

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

**Т.И. Хаметов, В.Я. Швидкий,
В.В. Шлапак**

**ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

*Рекомендовано Федеральным образовательным учреждением
высшего профессионального образования Московским государственным
университетом геодезии и картографии к использованию
в качестве учебника в образовательных учреждениях,
реализующих программу подготовки 08.03.01 «Строительство»
по дисциплине «Геодезические работы в строительстве»*

Регистрационный номер рецензии №3050 от 10.06.2015 г.

Пенза 2015

УДК 528.48:69 (075.8)

ББК 38.115я73

X18

Рецензенты: заведующий кафедрой геодезии и геоинформатики Московского государственного университета по землеустройству, доктор технических наук, профессор В.Н. Баранов;
главный геодезист Пензенского ТИСИЗ П.В. Терехин

Хаметов Т.И.

X18 Геодезические работы в строительстве: учебник / Т.И. Хаметов, В.Я. Швидкий, В.В. Шлапак. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 300 с.
ISBN 978-5-9282-1349-7

Изложены состав и содержание геодезических работ при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации зданий, сооружений. Рассмотрены вопросы организации геодезических работ в строительстве, геодезического обеспечения проектно-изыскательских работ, перенесения на местность проектов зданий, инженерных коммуникаций, строительства подземной и надземной частей зданий. Описаны геодезические приборы, применяемые в строительстве, а также методы инструментального наблюдения за деформациями зданий и сооружений. Приведен проект производства геодезических работ при высотном домостроении.

Подготовлен на кафедре «Землеустройство и геодезия» и предназначен для использования студентами, обучающимися по направлению 08.03.01 «Строительство» при изучении дисциплины «Геодезические работы в строительстве».

ISBN 978-5-9282-1349-7

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2015

© Хаметов Т.И., Швидкий В.Я.,
Шлапак В.В., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебник подготовлен в соответствии с требованиями ФГОС ВО подготовки бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство» и рабочей программой по дисциплине «Геодезические работы в строительстве». В нем изложены состав и содержание геодезических работ при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий, сооружений. Рассмотрены организация геодезических работ в строительстве, геодезическое обеспечение проектно-изыскательских работ, перенесение на местность проектов зданий, инженерных коммуникаций, строительство подземной и надземной частей зданий. Описаны геодезические приборы, а также методы наблюдения за деформациями зданий и сооружений. Приведен проект производства геодезических работ при высотном домостроении.

Содержание учебника широко и углубленно охватывает вопросы производства геодезических работ в строительстве в тесной связи с его технологией. После каждого раздела приведены контрольные вопросы для самостоятельной проверки знаний. Учебник предназначен для использования студентами строительных специальностей вузов при изучении дисциплины «Геодезические работы в строительстве». Учебник актуален в связи с введением изучаемых по выбору студентов специальных курсов, факультативов по геодезическим работам в строительстве. Наряду со студентами очной и заочной форм обучения учебник может быть использован линейными инженерно-техническими работниками.

В результате освоения дисциплины «Геодезические работы в строительстве» студент должен обладать следующими профессиональными компетенциями:

- способностью выявить естественную научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий математический аппарат;

- владеть основными законами геометрического формирования, построения и взаимного пересечения плоскости и пространства, необходимого для выполнения чертежей зданий, сооружений, конструкций, составления конструкторской документации и деталей;

- владением основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией;

- способностью работать с информацией в глобальных компьютерных сетях;

- знание нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест;

– владением методами проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных прикладных расчетных и графических программных пакетов

В результате изучения дисциплины «Геодезические работы в строительстве» студент должен: Знать состав и технологию геодезических работ, выполняемых на всех стадиях строительства и эксплуатации объектов. Уметь квалифицированно ставить перед соответствующими службами конкретные задачи геодезического обеспечения изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений. Использовать современные приборы и технологии выполнения инженерно-геодезических задач на стройплощадке. Владеть навыками геодезических измерений при выполнении разбивочных работ, исполнительных съемок строительно-монтажных работ, наблюдении за деформациями зданий и сооружений, а также использования топографических материалов для решения инженерных задач.

