эксплуатирующей организации, в геофонд, держателям кадастра и другим организациям.

6.6. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН

По окончании строительства объекта (жилого массива или промышленного комплекса) составляется **исполнительный генеральный план**. Он является окончательной проверкой правильности выноса проекта на местность в соответствии с требованиями строительных допусков.

Исполнительный генеральный план крупного объекта состоит из целого комплекса дополняющих друг друга документов, в который входят:

- исполнительный план территории площадки в масштабе 1:500;
- исполнительные планы сложных участков застройки, узлов и установок в масштабе 1:200;
- сводный план инженерных коммуникаций в масштабах 1:1000 – 1:2000 с приложением каталога координат, эскизов колодцев и опор инженерных сетей;
- сводный план железнодорожных путей и автодорог в масштабе 1:2000;
- сводный план (с координатами) надземных зданий и сооружений в масштабе 1:2000 с приложением альбома обмерных чертежей;
- технический отчет о геодезических работах, выполненных на строительной площадке.

Для небольших объектов часть отчетной документации объединяется.

Исполнительный генеральный план строительной площадки составляют по материалам *исполнительных съемок*. В отличие от проектного генплана, на котором здания наносят по осям, на исполнительном генеральном плане показывают здания (сооружения) по их фактическим размерам со всеми выступами, отмостками, кюветами и т.д.

Исполнительные генеральные планы бывают следующих видов: *текущий (оперативный)*, составляемый в процессе строительства; *окончательный*, составляемый по завершении строительства.

Текущий генеральный план ведется с начальной стадии работ. Он отражает весь ход строительства постоянных, вспомогательных и временных сооружений. План составляется в масштабе 1:1000 или 1:2000 в зависимости от размеров площадки и сложности сооружений. На основании текущего плана периодически составляют *дежурный план* строительства в масштабе 1:2000 – 1:5000, на котором по отдельным объектам условными знаками (штриховкой и раскраской) показывают выполненные стадии работ. На крупных стройках для этой цели целесообразно применять крупномасштабную аэрофотосъемку, по материалам которой составляют фотосхемы и фотопланы в масштабе 1:2000 – 1:5000, дающие наиболее полное и наглядное представление о ходе строительства.

Окончательный исполнительный генеральный план составляется после завершения строительства. Он является основным техническим документом построенного сооружения, по которому решают все инженерные задачи по его эксплуатации, реконструкции и расширению. Комплект окончательного исполнительного генерального плана содержит:

- общий (сводный) генеральный план в масштабе 1:1000 - 1:2000;
- генеральные планы отдельных установок и сложных узлов в масштабе 1:200 – 1:500;
- специализированные планы коммуникаций в масштабе 1:1000 – 1:2000.

Для небольших объектов общий генеральный план составляется в масштабе 1:500, для крупных объектов – в масштабе 1:2000 – 1:5000.

Все здания и сооружения наносят на генплан *по исполнительным координатам*. Детальную конфигурацию построек и расположение колодцев в коммуникациях и опор в воздушных линиях наносят *по результатам натурных промеров*.

После тщательной корректуры и проверки генеральный план вычерчивают цветными условными знаками для улучшения его читаемости и наглядности. К окончательному генеральному плану прилагается:

- а) схема геодезической основы площадки с каталогами координат пунктов и отметками реперов;
- б) полевая геодезическая документация;
- в) исполнительные профили по всем видам коммуникаций;
- г) пояснительная записка по геодезическим работам и наблюдениям за осадками и деформациями сооружений в период строительства.

6.7. ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ СЪЕМОК

Фотограмметрический метод исполнительных съемок заключается в определении пространственного положения точек объекта *прямой фотограмметрической засечкой*. Измерение углов заменяется измерением плоских координат точек объекта, отображенного на снимке. За начальное направление (ось Y) берется главная линия, соединяющая главную точку снимка и оптический центр объектива. Направление этой линии определяется ориентирующим устройством фототеодолита. Пространственное положение точки, изображившейся на двух перекрывающихся снимках, полученных с некоторого базиса, определяется по формулам

$$\left. \begin{aligned} X &= Y \frac{x_1}{f}; \\ Y &= \frac{B}{P} f; \\ Z &= Y \frac{z_1}{f}, \end{aligned} \right\} \quad (6.11)$$

где x_1 , z_1 – плоские прямоугольные координаты фотоизображений точки в системе координат левого снимка стереопары; P – горизонтальный параллакс; B – базис фотографирования, т.е. горизонтальная проекция расстояния между левой и правой станциями фотографирования; f – фокусное расстояние камеры, определяющее положение центра проектирования; X , Y , Z – пространственные координаты точки в прямоугольной фотограмметрической системе координат, за начало которой принята *левая станция базиса фотографирования*; ось X направлена вдоль базиса, а ось Y – *по нормали к нему*.

Переход от фотограмметрических координат к геодезическим выполняется по формулам

$$\left. \begin{aligned} X_r &= X_s + Y \cos \alpha - X \sin \alpha ; \\ Y_r &= Y_s + Y \sin \alpha + X \cos \alpha ; \\ Z_r &= Z_s + Z = H_s + i + Z , \end{aligned} \right\} \quad (6.12)$$

где X_s , Y_s , Z_s – геодезические координаты центра *левой* станции фотографирования; α – дирекционный угол оптической оси камеры; i – высота фотообъектива над левой точкой базиса.

Состав полевых и камеральных работ при фотограмметрической съемке включает:

- вынесение и закрепление вспомогательных осей, параллельных основным осям здания;
- закрепление станций фотографирования и опорных точек на всех вспомогательных осях.

Величина расстояния между вспомогательными осями определяется по формуле

$$Y_0 = \frac{Bf}{P_0} , \quad (6.13)$$

где P_0 – продольный параллакс. Базис фотографирования B принимается равным $\frac{1}{4}$ отстояния до ближайшей снимаемой точки.

Минимально допустимая длина базиса и максимальное отстояние, обеспечивающее заданную точность m_l положения точек, вычисляется по формуле

$$B = \frac{Y^2}{fm_l} m_p , \quad (6.14)$$

где Y – максимальное отстояние дальней границы снимаемого участка; m_p – средняя квадратическая погрешность измерения горизонтального параллакса ($m_p = 0,01$ мм).

Максимальное значение базиса, исходя из возможности получения стереоэффекта, для точек ближнего плана не должно превышать $B \leq 0,25Y_{\min}$. Соответственно продольный параллакс не должен превышать $P \leq 0,25f$.

Оптическую ось следует устанавливать ориентирующим устройством под углом 90° к створу оси. Снимку присваивается номер станции фотографирования. Станции должны иметь сквозную нумерацию по объекту.

Перед фотографированием на противоположной и вспомогательной оси против каждой станции следует установить штативы с марками в точках, намеченных для станций фотографирования с этой оси.

Расстояние до любой отображенной на снимке точки объекта определяется по формуле

$$Y_i = \frac{Y_0 P_0}{P_i}. \quad (6.15)$$

Окончательными результатами измерений являются величины отклонений ΔY , строительных элементов от разбивочной оси:

$$\Delta Y_i = D + \Delta Y_k - Y_0 + Y_{i\phi}, \quad (6.16)$$

где D – расстояние между вспомогательной и разбивочной осями; ΔY_k – половина толщины конструкции; $\Delta Y_{i\phi}$ – расстояние, определяемое по измерениям стереопар.

В окончательном виде формула имеет вид

$$\Delta Y_i = D + \Delta Y_k - Y_0 + \frac{Y_0 P_0}{P_i}. \quad (6.17)$$

Величина x , определяющая расстояние между конструкциями по поперечной оси, определяется по формуле

$$x = \frac{Y_0 P_0}{P_i} (x_i - x_{i+1}), \quad (6.18)$$

где x_i – картинная координата предыдущей точки; x_{i+1} – то же последующей точки.

Общая погрешность $m_{откл}$, характеризующая точность определения отклонений элементов объекта, вычисляется по формуле

$$m_{откл} = \sqrt{m_k^2 + m_{p.o.}^2 + m_{изм}^2}, \quad (6.19)$$

где m_k – средняя квадратическая погрешность положения крайней риски на основной оси; $m_{p.o.}$ – то же передачи разбивочной оси; $m_{изм}$ – то же собственно измерения.

По окончании полевых работ представляется следующая документация:

- схема основных, разбивочных и вспомогательных осей с результатами измерений;
- журнал фотографирования;
- отснятые негативы;
- исполнительная схема по результатам измерений.

ГЛАВА 7. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА

7.1. ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА

Кадастр (франц. *cadastre*) – это систематизированный свод сведений, составленный периодически или путем непрерывных наблюдений над соответствующим объектом (например, земельный, лесной, городской и др.).

В земельном кадастре объектом является земля и все то, что находится на ней, над ней и под ней. Юридически в России земельный кадастр определяется Постановлением Правительства Российской Федерации «как государственная система необходимых сведений и документов о правовом режиме земель, их распределении по собственникам земли, землевладельцам и арендаторам, категориям земель, о качественной характеристике и народнохозяйственной ценности земель».

Объектом государственного земельного кадастра являются все земли независимо от формы собственности, целевого назначения и характера их использования.

Базовой единицей в кадастре является *участок*. Участок ограничивается площадью, который находится в руках одного или нескольких лиц. Владение может состоять из нескольких участков.

В кадастре каждого участка содержится информация о его местоположении, площади, стоимости, наличии объектов недвижимости (домов, строений, коммуникаций, дорог и т.п.), экологической среде, принадлежности и другие сведения природного, общественного и юридического характера.

Наиболее сложным и значительным по содержанию и объему информации является городской кадастр, так как для городов характерна высокая концентрация материальных ресурсов, сложная социальная и экологическая обстановка с быстротечным изменением ее во времени, разнообразие решаемых на городских землях задач.

Кадастровая информация может быть представлена в виде книги, картотеки или автоматизированной (компьютерной) базы данных.

В Российской Федерации ведение кадастра законодательно поручено Государственному Комитету по земельным ресурсам и землеустройству (Роскомзем) и его подразделениям при местных органах государственной власти.

7.2. СОДЕРЖАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ДЛЯ КАДАСТРА

Геодезические работы занимают в кадастре очень важное место. Их содержание определяется назначением кадастра и степенью его автоматизации. В большинстве случаев в состав кадастра входят следующие виды геодезических работ:

1. Подготовительные работы, в процессе которых собирают и анализируют следующие материалы:

- проект землеустройства;

- постановление административного органа об отводе земельного участка;
- договор о купле-продаже или аренде земельного участка;
- выписка из книги регистрации земельного участка;
- чертеж границ или топографический план земельного участка;
- схемы и каталог координат пунктов государственной или местной геодезических сетей;
- сведения об использовании земель.

2. *Полевое обследование пунктов опорной геодезической сети*, в процессе которого выясняют наличие и техническое состояние пунктов и намечают наиболее рациональную технологию проведения геодезических работ.

3. *Разработка технического проекта*, который включает: текстовую часть, графические материалы, смету затрат.

4. *Кадастровые съемки*, выполняемые аналогично топографическим. Базовым является масштаб 1:500, наиболее используемым – 1:2000, обзорно-справочным – 1:10000 и мельче.

На кадастровых картах и планах дополнительно показывают: границы земельных участков, владений, сельскохозяйственных и других земельных угодий; кадастровые номера и наименования земельных участков; дают экспликацию (описание) категорий использования земель и другие кадастровые сведения. Кадастровые карты и планы могут не содержать информацию о рельефе местности.

5. *Установление, согласование и закрепление на местности границ земельных участков*.

Установление и согласование границ земельного участка проводят на местности в присутствии представителя Государственной власти, владельцев или пользователей участка и участков, смежных с ним.

Закрепление границ земельных участков выполняют на поворотных точках межевыми знаками установленного образца (деревянные столбы высотой 75-80 см, металлические штыри и трубы, забитые в грунт на 0,4-0,6 м, конструктивные элементы инженерных сооружений).

В отдельных случаях, когда установка межевых знаков невозможна или нецелесообразна, допускается фиксирование отдельных (не всех) характерных точек границы в виде проектных координат.

6. *Определение координат межевых знаков* выполняется после их установки по результатам геодезических, фотограмметрических и картометрических измерений.

Для определения координат поворотных точек границ земельных участков применяют: спутниковые приемники, электронные тахеометры, светодальномеры, теодолиты, фотограмметрические приборы, дигитайзеры (от англ. *digit* – цифра, преобразователи графической информации в цифровую в виде координат отдельных точек, например, сканеры), другие приборы и средства измерений необходимой точности.

Все средства измерений должны соответствовать требованиям государственных стандартов и пройти ежегодный метрологический контроль.

Средняя квадратическая погрешность определения координат межевых знаков относительно геодезической основы не должна превышать: 0,10 м – для земель в черте городов; 0,20 м – для земель сельских населенных пунктов, пригородных зон, садовых товариществ и т.п. *Предельные погрешности* не должны превышать удвоенных значений указанных величин.

7. *Составление планов (чертежей границ) земельных участков* выполняют в масштабе основного кадастрового плана (или крупнее) по результатам установления и согласования границ.

8. *Определение площадей земельных участков* выполняют, главным образом, аналитически (по координатам межевых знаков) и в отдельных случаях графически (по картографическим материалам).

9. *Контроль и регистрация результатов кадастровых работ.*

Контроль результатов работ выполняется с целью выяснения и устранения возможных ошибок и несогласованности в процессе съемок. Кроме того, контролируют соблюдение требований технического задания и соответствующих инструкций на производство топографо-геодезических работ.

Регистрация результатов работ осуществляется переносом в специальный реестр, а также их отображением на кадастровых картах или планах.

10. *Ведение базовых данных.* Для систематизации и управления большими объемами текстовой и графической кадастровой информации создается и ведется база данных, предусматривающая не только хранение, но и оперативную выдачу ее потребителю.

Кроме указанных работ геодезист участвует в планировании, оценке состояния и стоимости земель, в разрешении возникающих споров.

7.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

7.3.1. Съемка земельных участков

Кадастровые съемки

Для решения разнообразных задач государственного земельного кадастра создаются базовые кадастровые карты и планы следующих масштабов (в зависимости от градации земель): 1:1000, 1:2000, 1:5000 – земли городов, поселков, пригородных зон, сельских населенных пунктов; 1:10000; 1:25000 – земли сельскохозяйственного назначения; 1:25 000, 1:50 000 – земли лесного и водного фондов, земли запаса и другие земли.

Кадастровые карты и планы получают по результатам топографических съемок или составляют по материалам съемок, как правило, более крупного масштаба со сроком давности *не более двух лет*.

Топографическая съемка местности при съемке земельных участков выполняется методами: горизонтальным, высотным (вертикальным), мензульным, тахеометрическим, нивелированием поверхности, наземным

фототопографическим, стереотопографическим, комбинированным, аэрофототопографическим, с использованием спутниковой геодезической аппаратуры (приемников GPS и др.), а также сочетанием различных методов.

Топографическая съемка должна выполняться, как правило, в благоприятный период года. Допускается выполнение съемки при высоте снежного покрова не более 20 см. Инженерно-топографические планы, составленные в результате (по материалам) съемки при высоте снежного покрова более 20 см, подлежат обновлению в благоприятный период года.

Наземную топографическую съемку следует производить в случаях, когда применение аэрофотосъемки экономически нецелесообразно, ее выполнение не представляется возможным или аэрофототопографический метод не обеспечивает требуемой точности составления планов.

Топографические планы могут быть представлены в *графическом* или *цифровом* видах (цифровой топографический план).

Результаты топографических съемок могут быть представлены в виде топографо-геодезических материалов для составления земельного кадастра и других кадастров, банков инженерно-геодезических данных, а также в виде геоинформационных систем (ГИС) поселений и предприятий соответствующего уровня.

Топографические планы создаются: на копиях (репродукциях) с фотопланов, изготовленных на жесткой основе; на малодеформируемых пластиках; на чертежной бумаге, наклеенной на жесткую основу.

Планы-оригиналы *одноразового пользования* небольших (до 1 км²) изолированных участков и узких полос на незастроенной территории допускается составлять на чертежной бумаге.

Цифровые топографические планы создаются на основе автоматизированных методов (передача информации с электронных накопителей геодезических приборов) или путем оцифровки графического изображения планов и последующей векторизации растровых файлов, полученных после сканирования планов.

При ограниченных объемах оцифровки топографических планов используются *дигитайзеры* со стандартной точностью не ниже 0,25 мм или с повышенной точностью (0,1 мм и выше) в зависимости от точности создаваемого плана или выполняется ручной ввод исходной информации по материалам топографической съемки.

Точность цифрового топографического плана должна быть не ниже точности топографического плана в графическом виде соответствующего масштаба. Информация цифрового топографического плана должна соответствовать действующим условным знакам для топографических планов.

При создании цифровых топографических планов и карт, банков инженерно-геодезических данных, геоинформационных систем (ГИС) поселений и предприятий, при других процессах автоматизированной обработки результатов топографических съемок должны использоваться утвержденные в установленном порядке классификаторы единой системы классификации и кодирования топографической информации – «Классификатор топографической информации. (Информация, отображаемая на картах и планах масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000)» и др.

Требования к производству и точности наиболее распространенных методов топографических съемок в крупных масштабах приведены в табл. 7.1.

Базовые кадастровые карты являются исходными для создания карт и планов земельного участка, села, поселка, сельского административного округа, административного района, города, области, края, республики.

Таблица 7.1

Требования к производству и обеспечению точности топографических съемок

Наименование	Горизонтальная и высотная (вертикальная) съемка	Мензульная съемка	Тахеометрическая съемка
1. Предельные расстояния, м, от прибора до четких контуров местности при измерении:			
электронным тахеометром при съемке в масштабах			
1:5000	-	-	1000
1:2000	750	-	750
1:1000	400	-	400
1:500	250	-	250
рулеткой (лентой) « - « - «			
1:5000	-	-	-
1:2000	250	-	250
1:1000	180	-	180
1:500	120	-	120
нитяным дальномером « - « - «			
1:5000	-	150	150
1:2000	100	100	100
1:1000	80	80	80
1:500	60	60	60
оптическим дальномером « - « - «			
1:5000	-	-	-
1:2000	180	-	180
1:1000	120	-	120
1:500	80	-	80
2. Предельные расстояния, м, от прибора до нечетких контуров местности при измерении:			
электронным тахеометром при съемке в масштабах			
1:5000	-	-	1000
1:2000	1000	-	1000
1:1000	600	-	600
1:500	375	-	375
рулеткой (лентой) « - « - «			
1:5000	-	-	-
1:2000	370	-	370
1:1000	270	-	270
1:500	180	-	180
нитяным дальномером « - « - «			
1:5000	-	220	220
1:2000	150	150	150
1:1000	120	120	120
1:500	90	90	90
оптическим дальномером « - « - «			
1:5000	-	-	-
1:2000	270	-	270
1:1000	180	-	180
1:500	120	-	120

Продолжение табл. 7.1

Наименование	Горизонтальная и высотная (вертикальная) съемка	Мензульная съемка	Тахеометрическая съемка
3. Предельные расстояния, м, от прибора до рейки при съемке рельефа и измерении длин линий нитяным дальномером: в масштабе 1:5000 при высоте сечения рельефа, м			
0,5	-	250	250
1,0	-	300	300
2,0	-	350	350
5,0	-	350	350
« - « - « 1:2000 « - « - «			
0,5	200	200	200
1,0	250	250	250
2,0	250	250	250
« - « - « 1:1000 « - « - «			
0,5	150	150	150
1,0	200	200	200
« - « - « 1:500 « - « - «			
0,5	100	100	100
1,0	150	150	150
4. Предельное расстояние между пикетами, м, при съемке: в масштабе 1:5000 с высотой сечения рельефа, м:			
0,5	-	70	60
1,0	-	100	80
2,0	-	120	100
5,0	-	150	120
« - « - « 1:2000 « - « - «			
0,5	40	50	40
1,0	50	60	50
2,0	60	70	60
« - « - « 1:1000 « - « - «			
0,5	20	30	20
1,0	30	40	30
« - « - « 1:500 « - « - «			
0,5	15	20	15
1,0	20	30	20
5. Предельные длины съёмочных ходов (тахеометрических и мензульных), м, при съёмке в масштабах:			
1:5000	-	1000	1200
1:2000	-	500	600
1:1000	-	250	300
1:500	-	200	200
6. Предельное число линий в съёмочных ходах (тахеометрических и мензульных), м, при съёмке в масштабах:			
1:5000	-	5	6
1:2000	-	5	5
1:1000	-	3	3
1:500	-	2	2
7. Предельные длины сторон в съёмочных ходах (тахеометрических и мензульных), м, при съёмке в масштабах:			
1:5000	-	250	300
1:2000	-	200	200
1:1000	-	100	150
1:500	-	100	100
8. Предельная длина направления засечки, м, при съёмке в масштабах:			
1:5000	-	600	-
1:2000	50	300	-
1:1000	50	150	-
1:500	50	-	-

Наименование	Горизонтальная и высотная (вертикальная) съемка	Мензуральная съемка	Тахеометрическая съемка
9. Погрешность центрирования, см, при съемке в масштабах:			
1:5000	-	25	1
1:2000	-	10	1
1:1000	-	5	1
1:500	-	5	1
10. Длины перпендикуляров, м, (без эскера / с эскером) при съемке в масштабах:			
1:2000	8 / 60	-	-
1:1000	6 / 40	-	-
1:500	4 / 20	-	-
11. Предельные невязки съёмочных (тахеометрических и мензуральных) ходов длиной S , м, и с числом линий n :			
по высоте, см	-	$0,04S$	$0,04S$
		\sqrt{n}	\sqrt{n}
в плане, м	-	-	$\frac{S}{400\sqrt{n}}$

Примечания.

1. Съёмка в масштабе 1:500 основных углов капитальных зданий (сооружений) с измерением расстояний нитяным дальномером не допускается.

2. Допускается продолжение висячих ходов с двумя переходными точками от аналитического определенных пунктов (точек) при съёмке в масштабах 1:5000 и 1:2000 и с одной переходной точкой при съёмке в масштабах 1:1000 и 1:500.

Составление чертежей границ и планов земельных участков

Работы по составлению чертежа границ (плана) земельного участка начинаются после установления, согласования и закрепления на местности его границ межевыми знаками и содержат следующие виды работ: создание геодезической основы; определение координат межевых знаков; горизонтальную съёмку объектов недвижимости в границах участка; составление плана земельного участка.

Создание геодезической основы. Определение координат межевых знаков и горизонтальная съёмка земельных участков выполняются от пунктов геодезической основы, в качестве которой используются: государственные геодезические сети всех классов; геодезические сети сгущения 1 и 2 разрядов; специально создаваемая опорная межевая сеть (ОМС) с точностью взаимного положения пунктов порядка 0,05 мм в масштабе создаваемых карты или плана; постоянное съёмочное обоснование (пункты долговременной сохранности).