Учебник состоит из 10 разделов, разработанных Т.И. Хаметовым (предисловие, введение, разд. 1-8, 9.1-9.4, 9.5-9.7), В.Я. Швидким и В.В. Шлапаком (разд. 9.4.1, 9.5.1, 9.8., 9.9, 10).

Авторы выражают искреннюю благодарность зав. кафедрой геодезии и геоинформатики Московского ГУЗ, доктору технических наук, профессору В.Н. Баранову за ценные замечания и рекомендации при рецензировании учебника, а также оказанную помощь в его подготовке и научном редактировании. Авторы будут признательны читателям за отзывы и пожелания по улучшению содержания данного издания.

ВВЕДЕНИЕ

Прикладной (инженерной) геодезии отводится особое место в отличие от высшей геодезии, геодезии или топографии, занимающихся соответственно определением фигуры и размеров всей земли, её координат и высот в единой системе, а также измерением и изображением на планах, картах земной поверхности относительных высот и вертикальных разрезов. Применительно к сфере капитального строительства в прикладной геодезии рассматриваются вопросы геодезического обеспечения при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации зданий, сооружений, технологического оборудования, при инструментальном наблюдении за горизонтальными и вертикальными смещениями инженерных сооружений.

Экономическая эффективность капитальных вложений находится в прямой зависимости от качества, сметной стоимости и сроков строительства зданий, сооружений. На эти показатели немалое влияние оказывает состояние геодезического обеспечения строительства, в задачи которого входят достижение требуемой точности геометрических параметров возводимых объектов, проведение контрольных измерений для установления ошибок при выполнении строительно-монтажных работ и предупреждения недопустимых отклонений от проекта. От уровня решения этих задач во многом зависят прочность, долговечность конструкций и технологического оборудования зданий, сооружений. Поэтому инженер-строитель должен владеть глубокими знаниями по инженерной геодезии и иметь достаточную подготовку в вопросах геодезического сопровождения проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений.

В настоящее время в крупных городах все большее предпочтение отдается сверхвысотному и высотному строительству жилых зданий, деловых центров. Поэтому возникают повышенные требования к геометрическим параметрам и точности исполнения проектного положения всех элементов строительства в процессе строительно-монтажных работ, что приводит к необходимости разрабатывать проекты производства геодезических работ (ППГР) для сопровождения строительных процессов с целью обеспечения точности исполнения проектного положения строительных конструкций. В связи с тем, что информация о методах разработки ППГР на отдельные виды производства строительно-монтажных работ в учебнике и другой нормативно-справочной литературе недостаточно, авторы делятся своим опытом составления ППГР при высотном домостроении, оформленного в виде пояснительной записки.

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

1.1. Виды и состав геодезических работ

Инженерно-геодезические работы представляют собой комплекс измерений, вычислений и построений в чертежах и натуре, обеспечивающих правильное и точное размещение зданий и сооружений, а также возведение их конструктивных и планировочных элементов в соответствии с геометрическими параметрами проекта и требованиями нормативных документов. Работы являются составной частью процесса строительного проектирования и производства. Отсюда следует, что их содержание и технологическая последовательность должны определяться этапами и технологией основного производства. Геодезические работы в строительстве выполняются в определенном объеме и с указанной точностью, которые обеспечивают при размещении и возведении объектов строительства соответствие геометрических параметров проектной документации требованиям строительных норм и правил. Работы разделяются на следующие основные виды: съемочные, трассировочные, разбивочные, а также исполнительные съемки, наблюдения за деформациями объектов строительства.

Съемочные и трассировочные работы предшествуют проектированию строительства и проводятся в период инженерных изысканий.

Разбивочные работы ведутся непосредственно в период строительства и предназначаются для выноса проекта на местность осей и точек зданий, сооружений.

Исполнительные съемки осуществляются в процессе строительства и при его завершении с целью контроля за выполнением и качеством строительно-монтажных работ, а также составления нового плана застроенной местности.

Наблюдения за деформациями объектов строительства проводятся с начала их возведения и до окончания строительства и, при необходимости, продолжаются в период эксплуатации. При выборе площадки под строительство геодезические работы предусматривают сбор, анализ и обобщение материалов, необходимых для проектирования. Кроме того, для особо сложных физико-геологических процессов и крупных прецизионных сооружений иногда организуют геодезические наблюдения за деформациями земной поверхности.

Для строительства выполняют непосредственно топографо-геодезические изыскания и обеспечивают в геодезическом отношении другие виды изысканий. При изготовлении строительных конструкций ведется контроль за соблюдением геометрических параметров формирующего оборудо-

вания и проводится статистический контроль геометрических параметров строительных конструкций.

В состав геодезических работ, связанных с их выполнением непосредственно на строительной площадке, входят:

- создание геодезической разбивочной основы для строительства, включающей построение разбивочной сети строительной площадки и вынос в натуру основных или главных разбивочных осей зданий и сооружений, магистральных и внеплощадочных линейных сооружений, а также для монтажа технологического оборудования;

- разбивка внутриплощадочных, кроме магистральных, линейных сооружений или их частей, временных зданий (сооружений);

- создание внутренней разбивочной сети зданий (сооружений) на исходном и монтажном горизонтах и разбивочной сети для монтажа технологического оборудования, если это предусмотрено в проекте производства геодезических работ или в проекте производства работ, а также производство детальных разбивочных работ;

- геодезический контроль точности геометрических параметров зданий (сооружений) и исполнительные съемки законченных объектов или их отдельных частей с составлением исполнительной геодезической документации;

- геодезические измерения деформаций оснований, конструкций зданий (сооружений) и их частей, если это предусмотрено проектной документацией, установлено авторским надзором или органами государственного надзора.

Указанные выше геодезические работы являются необходимой частью технологии строительно-монтажных работ и осуществляются по единому графику, увязанному со сроками выполнения процесса строительного производства и специальных работ. По окончании строительства составляют технический отчет о результатах выполненных в процессе строительства геодезических работ и составляют исполнительный генеральный план.

Создание геодезической разбивочной основы для строительства и геодезические измерения деформаций зданий (сооружений) и их частей в процессе строительства выполняет заказчик. В обязанность подрядчика входит производство геодезических работ в процессе строительства, геодезический контроль точности геометрических параметров зданий (сооружений) и исполнительные съемки.

Для крупных и сложных объектов и зданий выше 9-этажей разрабатываются проекты производства геодезических работ (ППГР) в порядке, установленном для разработки проектов производства работ (ППР). ППГР могут разрабатывать как подрядчик, так и специализированные проектные организации (по заданию заказчика).

До начала выполнения геодезических работ на строительной площадке рабочие чертежи, используемые при разбивочных работах, должны быть проверены в части взаимной увязки размеров, координат и отметок и разрешены к производству техническим надзором заказчика.

Геодезические работы следует выполнять средствами измерений необходимой точности. Геодезические приборы должны быть поверены и отъюстированы в установленном порядке, регулярно поверяться перед началом работ.

К геодезическим работам приступают после предусмотренных проектной документацией расчистки территории, освобождения ее от строений, подлежащих сносу, и вертикальной планировки.

1.2. Организация обслуживания геодезических работ

Геодезическое обеспечение проектно-изыскательских работ и строительства зданий, сооружений осуществляется в следующем порядке.

На этапе проектно-изыскательских работ геодезическое обслуживание на территории города проводится отделом при главном архитекторе города.

Геодезический отдел выполняет следующие работы:

- составляет план застройки объектов и расположения подземных коммуникаций;
- выдает разрешения на топографо-геодезические работы и инженерно-геологические изыскания на территории застройки, а также ведет планирование, учет и приемку этих работ;
- осуществляет регистрацию, хранение топографо-геодезических и инженерно-геологических материалов;
- следит за сохранностью геодезических знаков;
- отводит земельные участки, выносит в натуру красные линии застройки.

Обеспечение топографо-геодезическими материалами осуществляется геодезической службой при отделе инженерных изысканий проектной организации, а также трестами инженерно-строительных изысканий, где отделы (топографо-геодезический, инженерной геологии и т.п.) специализируются по видам выполняемых работ или по комплексу всех изыскательских работ по видам строительства.