При недостаточной густоте существующих геодезических пунктов создается на их основе съёмочная геодезическая сеть (съёмочное обоснование) необходимой плотности.

Пункты съёмочной сети определяются проложением теодолитных ходов, построением триангуляционных (трилатерационных) съёмочных сетей, прямыми, обратными, комбинированными засечками и их сочетаниями, а также с помощью спутниковой геодезической аппаратуры (приемников GPS и др.).

Предельные погрешности положения пунктов плановой съемочной сети относительно исходных пунктов геодезической сети не должны превышать на открытой местности и на застроенной территории 0,2 мм в масштабе плана и 0,3 мм – на местности, закрытой древесной и кустарниковой растительностью.

Точки съемочной геодезической сети закрепляются, как правило, временными знаками (металлическими штырями, костылями, трубками, деревянными столбами и колыями и др.).

На застроенной территории в качестве точек постоянного съемочного обоснования должны использоваться углы капитальных зданий (сооружений), центры люков смотровых колодцев подземных коммуникаций, опоры линий электропередачи, граничные знаки и другие четко обозначенные предметы местности. На точки постоянного съемочного обоснования должны составляться отдельные каталоги.

На незастроенной территории не менее чем пятая часть съемочных пунктов должна закрепляться постоянными знаками типа «5 г.р.» и «6 г.р.».

Теодолитные ходы должны прокладываться по местности, удобной для линейных измерений.

Поворотные точки выбираются так, чтобы обеспечивались удобство постановки прибора и хороший обзор для ведения съемки.

Теодолитные ходы не должны пересекать исходные линии.

Длины сторон в теодолитных ходах не должны быть:

- на застроенных территориях более 350 м и менее 20 м;
- на незастроенных территориях более 350 м и менее 40 м.

Стороны в теодолитных ходах измеряются:

- светодальномерами и электронными тахеометрами двумя приемами в одном направлении (прием – два наведения на отражатель с тремя отсчетами в каждом наведении);
- оптическими дальномерами, стальными лентами и рулетками в прямом и обратном направлениях, при этом расхождение между прямым и обратным измерениями не должно превышать $1/2000$.

Теодолитные ходы между пунктами опорной геодезической сети прокладываются в виде отдельных ходов или систем ходов с узловыми точками.

Допускается проложение всячих теодолитных ходов с числом сторон не более трех. Длины всячих ходов на застроенных территориях должны приниматься соответственно с коэффициентом 0,7.

При развитии съемочной геодезической сети полярным способом с применением электронных тахеометров длины полярных направлений допускается увеличивать до 1000 м. Средняя квадратическая погрешность измерения горизонтальных углов не должна превышать $15''$.

Отдельный теодолитный ход должен опираться на два исходных пункта и два исходных дирекционных угла.

При создании съемочной сети допускаются:

- проложение теодолитного хода, опирающегося на два исходных пункта, без угловой привязки на одном из них. При этом для контроля

угловых измерений должны использоваться дирекционные углы на ориентирные пункты опорных геодезических сетей или дирекционные углы примыкающих сторон, полученные из астрономических или других измерений (со средней квадратической погрешностью не более 15");

- координатная привязка (без измерения примычных углов) к пунктам опорной геодезической сети при условии выполнения угловых измерений двумя приемами.

Предельные длины и предельные абсолютные невязки теодолитных ходов не должны превышать величин, указанных в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Предельные длины и предельные абсолютные невязки теодолитных ходов

Масштаб топографической съемки	Предельная длина теодолитного хода, км		Предельная абсолютная невязка теодолитного хода, м	
	между исходными геодезическими пунктами	между исходными пунктами и узловыми точками (или между узловыми точками)	застроенная территория, открытая местность на незастроенной территории	незастроенная территория, закрытая древесной и кустарниковой растительностью
1:5000	6,0	4,2	2,0	3,0
1:2000	3,0	2,1	1,0	1,5
1:1000	1,8	1,3	0,6	0,9
1:500	0,9	0,6	0,3	0,4

Примечание. При использовании для измерения сторон теодолитного хода светодальномеров и электронных тахеометров предельная длина хода может быть увеличена в 1,3 раза, при этом предельные длины сторон хода не устанавливаются, а количество сторон в ходе не должно превышать: при съемке в масштабах 1:5000 и 1:2000 в открытой местности – 50 и в закрытой – 100, при съемке в масштабе 1:1000 – 40 и 80 соответственно характеристике местности, а при съемке в масштабе 1:500 – 20.

Поправка за приведение длин линий к горизонту учитывается при величине угла наклона рельефа местности более 1,5°.

Линия с несколькими точками перегиба измеряется лентой или рулеткой по частям с определением угла наклона каждого отрезка между точками перегиба.

В длины линий, измеренные стальными лентами и рулетками, вводятся поправки за температуру, если разность температуры воздуха при компарировании и измерении линий превышает 8°С.

Поправки за компарирование вводятся, когда длина мерного прибора отличается от номинальной более чем на 1/10 000.

Центрирование теодолита и целей производится с помощью оптического центрира или отвеса с точностью до 3 мм.

Углы в теодолитных ходах измеряются теодолитами не менее 30-секундной точности одним приемом с перестановкой лимба между полуприемами (для теодолитов с двусторонней системой отсчета на величину, близкую к 90°, а для теодолитов с односторонней системой отсчета – в пределах 5°).

Расхождения значений угла между полуприемами не должны превышать 45".

Угловые невязки в теодолитных ходах и полигонах не должны превышать величины $f_{\beta} = 1' \sqrt{n}$, где n – число углов в ходе (полигоне).

Координаты точек постоянного съемочного обоснования (углов капитальных зданий и сооружений, центров люков смотровых колодезев, опор линий электропередачи и др.) определяются полярным способом с пунктов опорной геодезической сети и точек теодолитных ходов первого порядка. При этом расхождения (в минутах) между результатами измерений примыкающего угла в полуприемах не должны превышать величины $\Delta' = 50/L$, где L – расстояние в метрах до определяемой точки, которое не должно превышать длины мерного прибора (но не более 50 м). Предельные длины полярных направлений, измеряемые светодальномерами или электронными тахеометрами, не должны превышать 1000 м.

Съемочные сети в открытой местности взамен теодолитных ходов могут развиваться методами триангуляции (трилатерации) в виде несложных сетей многоугольников, цепочек треугольников или вставок отдельных пунктов, определяемых прямыми, обратными или комбинированными засечками.

Триангуляционные построения, включающие более двух определяемых пунктов, должны опираться не менее чем на две исходные стороны.

В качестве исходных сторон могут служить стороны триангуляции и полигонометрии 1 и 2 разрядов, а также специально измеренные с погрешностью не грубее 1:5000 базисные стороны. Разбитие сетей и цепочек треугольников, опирающихся на одну сторону (висячих), не допускается.

Предельная длина цепочки треугольников или расстояние между исходными пунктами, на которые опирается система треугольников, не должны превышать предельную длину теодолитного хода для соответствующего масштаба съемки (табл. 7.2).

Между исходными сторонами (пунктами) допускается построение не более:

20	треугольников	для	съемки	в	масштабе	1:5000,
17	«	«	«	«		1:2000,
15	«	«	«	«		1:1000,
10	«	«	«	«		1:500,

Углы треугольников должны быть не менее 20°, а стороны не короче 150 м.

Измерение углов производится теодолитами не менее 30-секундной точности *двумя круговыми приемами* с перестановкой лимба между полуприемами на 90°.

Расхождение приведенных к общему нулю одноименных направлений из разных приемов должно быть не более 45".

Невязка в треугольниках не должна превышать 1,5'.

В измеренные на точке углы должны вводиться поправки за центрировку и редукцию, если величины линейных элементов превышают 1:10 000 длин линий.

Определение точек *прямой засечкой* производится не менее чем с трех пунктов опорной сети, при этом углы между направлениями при определяемой точке не должны быть менее 30° и более 150° .

Определение точек *обратной засечкой* производится не менее чем по четырем исходным пунктам при условии, что определяемая точка не находится около окружности, проходящей через любые три исходных пункта.

Комбинированная засечка точки производится сочетанием прямых и обратных засечек с участием не менее чем трех исходных пунктов.

При создании съёмочной геодезической сети могут быть использованы: метод определения двух точек по двум исходным пунктам (задача Ганзена); линейные засечки с трех и более исходных пунктов.

Обработка результатов полевых измерений в съёмочной сети выполняется на ПЭВМ или с помощью других вычислительных средств. Уравнивание съёмочной сети производится упрощенными способами, если отсутствуют ходы более 2-го порядка.

В съёмочных сетях значения углов вычисляются до $0,1'$, а координат – до $0,01$ м.

Определение координат межевых знаков выполняется теми же способами и техническими средствами, что и в опорной сети. Особенно эффективным и гибким является полярный способ с контрольным промером линий между знаками или с повторным определением условных координат пунктов от произвольных станций (для вычисления расстояний между смежными пунктами решением обратных геодезических задач) в тех случаях, когда прямые линейные измерения невозможны или затруднены.

Средняя квадратическая погрешность положения межевого знака относительно исходных пунктов геодезической основы не должна превышать (в зависимости от градации земель): $0,10$ м – земли в черте города; $0,20$ м – земли пригородных зон, поселков, сельских населенных пунктов и другие земли.

Предельные погрешности не должны превышать удвоенных значений указанных величин.

Горизонтальная съёмка в масштабах 1:2000, 1:1000 и 1:500

Горизонтальная съёмка в масштабах 1:2000, 1:1000 и 1:500 производится способами перпендикуляров, створов, засечками, полярным и графоаналитическим (мензулой в сочетании с теодолитом или с помощью тахеометра с картографическим столиком) с обязательным обмером зданий по периметру.

Число пунктов съёмочного обоснования на 1 км² при съёмке застроенных территорий в масштабах 1:2000, 1:1000 и 1:500 должно быть не менее соответственно 8, 16, 32.

Технические требования к производству и точности горизонтальной съёмки приведены в табл. 7.1.

Съемка застроенной территории производится с пунктов геодезических сетей, съемочного обоснования и точек съемочных теодолитных ходов. Для этого вдоль улицы, в зависимости от условий съемки и ширины улицы, прокладываются один или два съемочных теодолитных хода.

Съемочные ходы, проложенные по двум сторонам улицы, связываются поперечными ходами на перекрестках улиц или в середине хода.

В населенных пунктах с прямолинейными улицами вместо съемочных ходов могут быть разбиты створные линии между пунктами геодезической основы, закоординированными углами кварталов или опорных зданий. Съемка ситуации производится способом перпендикуляров или засечек от точек створной линии, которая задается теодолитом.

Створные точки между пунктами геодезической основы определяются промерами от соответствующих пунктов с точностью не менее 1:2000.

При съемке *способом перпендикуляров* их длины измеряются один раз с точностью до 1 см и не должны быть больше приведенных в табл. 7.1.

Перпендикуляры более указанных значений подкрепляются линейными засечками, длина которых не должна превышать длины мерного прибора (20-50 м).

При съемке *полярным способом* углы измеряются теодолитом или электронным тахеометром при одном положении круга с погрешностью не более 1', а расстояния – мерной лентой, стальной рулеткой, оптическим дальномером или электронным тахеометром.