На этапе строительства выполнение геодезических работ осуществляется геодезической службой, возглавляемой главным геодезистом. В крупных строительных организациях эта геодезическая служба осуществляет руководство и контроль за работой геодезических служб строительных организаций, разрабатывает нормативные документы по геодезическим работам, организует повышение квалификации кадров геодезистов.

Основной задачей геодезической службы в строительных организациях является проведение комплекса работ, обеспечивающих точное соответствие положения возводимых конструкций, зданий, сооружений и технологического оборудования проекту.

Геодезической службой осуществляется:

- приемка от заказчика топографо-геодезической документации на объекты строительства, закрепленных на строительной площадке опорных сетей, главных осей зданий, инженерных коммуникаций и строительной сетки;

- приемка генпланов, стройгенпланов, рабочих и разбивочных чертежей объектов с проверкой геометрических размеров, координат и высотных отметок;

- согласование ППР и ППГР для объектов, по которым эти чертежи выполнены проектными организациями;

- при необходимости развитие опорной геодезической сети и строительной сетки для стройплощадки, выполненных заказчиком;

- обеспечение сохранности, восстановления геодезических пунктов и знаков в период строительства, а также замены их при утрате с определением нового планово-высотного положения на стройплощадке;

- производство геодезических разбивочных работ и расчет необходимой точности геодезических измерений, выполняемых на всех стадиях строительства;

- геодезический контроль за соблюдением строительных норм и правил (СНиП) в процессе строительства;

- геодезическое наблюдение за деформацией зданий и сооружений с начала строительства (при необходимости);

- составление технических отчетов о выполненных геодезических работах за время строительства;

- исполнительные съемки законченных строительных объектов или их отдельных частей, а также участие в приемке актов на скрытые работы, определение объемов земляных работ и проведение контрольных измерений.

В строительных организациях с большим объемом строительных и монтажных работ, а следовательно и геодезических работ, штаты геодезических служб определяются исходя из объемов работ, степени сложности строящегося объекта и характера геодезических работ. Геодезическая служба в таких строительных организациях состоит из главного геодезиста и нескольких исполнителей геодезических работ. Подчиняются работники геодезической службы главному инженеру строительной организации. В крупных трестах и объединениях создают геодезические отделы или группы, состоящие из нескольких десятков человек, возглавляемые главным геодезистом.

В специализированных управлениях и организациях, где объем строительных и монтажных работ, а следовательно, и геодезических работ относительно невелик, назначают ответственных лиц из числа ИТР, которые организуют своевременное геодезическое обеспечение строительных работ.

В обязанности главного геодезиста входят обобщение материалов о состоянии геодезической службы и разработка мероприятий по ее совершенствованию; контроль работы геодезических служб подведомственных организаций; информирование руководства строительной организации о необходимости приостановления строительно-монтажных работ в связи с обнаружением брака; участие в комиссиях по расследованию причин аварий на строительных объектах по вопросам, входящим в его компетенцию.

Старшие геодезисты и геодезисты (исполнители геодезических работ) строительных управлений и промышленных предприятий должны знать техническую документацию, необходимую для производства геодезических работ, вести журнал геодезического контроля и сообщать линейному персоналу строительства о результатах контроля.

Старшие геодезисты и геодезисты должны:

- вести исполнительную документацию, необходимую для сдачи объекта в эксплуатацию;
- выносить и контролировать положение осей;
- проверять устанавливаемую опалубку и наносить на ней осевые метки;
- делать запись в журнале производства строительно-монтажных работ, дающую право на их продолжение;
- периодически контролировать разбивочные и замерные работы, выполняемые линейным инженерно-техническим персоналом;
- следить за исправностью геодезических приборов, производить поверки и юстировки;
- инструктировать рабочих геодезической службы и линейный персонал управления по вопросам геодезического обслуживания.

Геодезическая служба строительной организации несет ответственность за установленный порядок и соблюдение точности разбивочных геодезических работ, выполняемых на строительных участках. Поэтому наиболее ответственные работы по геодезическому обеспечению строительства выполняют работники геодезической службы. К этим работам относятся: разбивка осей сооружений и зданий, создание внутренней разбивочной сети; передача осей и высот на монтажные горизонты; производство исполнительных съемок и ведение геодезической документации. Однако выполнение функций работниками геодезической службы не снимает с линейного персонала строительно-монтажных организаций их ответственности за качество выполнения работ, простых детальных разбивок, проверочных нивелировок, замеров объемов выполненных работ.