Съемка застроенных территорий *графо-аналитическим способом* выполняется в такой последовательности:

- определение координат углов кварталов и отдельных капитальных зданий и сооружений при проложении ходов съемочного обоснования и нанесение их на план;

- обмер габаритов зданий рулеткой;

- съемка строений и других контуров при помощи мензулы с пунктов геодезической основы и точек съемочного обоснования и измерение расстояний дальномером, рулеткой или лентой.

Производить съемку проездов с переходных точек и точек мензульных ходов не разрешается.

При обмере строений измеряют также расстояния между углами соседних зданий и строений, которые используются как контрольные промеры.

При съемке полярным и графоаналитическим способами максимальные расстояния от прибора до контуров не должны превышать значений, приведенных в табл. 7.1. При измерении расстояний лентой створ линии определяют теодолитом.

Способ прямых угловых засечек применяется там, где невозможно производить непосредственное измерение расстояний.

Для определения положения снимаемой точки измеряют два угла, примыкающих к базису. Базисом может быть сторона или часть теодолитного хода или любые два пункта планового обоснования, между которыми существует видимость.

Примычные углы измеряют одним полуприемом с точностью до 1'.

Угол при определяемой точке должен быть в пределах 30-150°.

Допустимые расстояния до твердых точек, определяемых прямой угловой засечкой, при съемках в масштабах 1:2000, 1:1000 и 1:500 составляют 400, 200 и 100 м соответственно, а до нетвердых точек – в три раза больше.

При съемке *способом линейных засечек* лента укладывается в створе съемочной линии и на ней выбирают две точки основания засечек с таким расчетом, чтобы они вместе с определяемой точкой составляли приблизительно равносторонний треугольник.

Точки основания засечек должны отмечаться на делениях ленты, соответствующих целым метрам. Длина стороны засечки измеряется стальной рулеткой и не должна превышать длины рулетки (20-50 м).

Углы кварталов, опорных зданий и других важных контуров определяются засечками с трех точек.

Съемка внутри кварталов, как правило, выполняется после окончания съемки проездов.

Перед производством внутриквартальной съемки на планшет с абрисов накладывается снятая ситуация проездов и фасадов.

Съемка внутри кварталов выполняется так же, как и съемка проездов. При наличии препятствий для съемки внутри кварталов с точек съемочного обоснования съемку можно выполнять с точек висячих теодолитных ходов, опирающихся одним концом на опорную точку. Длина и максимальное число линий в висячих ходах не должны превышать указанных в табл. 7.1.

При выполнении горизонтальной съемки все данные промеров наносят на абрис, который ведется на плотной бумаге в карандаше в условных знаках и с необходимыми пояснениями. Перерисовка абриса запрещается.

Составление плана земельного участка выполняется в той же последовательности, в какой производились работы при съемке (закоординированные точки углов кварталов и капитальных строений, проезды, внутренняя часть кварталов).

Составление плана по материалам съемки, выполненной методом перпендикуляров и засечек, начинается с нанесения на план линий и всех точек ходов, которые являются основаниями перпендикуляров или с которых были произведены засечки. От этих точек перпендикулярами и засечками наносят определяемые точки контуров и объектов местности.

Сначала на план наносят все главные строения и объекты, имеющие значения ориентиров. Внутриквартальная застройка наносится на план после нанесения застройки проездов. В последнюю очередь наносят контуры, определенные с висячих ходов. Правильность нанесения контуров на план контролируется в процессе составления по контрольным промерам, произведенным при съемке.

Нанесение точек контуров на план разрешается производить с помощью транспорта. Если полярные расстояния до твердых контуров превышают 30 м при съемке в масштабе 1:500, 60 м – при съемке в масштабе

1:1000, 120 м – при съемке в масштабе 1:2000, то накладка их производится по координатам.

Составленный план подлежит проверке на местности путем сравнения с натурой и проведения контрольных измерений.

Расхождения между расстояниями, взятыми с плана и полученными при контрольных промерах, не должны превышать 0,4 мм в масштабе плана.

При получении недопустимых расхождений проверяется правильность накладки точек на плане согласно данным абриса, а если ошибка не обнаружена, повторяют измерения в натуре.

Если в процессе составления плана обнаруживается несогласованность измерений или отсутствие необходимых промеров, то все уточнения также должны быть выполнены в натуре.

Камеральную обработку съемочных работ и составление плана целесообразно выполнять на ЭВМ с использованием компьютерных технологий.

План земельного участка может быть составлен также на основе имеющегося плано-картографического материала с определением координат точек границ земельного участка аналитическим, графическим и другими способами и по материалам дистанционного зондирования.

На плане земельного участка *показываются*: кадастровый номер (при его наличии), данные о собственнике (владелец, пользователь) и местоположении участка, его общая площадь, границы и гео данные на границе (дирекционные углы и длины линий), межевые знаки, границы зон ограничений (если такие имеются), капитальные здания, строения и сооружения и другие объекты недвижимости, прочно связанные с землей, масштаб плана, описание границ смежеств, сведения об изготовителе плана.

7.3.2. Вынос в натуру границ земельных участков

Вынос в натуру границ земельных участков выполняется *аналогично выносу на местность зданий и сооружений* на основе землеустроительного проекта, на котором показаны границы земельных участков, имеющих статус самостоятельных образований (районов, населенных пунктов, приусадебных, дачных, садово-огородных и др.). По данным землеустроительного проекта вычисляют разбивочные элементы и составляют разбивочный чертеж для выноса проектных точек наиболее целесообразным способом и обеспечивающим требуемую точность их положения.

Координаты выносимых в натуру точек вычисляют в системе координат исходного обоснования (государственной или местной).

Исходным геодезическим обоснованием являются все виды геодезических построений необходимой точности: триангуляция, трилатерация, полигонометрия, линейно-угловые сети, спутниковые определения и в ряде случаев теодолитные ходы.

Вынос в натуру точек границ землепользования выполняется от пунктов исходного обоснования всеми известными *способами разбивочных работ*: прямоугольных и полярных координат, перпендикуляров, засечек (линейных, угловых, створных) и другими геодезическими построениями.

Вынесенные в натуру точки *закрепляют* специальными *межевыми* знаками. Такими знаками могут быть также четкие и бесспорно опознаваемые надежные контурные точки (углы капитальных зданий и заборов, угловые точки угодий, пересечения дорог и т.п.). В этом случае определяют координаты этих точек путем геодезических измерений соответствующей точности.

Полученные данные переносят на кадастровые планы и в кадастровый банк данных.

Точность выноса границ землепользования определяется расчетом в зависимости от требуемой точности определения площади земельного участка.

Обычно координаты граничных точек городских участков площадью до 1 га определяют с точностью 2 см, а больших по площади – с точностью 5-10 см.

7.3.3. Выделение участка заданной площади

Выделение участка заданной площади S включает в себя разработку проекта отвода и вынос в натуру границ участка.

Разработка проекта отвода заключается в построении на топографическом плане граничных линий, образующих участок заданной площади S . В большинстве случаев заданную площадь участка получают перемещением только одной граничной линии. При этом возможны два случая: одна из конечных точек линии является заданной (фиксированной), т.е. неизменной (*проектирование треугольником*); линия перемещается параллельно заданному направлению, например, в самом общем случае параллельно линии известной длины a , расположенной на существующей (твердой) границе (*проектирование трапецией*).

Проект отвода составляется аналитическим, графическим или графо-аналитическим способом.

Проектирование треугольником (рис. 7.1, а). На местности необходимо построить точку B , чтобы линия, проходящая через нее и заданную точку A , отделила участок заданной площади S .

Аналитический способ. На местности вблизи предполагаемой точки B строят некоторую точку B_1 (рис. 7.1,а) и в полученной фигуре выполняют необходимые линейно-угловые измерения для вычисления ее площади S_1 (в том числе измеряют длину d предварительной граничной линии AB_1 и внутренний угол β на точке B_1).

Недостающая или избыточная площадь к заданному участку $\Delta S = S_1 - S$ есть площадь некоторого треугольника, боковыми сторонами

которого являются предварительная AB_1 и окончательная AB граничные линии. Высоту h этого треугольника можно вычислить по формуле

$$h = d \sin \beta, \quad (7.1)$$

а основание a , необходимое для построения окончательной границы участка, вычисляется по формуле

$$a = \frac{2\Delta S}{h}. \quad (7.2)$$

Вынос окончательной границы выполняется от предварительной точки B_1 отложением вычисленного отрезка a в соответствующую сторону (внутрь фигуры, если $\Delta S > 0$, и наружу, если $\Delta S < 0$).

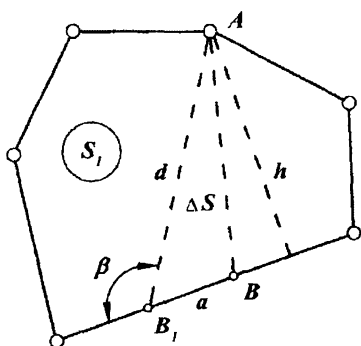
Для контроля выноса выполняют дополнительные измерения в окончательной фигуре и вычисляют ее площадь, отличие которой от заданной площади S не должно превышать установленного допуска.

Графический способ заключается в том, что данные для вычисления основания a треугольника получают непосредственно с плана: графически определяют площадь предварительной фигуры для вычисления избыточной или недостающей площади ΔS , а также на плане измеряют высоту треугольника h .

Площадь исправленной фигуры снова определяют по плану и при недопустимом расхождении с заданной площадью все указанные действия повторяют.

Графо-аналитический способ выполняется аналогично графическому, но площадь предварительной фигуры определяют аналитически по графическим координатам ее вершин.

а)



б)

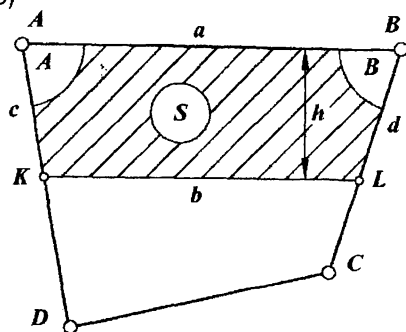


Рис. 7.1. Схема выделения участка заданной площади:
а – при проектировании треугольником; б – при проектировании трапецией

Проектирование трапецией (рис. 7.1, б). На местности требуется выделить заданную площадь линией, параллельной одной из сторон участка.

Аналитический способ заключается в вычислении длин боковых сторон трапеции заданной площади S , одно из оснований которой известной длины $AB = a$ находится на твердой границе (например, на красной линии).

Площадь участка в виде трапеции вычисляется по формуле

$$S = \frac{a^2 - b^2}{2(\operatorname{ctg} A + \operatorname{ctg} B)}, \quad (7.3)$$

где A и B – внутренние углы трапеции на конечных точках известного основания a (измеряются на местности или вычисляются по координатам вершин участка $ABCD$, внутри которого находится выделяемый участок).

Тогда длина второго основания b трапеции равна

$$b = \sqrt{a^2 - 2S(\operatorname{ctg} A + \operatorname{ctg} B)}. \quad (7.4)$$

Высота трапеции вычисляется по очевидной формуле

$$h = \frac{2S}{a + b}. \quad (7.5)$$

Боковые стороны участка вычисляют по формулам:

$$c = \frac{h}{\sin A}; \quad (7.6)$$

$$d = \frac{h}{\sin B}. \quad (7.7)$$

На местности откладывают отрезки c и d от точек A и B и закрепляют точки K и L или выносят эти точки от геодезических пунктов по предварительно вычисленным координатам.