Администрация строительной организации должна обеспечивать геодезическую службу приборами и оборудованием, инвентарем и транспортными средствами, а также помещениями для проведения камеральных работ и хранения приборов и документации.

В зависимости от сложности и объема строящихся объектов на практике сложились различные формы организации их геодезического обслуживания.

При строительстве сложных объектов геодезические работы выполняет субподрядная геодезическая организация или специально созданная геодезическая группа. При этом подрядная организация утверждает планы и сметы на геодезические работы, контролирует ход этих работ (в промышленном строительстве), а также выполняет менее сложные геодезические работы.

При каркасно-панельном строительстве наиболее сложные геодезические работы проводятся силами геодезической организации или геодезической группы, менее сложные – техником-геодезистом.

Контрольная геодезическая съемка при приемке строительных работ выполняется заказчиком, осуществляющим общий технический надзор за строительством, или проектной организацией (по поручению заказчика) за счет средств, отведенных на технический надзор.

За правильностью выполнения геодезических работ при проектировании и строительстве зданий, сооружений ведется государственный технический надзор. Он осуществляется силами территориальных инспекций, в задачу которых по части строительства входит контроль за выполнением, качеством и стоимостью геодезических работ; выдача геодезических данных и сведений; осуществление приемки завершенных геодезических и картографических работ; аттестация геодезических приборов, инструментов и контроль за использованием их в производстве геодезических работ.

1.3. Геодезические работы, выполняемые линейными ИТР

Непосредственно на строительных участках типовую, несложную детальную разбивку и геодезическое обеспечение отдельных строительно-монтажных работ с соблюдением установленной точности выполняют прорабы и мастера под контролем инженера или техника-геодезиста в отдельных случаях (в зависимости от сложности).

На линейный персонал, прорабов и мастеров, возлагаются следующие обязанности:

- обеспечение геодезическими приборами и инструментами, инвентарем и транспортом, а также помещениями для проведения камеральных работ и хранения приборов, инструментов и документов;

- обеспечение в пределах строительной площадки сохранности принятых знаков геодезической планово-высотной основы, в том числе главных и основных осей зданий, инженерных сооружений, строительной сетки, а также постоянных знаков пунктов рабочей планово-высотной основы;

- передача заказчику по акту комплекта исполнительной геодезической документации.

В соответствии со «Сборником примерных положений о должностях линейных инженерно-технических работников строительного производства» старший прораб должен знать порядок организации и производства геодезических работ, прораб – порядок организации и производства геодезических работ на участке, мастер – правила работы с геодезическими приборами, а также уметь производить необходимые разбивочные и замерные работы. Бригадир должен уметь пользоваться метром, рулеткой, уровнем и отвесом. Лица линейного инженерно-технического персонала должны выполнять следующие виды работ:

- приемку по акту от геодезистов управления закрепленных в натуре осей зданий, сооружений, трасс и т.д.;

- устройство обносков, их ремонт или восстановление;

- выборочную проверку геометрических размеров и форм строительных конструкций;

- контроль установки шаблонов, откосников, направляющих по отметкам и осям, вынесенным в натуру геодезистом;

- контроль, установку и предварительную проверку опалубки по вынесенным осям и отметкам;

- разбивку анкеров от осей, нанесенных на опалубке;

- предварительную проверку блоков и металлоконструкций, подготавливаемых к бетонированию перед окончательной геодезической выверкой;

- определение объемов земляных, бетонных и других работ, предъявляемых к оплате;

- нивелировку для проверки горизонтальности кирпичной кладки, фундаментных блоков, ригелей, балок;

- установку маяков и выравнивание дна фундаментов стаканного типа по отметкам, вынесенным геодезистом;

- установку (по указанию ИТР геодезической службы) закладных металлических частей в фундаменте для нанесения осей и отметок;

- предварительную установку колонн в плане, по высоте и вертикали;

- выверку строительных конструкций непосредственно в процессе монтажа;

- нанесение на колонны, балки, фермы и другие конструкции осевых рисок и отметок в местах, указанных геодезистом;

- наблюдение за сохранностью закрепленных в натуре осевых рисок и высотных отметок.