Графический способ заключается в том, что параметры трапеции a , b , h определяют по плану, на котором нанесен выделяемый участок, и вычисляют его площадь. Если отличие вычисленной площади ΔS от заданной получилось значительным, то изменяют высоту трапеции параллельным перемещением второго основания b на величину $\Delta h = \frac{\Delta S}{b}$. В последнем приближении, когда вычисленная площадь будет отличаться от заданной в пределах допуска, наносят окончательно на план второе основание b трапеции по исправленной ее высоте h и измеряют длины отрезков c и d .

Графо-аналитический способ заключается в том, что высоты трапеции h определяют графически, а длины сторон c и d вычисляют по приведенным формулам.

7.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ

7.4.1. Способы определения площадей

Определение площадей земельных участков является одним из важнейших видов геодезических работ для целей земельного кадастра.

Площади участков могут быть вычислены *по результатам полевых измерений* или *измерены по картам* (планам).

По результатам полевых измерений используют два способа определения площадей:

- *аналитический* по прямоугольным координатам вершин участка;
- *геометрический* по измеренным элементам простейших фигур, на которые разбивается участок, и суммированием их площадей, вычисляемых по известным формулам геометрии.

По картам (планам) используют следующие способы определения площадей:

- *графический*: по измеренным на карте (плане) элементам простейших геометрических фигур (сторонам, основаниям, высотам и т.д.), на которые разбивается участок; с помощью специально изготовленных трафаретов (палеток);
- *механический* с помощью специального прибора – *планиметра*;
- *графо-аналитический* по прямоугольным координатам вершин участка, определенным по карте (плану);
- *другие способы*, основанные на применении специальных машин, точных весов, электронных планиметров, ЭВМ и пр.

По результатам полевых измерений площади определяются более точно, так как точность графических определений значительно ниже точности полевых измерений и составляет в среднем $0,3m$ мм (m – знаменатель масштаба карты или плана). Кроме того, точность картографических работ (измерение длин, углов и площадей) снижается по ряду причин, главной из которых является *деформация* бумаги, вызываемая действием температуры и влаги, а также возникающая в результате растяжения бумаги при печатании карт и планов на множительных машинах (бумага удлиняется до 1,6 % в направлении ее движения и сужается до 2 % в поперечном направлении).

Поправки за *деформацию* бумаги в результаты картографических работ учитываются *коэффициентом деформации k* (со своим знаком), который определяется в двух взаимно перпендикулярных направлениях по формуле

$$k_x, k_y = \frac{d_r - d_\phi}{d_r}, \quad (7.8)$$

где d_τ , d_ϕ – теоретическая и фактическая длина стороны квадрата координатной сетки карты (плана) соответственно по оси X и по оси Y .

Поправка за деформацию бумаги в дирекционный угол линий α , определенный графически, вычисляется по формуле, в которой $\rho' = 3438$:

$$V_\alpha = -\frac{\sin 2\alpha}{2} (k_x - k_y) \rho' . \quad (7.9)$$

Поправка за деформацию бумаги в длину линии $d_{изм}$ на карте (плане)

$$V_d = d_{изм} k_x \cos^2 \alpha_{испр} + d_{изм} k_y \sin^2 \alpha_{испр} , \quad (7.10)$$

где $\alpha_{испр} = \alpha + V_\alpha$ - исправленный дирекционный угол этой линии.

Поправка за деформацию бумаги в площадь S участка

$$V_S = (k_x + k_y) \cdot S . \quad (7.11)$$

Если отрезки измеряются вдоль линий координатной сетки (например, при определении прямоугольных координат точек), то коэффициенты деформации бумаги $k_{x,y}$ по оси X и по оси Y вычисляются по формуле

$$k_x, k_y = \frac{d_\tau}{d_\phi} , \quad (7.12)$$

а исправленная за деформацию длина отрезка $d_{испр}$ вычисляется по формуле

$$d_{испр} = k_{x,y} \cdot d_{изм} . \quad (7.13)$$

7.4.2. Определение площадей участков по результатам полевых измерений

Аналитический способ

Для этого на местности выполняют необходимые измерения (например, прокладывают теодолитный ход), по результатам которых вычисляют прямоугольные координаты вершин участка.

Формулы для вычисления площади участка по координатам его вершин вытекают из рис. 7.2, на котором участок имеет форму треугольника (для простоты) и его вершины пронумерованы по ходу часовой стрелки (от направления нумерации зависит вид формулы).

Площадь S треугольника можно представить как сумму площадей S_1 и S_2 двух трапеций, составленных на сторонах треугольника 1-2 и 2-3 перпендикулярами на ось Y , без площади S_3 аналогичной трапеции на стороне 3-1.

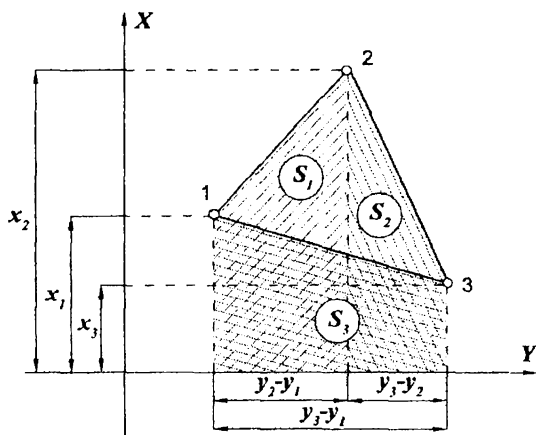


Рис. 7.2. Схема определения площади участка по координатам

Удвоенная площадь трапеции равна произведению ее высоты на сумму оснований, поэтому

$$2S = (x_1 + x_2) \cdot (y_2 - y_1) + (x_2 + x_3) \cdot (y_3 - y_2) - (x_1 + x_3) \cdot (y_3 - y_1).$$

После простых преобразований

$$2S = x_1 (y_2 - y_3) + x_2 (y_3 - y_1) + x_3 (y_1 - y_2). \quad (7.14)$$

Удвоенная площадь участка равна сумме произведений абсциссы (x) каждой вершины на разность ординат (y) последующей и предыдущей его вершин.

Если выполнить аналогичные действия для трапеций, основаниями которых являются перпендикуляры на ось X , то формула для вычисления площади будет иметь вид

$$2S = y_1 (x_3 - x_2) + y_2 (x_1 - x_3) + y_3 (x_2 - x_1). \quad (7.15)$$

Удвоенная площадь участка равна сумме произведений ординаты (y) каждой вершины на разность абсцисс (x) предыдущей и последующей его вершин.

Для многоугольника с числом вершин n , пронумерованных по ходу часовой стрелки, формулы площади будут иметь вид

$$2S = \sum_1^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}); \quad (7.16)$$

$$2S = \sum_1^n y_i (x_{i-1} - x_{i+1}). \quad (7.17)$$

В целях *контроля* площадь участка вычисляют по обеим формулам. Кроме того, *промежуточный контроль* выполняется по формулам

$$\sum_1^n (y_{i+1} - y_{i-1}) = \sum_1^n (x_{i-1} - x_{i+1}) = \sum_1^n (y_{i-1} - y_{i+1}) = \sum_1^n (x_{i+1} - x_{i-1}) = 0. \quad (7.18)$$

Для вычисления площади участка по координатам x_i, y_i его вершин или по приращениям координат $\Delta x_i, \Delta y_i$ можно использовать также следующие формулы:

$$2S = \sum_1^n (x_i + x_{i+1})(y_{i+1} - y_i); \quad (7.19)$$

$$2S = \sum_1^n x_i y_{i+1} - \sum_1^n x_{i+1} y_i; \quad (7.20)$$

$$2S = \sum_1^n x_i \Delta y_i + \sum_1^n \Delta y_i x_{i+1}; \quad (7.21)$$

$$2S = \sum_1^n x_i \Delta y_i - \sum_1^n y_i \Delta x_i. \quad (7.22)$$

Относительная погрешность определения площади аналитическим способом зависит от точности определения координат вершин участка и приблизительно равна удвоенной относительной погрешности измерения линий. Например, при измерении линий лентой (средняя точность порядка 1:2000) относительная погрешность определения площади составляет около 1:1000.

Формула для *средней квадратической погрешности площади* участка с n вершинами имеет вид

$$m_s = \frac{\sqrt{2}}{2} m_{x,y} \sqrt{\sum_1^n D_i^2}, \quad (7.23)$$

где $m_x = m_y = m_{x,y}$ - средняя квадратическая погрешность определения координат вершин участка; D_i - расстояние от начала координат до i -ой вершины участка (в частном случае от одной из вершин, принятой за начало координат).

Для прямоугольника со сторонами a и b формула погрешности площади имеет вид

$$m_s = m_{x,y} \sqrt{a^2 + b^2}, \quad (7.24)$$

а для квадрата со стороной d

$$m_s = m_{x,y} d \sqrt{2}. \quad (7.25)$$

Если приведенные для m_s формулы решать относительно $m_{x,y}$, то по заданной погрешности определения площади m_s можно рассчитать необходимую точность определения координат $m_{x,y}$ вершин земельного участка, на основании которой - и необходимую точность угловых и линейных измерений.

Среднюю квадратическую погрешность площади земельного участка можно вычислить также по формуле А.В. Маслова

$$m_S = m_t \sqrt{S} \sqrt{\frac{1+k^2}{2k}}, \quad (7.26)$$

где $m_t = m_{x,y} \sqrt{2}$ - средняя квадратическая погрешность положения вершин или измерения сторон участка, k - коэффициент вытянутости (отношение длины к ширине участка, для треугольника отношение высоты к основанию).

Подкоренное выражение имеет минимум при $k = 1$, то есть наиболее точно определяется площадь квадратного участка или треугольника, в котором высота равна основанию.

В том случае, когда используются координаты пунктов в проекции Гаусса-Крюгера (на плоскости), а также топографические карты, составленные в той же проекции, то вычисленные площади S_{np} будут больше их горизонтальных проложений S_r . Для приведения полученной площади к горизонтальной проекции используют формулу

$$S_r = S_{np} \left[1 - \left(\frac{Y_m}{R} \right)^2 \right], \quad (7.27)$$

где Y_m - средняя ордината участка (расстояние от осевого меридиана до середины участка).

Площадь участка на физической поверхности Земли S_ϕ больше площади горизонтальной проекции S_r ввиду наклона местности. Для получения площади физической поверхности участка его разбивают на части с одинаковыми продольными и поперечными наклонами, определяют их углы наклона соответственно $\nu_{пр}$, $\nu_{пн}$, а площадь каждой из них вычисляют по очевидной формуле

$$S_\phi = \frac{S_r}{\cos \nu_{пр} \cdot \cos \nu_{пн}}. \quad (7.28)$$

Если для определения площадей используются координаты пунктов государственной геодезической сети, которые относятся к референц-эллипсоиду, а не к поверхности Земли, то вычисленные площади S_0 будут несколько преуменьшены. Для получения площади S на поверхности Земли используют формулу

$$S = S_0 \left(1 + \frac{2H}{R} \right), \quad (7.29)$$

где H – средняя высота участка; R – средний радиус Земли, равный 6371 км.

Геометрический способ

Способ основан на делении участка на простейшие геометрические фигуры, чаще всего треугольники и четырехугольники, со сторонами в виде прямых линий, удобных для измерения (рис. 7.3).

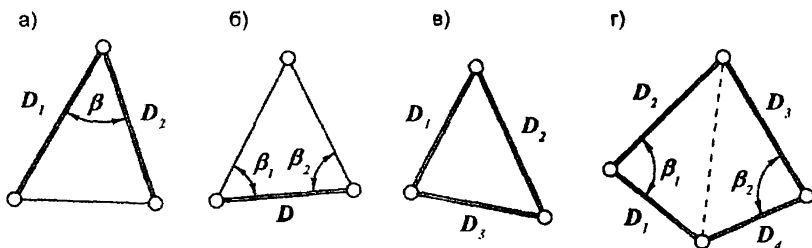


Рис. 7.3. Схемы измерений в простейших фигурах для определения площади: а, б, в – треугольника; г – четырехугольника

В фигурах измеряют соответствующие элементы (стороны, углы) и по известным формулам геометрии вычисляют площадь каждой из них, а площадь участка находят как сумму площадей составляющих его фигур.

Для определения площади треугольника можно измерить: две стороны D_1 и D_2 и угол между ними β (рис. 7.3, а); одну сторону D и прилегающие к ней углы β_1 и β_2 (рис. 7.3, б); все три стороны D_1, D_2, D_3 (рис. 7.3, в).

Площади треугольников будут равны соответственно:

$$S = \frac{D_1 \cdot D_2}{2} \sin \beta ; \quad (7.30)$$

$$S = \frac{D^2 \sin \beta_1 \sin \beta_2}{2 \sin(\beta_1 + \beta_2)} ; \quad (7.31)$$

$$S = \sqrt{P(P - D_1)(P - D_2)(P - D_3)} , \quad (7.32)$$

где $P = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{2}$ - полупериметр треугольника.

Для определения площади четырехугольника измеряют все его стороны и два противоположных угла. Тогда

$$S = \frac{D_1 D_2 \sin \beta_1 + D_3 D_4 \sin \beta_2}{2} . \quad (7.33)$$

Относительная погрешность площади простейшей фигуры, вычисленной по результатам полевых измерений, близка к относительной погрешности измерения линий.

7.4.3. Определение площадей участков на картах (планах)

Графический способ

Определение площади делением участка на геометрические фигуры. Этим способом целесообразно измерять площади небольших участков (10-15 см²).

Участок на карте (плане) делят на простейшие геометрические фигуры: треугольники, трапеции, прямоугольники (рис. 7.4). В каждой фигуре измеряют необходимые для вычисления ее площади элементы (стороны, основания, высоты). *Например:* в треугольнике измеряют основание a и высоту h , а его площадь S вычисляют по формуле

$$S = \frac{ah}{2} ; \quad (7.34)$$

в трапеции измеряют основания a и b , высоту h , а площадь S вычисляют по формуле

$$S = \frac{a+b}{2} h . \quad (7.35)$$

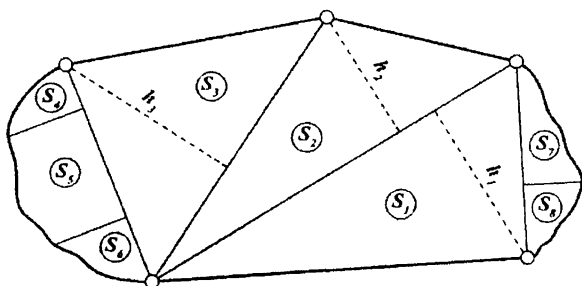


Рис. 7.4. Схема деления участка на геометрические фигуры

Если граница является *кривой линией*, то участок разбивают на такие части, которые практически не отличаются от фигур, ограниченных прямыми линиями.

Площадь всего участка находят как сумму площадей составляющих его фигур.

Точность определения площади зависит от точности масштаба карты (плана), а также тем выше, чем больше размеры фигур, на которые разбит участок. Кроме того, наиболее подходящей фигурой является треугольник, у которого *основание a равно высоте h* .

В целях *контроля и повышения точности* площадь участка определяется *дважды*, для чего измеряют другие стороны и высоты или строят новые фигуры. *Относительная погрешность* двойных определений площади участка не должна превышать 1:200.

Определение площади квадратной палеткой. Площади небольших участков ($3-10 \text{ см}^2$) с резко выраженными криволинейными границами целесообразно определять с помощью *квадратной палетки* – прозрачной пластины (калька, пластик и др.), на которую нанесена сетка квадратов со сторонами 1-10 мм (рис. 7.5).

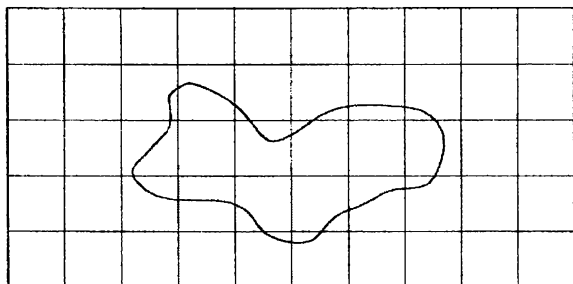


Рис. 7.5. Измерение площади квадратной палеткой

По данному масштабу карты и длине стороны вычисляют площадь квадрата палетки $S_{кв}$ (m^2 , га, km^2). Потом палетку накладывают на фигуру и подсчитывают число полных квадратов, а затем на глаз определяют число полных квадратов, составленных из неполных квадратов.

Площадь участка вычисляют по формуле

$$S = S_{кв} \cdot n, \quad (7.36)$$

где n – число полных квадратов палетки в фигуре.

Для контроля площадь участка определяют второй раз, повернув палетку на $45^\circ-90^\circ$.

Относительная погрешность двойных определений площади участка составляет 1:50-1:100.

Определение площади линейной палеткой. Площади участков до 10 см^2 со сложными криволинейными границами можно определять с помощью линейной палетки (рис. 7.6), которая представляет собой прозрачную основу с рядом параллельных линий через равные расстояния h (2-10 мм).

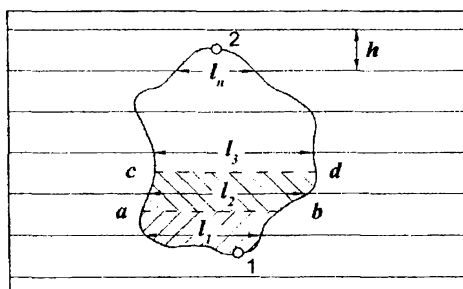


Рис. 7.6. Измерение площади линейной палеткой

Для определения площади линейную палетку накладывают на фигуру так, чтобы какие-либо точки противоположных выпуклых частей (например, точки 1 и 2 на рис. 7.6) оказались строго посередине параллельных линий. В результате этого участок разделится линиями на воображаемые фигуры, близкие к трапециям с одинаковыми высотами h и с основаниями, расположенными посередине линий палетки (на рис. 7.6 пунктирные линии ab , cd и т.д.). В этих трапециях параллельные линии палетки являются *средними линиями* (на рис. 7.6 – отрезки l_1 , l_2 и т.д.). Площадь отдельной трапеции равна произведению ее высоты h на длину средней линии, поэтому площадь всего участка, состоящего из n таких трапеций, будет равна

$$S = l_1 \cdot h + l_2 \cdot h + l_3 \cdot h + \dots + l_n \cdot h = hL, \quad (7.37)$$

где $L = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n$ - общая длина всех отрезков параллельных линий внутри контура.

Высоту h и общую длину всех отрезков L выражают в метрах местности по масштабу карты (плана), после чего вычисляют площадь участка по указанной формуле.

Общую длину отрезков внутри фигуры удобно определять с помощью измерителя, последовательно набирая в его раствор длины отрезков от первого до последнего.

Для контроля площадь участка измеряют второй раз, повернув палетку на 45° - 90° .

Точность определения площади линейной палеткой несколько выше, чем квадратной палеткой (порядка 1:100).

Механический способ

Устройство полярного планиметра. Планиметр – это прибор, с помощью которого определяют площадь участка любой формы путем обвода его контура. Из разнообразных по устройству таких приборов наиболее распространенным является **полярный компенсационный планиметр**.

Полярный планиметр (рис. 7.7) состоит из трех основных частей: полюсного рычага 1, обводного рычага 7 и счетного механизма 9 с установочным винтом 8 на одном из концов обводного рычага.

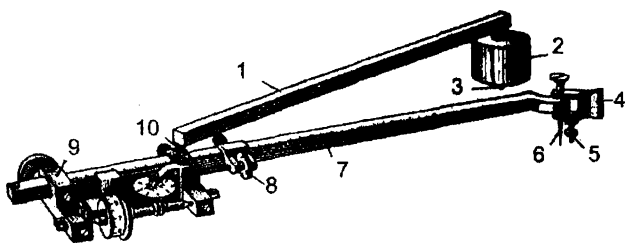


Рис. 7.7. Полярный планиметр

На одном конце полюсный рычаг имеет груз 2 с иглой 3, накалываемой на бумагу и служащей полюсом планиметра, на другом – штифт 10 с шаровой головкой, при помощи которой полюсный рычаг соединяется с обводным.

На другом конце обводного рычага имеется ручка 4, обводной шпиль 6 и опорный штифт 5, который является одной из опорных точек планиметра и должен быть ввинчен так, чтобы острое обводного шпиля при обводке контура фигуры не царапало бумагу.

Счетный механизм (рис. 7.8) содержит три части: циферблат 1, счетное колесо 2 и верньер 3.

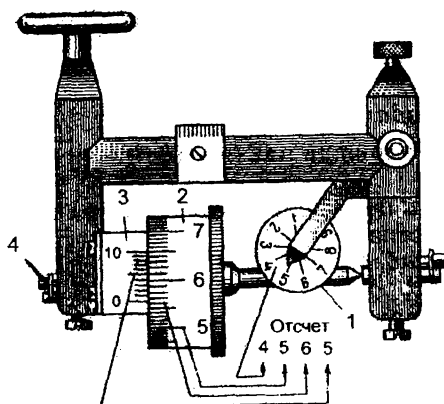


Рис. 7.8. Счетный механизм планиметра

При обводе рычага по контуру фигуры ободок счетного ролика катится по бумаге. Число полных оборотов ролика показывает расположенный справа циферблат.

Поверхность ролика разделена на 100 частей, каждая десятая часть оцифрована от 0 до 10. Слева, вплотную к ролику, расположен неподвижный верньер (нониус), позволяющий отсчитывать десятые доли деления ролика.

Отсчет по планиметру состоит из 4-х цифр: 1-я цифра – меньшая относительно указателя цифра на циферблате; 2-я цифра – меньшая относительно 0 верньера цифра счетного ролика; 3-я цифра – число полных делений счетного ролика между младшей его цифрой и нулем верньера (отсчитывается от младшей цифры ролика); 4-я цифра – номер штриха верньера, который совпадает с делением ролика (отсчитывается от нуля верньера).

Длину обводного рычага (расстояние от обводного шпильки до шарнира) можно менять, передвигая каретку счетного механизма. Нужная длина обводного рычага устанавливается по шкале, расположенной на его верхней грани с помощью верньера и микрометричного винта.

Планиметр должен удовлетворять следующим основным условиям:

1. Счетное колесо должно вращаться свободно и без колебаний не менее 3с. Регулировка вращения счетного колеса выполняется с помощью специального винта 4 (рис. 7.8).

2. Плоскость ободка счетного ролика должна быть перпендикулярна оси обводного рычага.

Проверку этого условия выполняют, обводя контур участка при двух положениях обводного рычага (рис. 7.9): *полюс справа* от обводного рычага (ПП) и *полюс слева* от обводного рычага (ПЛ). Условие считается выполненным, если отсчеты разнятся не более чем на 1:200 от среднего их значения.