Производители работ и мастера не имеют права приступать к строительно-монтажным работам до выполнения геодезических разбивок, оформленных соответствующим актом. Акт разбивки, утвержденный главным инженером, является разрешением на производство строительно-монтажных работ. Запрещается производить работы, препятствующие геодезическому контролю ранее выполненных работ (засыпку траншей коммуникаций, котлованов фундаментов, кабельных траншей и т.п.).

1.4. Нормативная и проектная документация для выполнения геодезических работ

Геодезические работы регламентируются тремя основными документами. СНиП 3.01.03–84 «Геодезические работы в строительстве» [24] содержат требования к геодезической разбивочной основе, разбивочным работам, контролю точности выполнения строительно-монтажных работ, а также определяют условия обеспечения точности геодезических измерений. СНиП 11-02–96 «Инженерные изыскания для строительства» [22] и СП 11-104–97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства» [25] регламентируют производство всего комплекса геодезических работ при инженерно-геодезических изысканиях. Во многих СНиПах, относящихся к различным видам проектных и строительных работ, имеются разделы, определяющие требования к точности геодезических разбивок и построения разбивочной геодезической основы.

Геодезические работы в строительстве могут быть регламентированы местными и ведомственными строительными нормами. Используются также нормативная и инструктивная документация Федеральной службы геодезии и картографии России. Всего используется свыше 25 общероссийских стандартов и СНиПов, где приведены нормы и правила геодезических работ [11, с.364].

Строительство зданий и сооружений осуществляется по проектам. Основным проектным документом, отражающим принципы организации будущего строительства, является генеральный план (генплан) застройки участка местности, на котором показаны взаимное расположение зданий, сооружений и инженерных сетей, объекты благоустройства и озеленения. Топографический план территории, фиксирующий положение зданий и сооружений, а также рельефа местности после окончания строительства, называют исполнительным генпланом.

Кроме генпланов, для выполнения разбивочных работ, связанных с перенесением проектируемых объектов на местность, при проведении работ по вертикальной планировке и благоустройству территории застройки используются разбивочные чертежи. Они составляются на основе генплана с учетом размещения пунктов геодезической основы на строительной

площадке и содержат значения горизонтальных углов и расстояний, необходимые для перенесения на местность той или иной точки, линии, плоскости.

Для осуществления детальной разбивки зданий, сооружений, а также для решения других вопросов, связанных с выполнением геодезических работ на строительной площадке, используются рабочие чертежи. Они представляют собой крупномасштабные и вертикальные разрезы зданий, сооружений.

К основным рабочим чертежам, используемым при геодезических работах, относятся заглавный лист проекта, план разбивки главных или основных осей, план фундаментов зданий, сооружений, площадок под оборудование, вертикальные разрезы, чертежи на монтажные работы и технологическое оборудование.

Наряду с основной характеристикой архитектурно-планировочного решения в заглавном листе проекта содержатся данные по планово-высотной геодезической привязке объекта, связи абсолютных отметок с условными, а также указана условная нулевая отметка (уровень пола 1-го этажа).

На плане разбивки главных или основных осей здания или сооружения показаны главные оси, продольные и поперечные основные оси, характеризующие габариты строящегося объекта, указаны координаты пересечения осей, а также координаты углов поворота дорог, опор линий электропередачи, колодцев подземных инженерных сетей.

На плане фундаментов здания, сооружения представлены все разбивочные оси с привязками к ним отдельных частей фундамента, его габариты и отметки верхнего обреза, глубина заложения в грунте, расстояние между осями.

На плане фундаментов под оборудование изображены: расположение осей фундаментов под оборудование, размеры и глубина их заложения с привязкой к основным осям здания, сооружения, а также разбивочные данные закладных деталей и выпуски анкерных болтов.

На вертикальных разрезах здания, сооружения показаны: глубина заложения фундаментов, габариты и отметки оконных и дверных проемов, а также конструкций и отдельных элементов здания, сооружения.