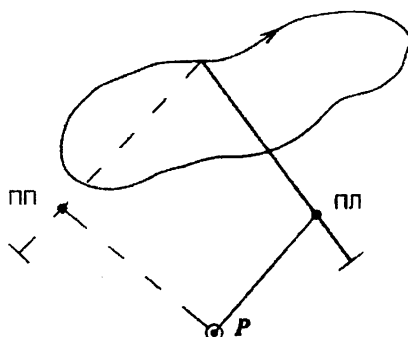


Рис. 7.9. Схема проверки планиметра

Если условие не соблюдается, то измерение площади следует выполнять при двух указанных положениях планиметра. Среднее значение будет свободно от ошибки, вызванной неверным положением счетного ролика, поэтому это свойство планиметра называется *компенсационным*.

Измерение площади планиметром. При измерении площади возможны два положения полюса (рис. 7.10):

- *полюс находится вне контура*, тогда площадь участка определяется по формуле

$$S = P(n_2 - n_1), \quad (7.38)$$

где P – цена одного деления планиметра; n_1, n_2 – начальный и конечный отсчеты по планиметру;

- *полюс находится внутри участка* (при значительных его размерах), тогда его площадь определится по формуле

$$S = P(n_2 - n_1) + q, \quad (7.39)$$

где q – постоянная планиметра.

Перед измерением бумага с контуром (карта или план) укрепляется на гладкой поверхности. Предпочтительнее полюс планиметра устанавливать *вне контура*, чтобы в вычислениях не участвовала постоянная планиметра q (с этой целью возможно деление участка на несколько частей плавными линиями).

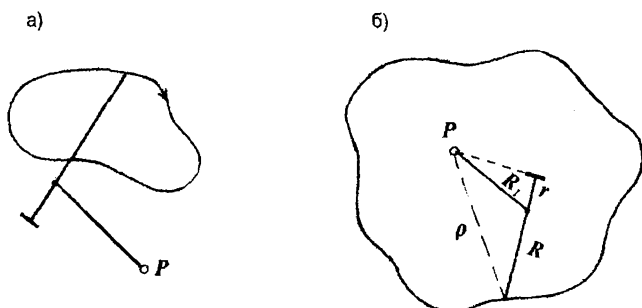


Рис. 7.10. Положение полюса при измерении площадей планиметром:
а – вне контура; б – внутри контура

Место для полюса выбирают так, чтобы при обводе контура угол между рычагами планиметра был не менее 30° и не более 150° .

Закрепив полюс планиметра, ставят обводной индекс в одну из точек контура участка и делают отсчет n_1 по счетному механизму. Потом плавно обводят весь контур по часовой стрелке до первоначальной точки и берут в ней второй отсчет n_2 . Разность $n_2 - n_1$ выражает площадь участка в делениях планиметра. Чтобы определить площадь в принятых единицах измерения (м^2 , га, км^2 и т.д.), нужно знать площадь, соответствующую одной единице отсчета, состоящего из 4-х цифр (0.001 части счетного колеса), т.е. цену деления планиметра P .

Для этого выбирают фигуру, площадь которой $S_{изв}$ известна (квадрат координатной сетки карты или плана, специально построенные квадрат или окружность и т.д.), и обводят ее 4 раза: 2 раза при положении «полюс право» (ПП) и 2 раза при положении «полюс лево» (ПЛ) - и каждый раз вычисляют разность $n = n_2 - n_1$. Из 4-х значений берут среднее арифметическое $n_{ср}$. Цену деления планиметра вычисляют по формуле

$$P = \frac{S_{изв}}{n_{ср}} \quad (7.40)$$

Цена деления планиметра может оказаться дробным числом, что является не совсем удобным. При необходимости цену деления можно привести к целой удобной величине путем изменения длины обводного рычага, которая с ценой деления планиметра находится в прямо пропорциональной зависимости. Если длине обводного рычага R_1 соответствует цена деления планиметра P_1 , то выбранной (удобной) цене деления P соответствует другая длина рычага R , поэтому

$$R = \frac{P}{P_1} = kR_1, \quad (7.41)$$

Таким образом, выбранную (удобную) цену деления планиметра делят на вычисленную, получают коэффициент k и новую длину обводного рычага R , которую устанавливают на шкале линейки перемещением каретки счетного механизма, предварительно ослабив ее закрепительный винт. *Постоянную планиметра q* , если это необходимо, определяют путем измерения известной площади S планиметром с полюсом внутри участка при известной цене деления планиметра P по очевидной формуле

$$q = S - P(n_2 - n_1). \quad (7.42)$$

Постоянную планиметра q можно определить также после обвода произвольно участка два раза: при полюсе вне и внутри контура.

Так как площадь одна и та же, то

$$Pn = Pn' + q,$$

откуда

$$q = P(n - n'), \quad (7.43)$$

где $n = n_2 - n_1$ – разность отсчетов при положении полюса *вне контура*; $n' = n'_2 - n'_1$ – разность отсчетов при положении полюса *внутри контура*.

Если любое колесо потянуть за ось вращения, т.е. в направлении, перпендикулярном его плоскости, то оно будет перемещаться не вращаясь (в этом случае плоскость счетного колеса проходит через полюс, рис.7.10, б). При обводе контура счетное колесо многократно оказывается в таких положениях, совокупность которых образует круг некоторого радиуса ρ . Величина этого радиуса подсчитывается по формуле

$$\rho = \sqrt{R^2 + R_1^2 + 2Rr}, \quad (7.44)$$

где R – длина обводного рычага от шарнира до обводного индекса; r – длина обводного рычага от шарнира до счетного колеса; причем $R+r$ – полная длина обводного рычага; R_1 – длина полюсного рычага.

Площадь такого круга равна $S_{кр} = \pi\rho^2$ и счетным механизмом не учитывается. Поэтому если полюс находится внутри участка, то ее надо прибавить к вычисленной.

Площадь $S_{кр}$ этого круга, называемого *основным*, и есть постоянная планиметра q , т.е.

$$S_{кр} = q = \pi\rho^2, \quad (7.45)$$

где $\rho^2 = R^2 + R_1^2 + 2Rr$.

Когда полюс находится вне участка, основной круг находится также за пределами фигуры и площадь $S_{кр} = q$ прибавлять не нужно.

Точность определения площади механическим способом зависит от целого ряда причин: несовершенства прибора, неточного обвода фигуры, неточного отсчета по нониусу, от качества и состояния бумаги, конфигурации и размера участка и других причин. В зависимости от условий измерений *относительная погрешность* определения площади компенсационным планиметром составляет $\frac{1}{200} \pm \frac{1}{400}$.

Графо-аналитический способ

Этим способом площадь определяют в следующем порядке:

- намечают на контуре участка, обозначенного на карте (плане), вершины таким образом, чтобы криволинейные границы между ними практически не отличались от прямых линий;

- нумеруют вершины участка в *строго определенном направлении* (по часовой стрелке или наоборот);

- определяют прямоугольные координаты вершин участка *графически* от линий координатной сетки карты (плана);

- вычисляют площадь по формулам *аналитического способа* в соответствии с направлением нумерации вершин участка.

Точность графо-аналитического способа зависит от точности определения координат вершин участка и масштаба карты (плана). Если графические координаты вершин определять с точностью, близкой к предельной

(0,1-0,2 мм), то точность графо-аналитического способа в несколько (3-5) раз выше графического способа и не уступает точности механического способа.

Среднюю квадратическую погрешность m_s , в м² площади, определяемой по топографической карте (плану) графо-аналитическим способом, можно вычислить по приближенной формуле (с учетом погрешностей измерений на местности и графических построений)

$$m_s = \frac{0,3m}{1000} \sqrt{S}, \quad (7.46)$$

где m – знаменатель численного масштаба карты (плана), S – площадь участка, м².

Другие способы определения площадей

Способ взвешивания заключается во взвешивании на точных (аналитических) весах эталонного контура P , (правильной геометрической фигуры с известной площадью S_1) и определяемого контура P_k , изготовленных из одной и той же бумаги.

Площадь определяемого участка вычисляется по очевидной формуле

$$S = \frac{P_k}{P} S_1, \quad (7.47)$$

где P_k – вес определяемого контура; P – вес эталонного контура; S_1 – площадь эталонного контура.

Точность этого способа не уступает механическому, но производительность выше в несколько раз.

Фотоэлектронные способы предусматривают использование специальных машин и приборов с фотоэлектронным устройством. Машины отличаются высокой автоматизацией процесса измерений и высокой производительностью.

В последнее время созданы **электронные** планиметры полярного и роликового типа и цифровые координаторы, позволяющие определять площадь с погрешностью не более 0,2% (1:500). Отличительной особенностью этих устройств является наличие встроенного микрокалькулятора, благодаря чему измеренные значения сразу отображаются на дисплее.

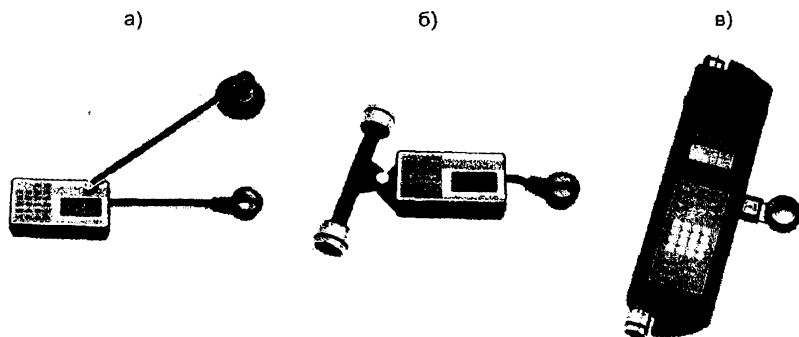


Рис. 7.11. Электронные планиметры:
а – полярного типа; б – роликового типа; в – цифровой координатор

Электронный полярный планиметр (рис. 7.11, а) имеет полюсное плечо, с помощью которого осуществляется движение в пределах измеряемой площади.

Электронный роликовый планиметр (рис. 7.11, б) имеет неограниченное горизонтальное и вертикальное перемещение по бумаге.

Цифровой координатор (рис. 7.11, в) – прибор для точного измерения координат, длин линий и площадей. Имеет три режима измерений: точечный, непрерывный и дуговой, которые можно использовать отдельно и в комбинациях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Успешное выполнение строительных работ и эффективность эксплуатации инженерных сооружений возможно специалистами высокой квалификации, владеющими теоретическими и практическими навыками по выполнению геодезических работ в строительстве.

Изложенные в книге теоретические сведения и приведенные нормативные требования по выполнению геодезических работ помогут технологически правильно и на современном научно-техническом уровне организовать геодезическое сопровождение каждого строительного процесса.

Содержание и объем книги рассчитаны таким образом, чтобы можно было самостоятельно изучить материал и практически его использовать как в учебных целях, так и в условиях строительного производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреева Ф.В., Борисенков Б.Г. и др. Геодезическое обеспечение жилищно-гражданского и промышленного строительства. –М.: Недра, 1988. – 270с.
2. Большаков В.Д., Левчук Г.П., Новак В.Е. и др. Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам. –М.: Недра, 1980. – 781 с.
3. Ганьшин В.Н., Стороженко А.Ф., Ильин А.Г. и др. Измерение вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов. –М.: Недра, 1981. – 215с.
4. Гержула Б.И. Основы инженерной геодезии. –М.: Изд-во геодезической литературы, 1960. – 148с.
5. Глотов Г.Ф. Геодезия в строительном-монтажном производстве. –М.: Изд-во литературы по строительству, 1967. – 248с.
6. Голубкин В.М., Соколова Н.И., Палехин И.М., Соффер М.И. Геодезия. –М.: Недра, 1975. – 493с.
7. Инструкция по межеванию земель. –М.: Роскомзем, 1996. –31с.
8. Интулов И.П. Инженерная геодезия. Воронеж: ВГАСУ, 2001. –273с.
9. Ключин Е.Б., Киселев М.И., Михелев Д.Ш., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000. – 464с.
10. Левчук Г.П., Новак В.Е., Конусов В.Г. Прикладная геодезия. Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ. –М.: Недра, 1981. – 438с.
11. Лукьянов В.Ф. Расчеты точности инженерно-геодезических работ. – М.: Недра, 1980 – 984с.
12. Метелкин А.И., Интулов И.П. и др. Указания по проектированию и производству геодезических и фотограмметрических работ в строительстве и архитектуре. М.: Изд-во АСВ, 2003. -344с.
13. Неумывакин Ю.К., Сухов А.Н., Шмехин Н.А. Геодезический контроль качества строительного-монтажных работ. –М.: Стройиздат, 1988. – 224с.
14. Пособие по производству геодезических работ в строительстве (к СНиП 3.01.03-84). –М.: Стройиздат, 1985. – 123с.
15. Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений. –М.: Стройиздат, 1975. – 156с.
16. Руководство по производству геодезических работ в промышленном строительстве. –М.: Стройиздат, 1977. – 80с.
17. Руководство по производству геодезических работ в жилищно-гражданском строительстве. –М.: Стройиздат, 1977. – 78с.
18. Руководство по геодезическим работам в сельскохозяйственном строительстве. –М.: Стройиздат, 1980. – 96с.
19. Руководство по проектированию плитных фундаментов каркасных зданий и сооружений башенного типа. –М.: Стройиздат, 1984. – 264с.

- 20.Справочник геодезиста/ Под ред. В.Д. Большакова и Г.П. Левчука. –М.: Недра, 1980. – 984с.
- 21.Справочное пособие по прикладной геодезии / Под ред. В.Д. Большакова. –М.: Недра, 1987. – 543с.
- 22.Сундаков Я.А. Геодезические работы при возведении крупных промышленных сооружений и высотных зданий. –М.: Недра, 1980.– 343с.
- 23.СНиП 3.01.03-84. Геодезические работы в строительстве. –М.: ГУП ЦПП, 1998. – 28с.
- 24.СНиП 14-01-96. Градостроительный кадастр. –М.: 1996.
- 25.СНиП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты / Госстрой России. –М.: 2002. – 124с.
- 26.СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. / Минстрой России. –М.:1997-46с.
СНиП 11-04-97. Инженерно геодезические изыскания для строительства / Госстрой России. –М.: 1997. – 77с.
- 27.СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений. –М.: 1995 – 40с.
- 28.СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции / Госстрой России. –М.: 2001 – 192с. СНиП 3.04.01-87 Изоляционные и отделочные покрытия. Госстрой СССР. –М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988 – 56с.
- 29.Фаренбрух Н.К. Геодезия в строительстве. –М.: Госстройиздат, 1962 – 252с.
- 30.Федоров В.И., Титов А.И., Холдобаев В.А. Практикум по инженерной геодезии и аэрогеодезии. –М.: Недра, 1987 – 365с.
- 31.Фельдман В.Д., Михелев Д.Ш. Основы инженерной геодезии. – М.: Высшая школа, 1999 – 300 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Инженерно-геодезические изыскания	4
1.1. Геодезическое обеспечение строительного производства.....	4
1.2. Виды инженерных изысканий.....	6
1.3. Состав инженерно-геодезических изысканий.....	7
1.4. Трассирование линейных сооружений.....	9
1.5. Расчет элементов трассы.....	11
1.6. Разбивка пикетажа и круговых кривых.....	17
1.7. Нивелирование трассы и поперечников.....	22
1.8. Построение продольного профиля и поперечных профилей.....	26
1.9. Детальная разбивка круговых кривых.....	29
1.9.1. Способ прямоугольных координат (ортогональный).....	29
1.9.2. Способ углов и хорд.....	33
1.9.3. Полярный способ.....	34
1.9.4. Способ продолженных хорд.....	35
Глава 2. Инженерно-геодезическое проектирование	37
2.1. Общее понятие о проекте производства геодезических работ (ППГР).....	37
2.2. Проектирование оси линейного сооружения по продольному профилю.....	38
2.3. Расчет вертикальных кривых.....	43
2.4. Вертикальная планировка поверхности.....	46
2.4.1. План организации рельефа.....	47
2.4.2. Картограмма земляных работ.....	48
2.5. Геодезическая подготовка проекта к выносу.....	51
2.6. Проектирование строительной сетки.....	55
Глава 3. Геодезические разбивочные работы	59
3.1. Сущность геодезических разбивочных работ.....	59
3.2. Последовательность разбивочных и строительных работ.....	59
3.3. Строительные допуски и точность разбивочных работ.....	61
3.4. Схемы построения геометрических элементов проекта.....	65
3.4.1. Построение проектных горизонтальных и дирекционных углов.....	65
3.4.2. Построение проектных расстояний.....	67
3.4.3. Построение проектных высот.....	69
3.4.4. Построение линий проектных уклонов.....	70
3.4.5. Построение вертикальных (отвесных) линий.....	73
3.5. Основные источники погрешностей при разбивочных работах.....	77
3.6. Схемы построения проектной точки на местности.....	80
3.6.1. Способ угловой засечки.....	80

3.6.2. Способ линейной засечки.....	82
3.6.3. Способ прямоугольных координат.....	83
3.6.4. Способ полярных координат.....	85
3.6.5. Способ створной засечки.....	86
3.6.6. Способ бокового нивелирования.....	87
3.6.7. Способ разбивки от местных предметов.....	89
3.7. Расчет точности геодезических работ при заданной точности разбивки.....	89

Глава 4. Геодезические работы в промышленном и гражданском строительстве.....	93
4.1. Промышленные и гражданские сооружения.....	93
4.2. Геодезические сети на строительных площадках.....	98
4.2.1. Сети геодезического обоснования.....	98
4.2.2. Геодезические строительные сети.....	98
4.3. Создание геодезической разбивочной основы на строительной площадке.....	102
4.4. Основные разбивочные работы.....	106
4.5. Закрепление и восстановление осей.....	108
4.6. Детальные разбивочные работы.....	111
4.7. Геодезические работы при рытье котлованов.....	111
4.8. Геодезические работы при монтаже фундаментов.....	115
4.8.1. Монтаж монолитных фундаментов.....	115
4.8.2. Монтаж сборных фундаментов.....	120
4.8.3. Монтаж свайных фундаментов.....	122
4.9. Разбивка подкрановых путей для башенных кранов.....	122
4.10. Закрепление осей и горизонтов на цоколе здания.....	124
4.11. Геодезические работы при строительстве подземных ком- муникаций.....	126
4.12. Геодезические работы при возведении надземной части кирпичных зданий.....	129
4.13. Геодезические работы при возведении надземной части сборных зданий.....	130
4.13.1. Геодезические сети многоэтажных зданий.....	130
4.13.2. Построение геодезической сети на исходном горизонте.....	132
4.13.3. Построение геодезических сетей на монтажных горизонтах.....	133
4.14. Геодезические работы при монтаже колонн.....	136
4.14.1. Подготовка колонн к монтажу.....	137
4.14.2. Установка железобетонных колонн.....	138
4.14.3. Установка стальных колонн.....	142
4.14.4. Установка сборных колонн.....	142
4.14.5. Исполнительная съемка колонн.....	143

4.15. Геодезические работы при монтаже и эксплуатации подкрановых путей мостовых кранов	146
4.16. Установка балок и ферм	155
4.17. Геодезические работы при строительстве крупнопанельных зданий	158
4.17.1. Крупнопанельные здания	158
4.17.2. Геодезические работы при сооружении гражданских панельных зданий	164
4.17.3. Геодезические работы при сооружении гражданских каркасно-панельных зданий	169
4.18. Геодезические работы при возведении зданий из объемных блоков	173
4.19. Геодезические работы при возведении зданий из монолитного железобетона	174
4.20. Геодезический контроль точности геометрических параметров сооружения	177
4.21. Размерные цепи	182
4.21.1. Виды и принципы расчета размерных цепей	182
4.21.2. Методы расчета точности	185
4.21.3. Расчет линейных размерных цепей в сборном строительстве	187
4.21.4. Определение собираемости и назначение допусков	192
Глава 5. Наблюдения за перемещениями и деформациями сооружений	193
5.1. Основные причины и виды деформаций	193
5.2. Параметры и допуски деформаций	195
5.3. Способы, точность и периодичность наблюдений	199
5.4. Задачи и организация наблюдений за деформациями	202
5.5. Основные виды геодезических знаков	203
5.6. Наблюдения за осадками	204
5.6.1. Построение геодезической сети	204
5.6.2. Способы измерения осадок сооружений	209
5.6.3. Обработка результатов измерений	216
5.6.4. Оформление результатов наблюдений	220
5.7. Наблюдения за сдвигами	222
5.7.1. Абсолютные и относительные сдвиги	222
5.7.2. Построение геодезической сети	223
5.7.3. Способы измерения сдвигов сооружений	227
5.8. Наблюдения за кренами сооружений	233
5.8.1. Параметры крена	233
5.8.2. Точность определения крена	235
5.8.3. Способы определения крена	235
5.9. Наблюдения за трещинами	239

5.10. Наблюдения за деформациями сооружений стереофотограмметрическим методом	241
Глава 6. Исполнительные съемки	242
6.1. Назначение, виды, методы и точность исполнительных съемок	242
6.2. Содержание текущих исполнительных съемок	244
6.2.1. Исполнительные съемки разбивочных работ	245
6.2.2. Исполнительные съемки нулевого цикла	246
6.2.3. Исполнительные съемки по надземной части сооружения	254
6.3. Оценка качества строительно-монтажных работ	270
6.4. Окончательные исполнительные съемки	271
6.4.1. Исполнительная съемка подземных коммуникаций	271
6.4.2. Исполнительная съемка подъездных путей	273
6.4.3. Исполнительная съемка вертикальной планировки	283
6.5. Состав исполнительной документации	283
6.6. Исполнительный генеральный план	284
6.7. Фотограмметрический метод исполнительных съемок	286
Глава 7. Геодезическое обеспечение земельного кадастра	289
7.1. Общие понятия земельного кадастра	289
7.2. Содержание геодезических работ для кадастра	289
7.3. Определение границ землепользования	291
7.3.1. Съемка земельных участков	291
7.3.2. Вынос в натуру границ земельных участков	302
7.3.3. Выделение участка заданной площади	303
7.4. Определение площадей земельных участков	306
7.4.1. Способы определения площадей	306
7.4.2. Определение площадей участков по результатам полевых измерений	307
7.4.3. Определение площадей участков на картах (планах)	312
Заключение	322
Библиографический список	323

Иван Петрович Интулов

Инженерная геодезия
В строительном производстве

Учебное издание

Редактор Акритова Е.В.

Подписано в печать 29.10.04г. Формат 60.84 1/16.
Уч-изд.л. 20.0. Усл.-печ.л.20.1. тираж 700 экз.
Бумага писчая. Заказ №624 С.-1.

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии
Воронежского государственного архитектурно-строительного
университета
394006 Воронеж ул.20-летия Октября 84.