Монтажные чертежи технологического оборудования используются для выполнения точных геодезических разбивок основных и вспомогательных осей, а также для выноса проектных отметок.

В состав проектной документации, кроме перечисленных выше материалов, входит ряд других документов. Например, чертежи по выносу в натуру проекта вертикальной планировки (картограмма земляных масс и т.п.). При строительстве крупных и сложных объектов, а также многоэтажных крупнопанельных зданий обязательно наличие проекта производства геодезических работ (ППГР).

1.5. Техника безопасности при выполнении геодезических работ на стройплощадке

При производстве геодезических работ на стройплощадке необходимо соблюдение требований норм и правил по технике безопасности, изложенных в СНиП 12-04–2002 «Безопасность труда в строительстве» (гл.2 «Строительное производство») и ведомственных инструкциях. К выполнению геодезических работ допускаются лица, прошедшие инструктаж, оформленный приказом по строительной организации.

При выполнении геодезических работ на строительных площадках прежде всего соблюдаются общие правила техники безопасности строительства. На строительных площадках устанавливают знаки безопасности и надписи около опасных зон, где действуют или могут возникнуть опасные производственные факторы, например «Зона работы крана», «Открытые проемы» и т.д. К таким зонам относятся: пространство вблизи незаземленных токоведущих частей электроустановок; места передвижения машин, хранения вредных веществ; территория, над которой перемещают грузы грузоподъемными кранами, где работает оборудование с вращающимися рабочими органами и ведутся сварочные работы. Строящиеся здания и сооружения ограждают заборами и козырьками.

Опасность получения травмы или увечья определяется в зависимости от условий рабочего места лица, производящего геодезические работы. При работе на проезжей части дороги с интенсивным движением транспорта и работе на стройплощадке с большим числом работающих механизмов назначают наблюдателя-рабочего. По проезжей части дороги разрешается ходить только у кромки тротуара навстречу движущемуся транспорту – в таком направлении и ведутся измерения в ходах. Запрещается оставлять геодезические приборы без надзора на проезжих частях улиц и дорог, стройплощадке. На земляных работах при рытье глубокого котлована необходимо следить за крутизной откосов и правильным креплением стенок, избегать подкопов.

Запрещается производить геодезические работы с установкой прибора: рядом с экскаватором во время его работы или под стрелой; на краю котлована с крутыми откосами, а также на краю неглубокого котлована, в месте выемки грунта экскаватором, во избежание обвала; под нависшим грунтом (козырьком) или непосредственно на нем.

Запрещается размещать оси и другие ориентиры на элементах конструкций во время их подъема, перемещения или в подвешенном состоянии. Нельзя оставлять геодезические приборы и принадлежности без присмотра на монтажном горизонте во время перерыва в работе. Геодезические приборы переносят только в упаковочных ящиках, а штативы – в сложенном виде.

В зимнее время при обогреве грунта и бетона электропрогревом геодезические измерения следует производить вне таких участков, предупреждая возможность поражения электрическим током из-за касания измерительного прибора к арматуре, находящейся под напряжением. В местах, где выполняется электросварка арматуры или имеются токоведущие линии, выполнять геодезические измерения запрещено. При необходимости, электролинию следует на время измерений отключить.

Высоту подвесных проводов линий электропередачи, электроподстанций определяют аналитическим путем, не касаясь проводов рейками, рулетками, вешками. Рейки, вешки и другие предметы, применяемые для измерений, не разрешается подносить ближе, чем на 2 м к электропроводам, в том числе контактными на железных дорогах и трамвайных линиях.

При закладке временных кольев, штырей и других знаков их верхнюю часть забивают вровень с поверхностью земли, а их длина не должна быть более 15 см.

При разбивке монолитных фундаментов и исполнительной съемке опалубки и закладных деталей фундаментов не разрешается ходить по арматуре, переходить с опалубки на опалубку по распоркам во избежание несчастных случаев. При необходимости следует устраивать переходные мостики или настилы. Запрещается вести разбивочные работы на опалубке в дождливое время.

Для подсвечивания визирных целей теодолитов, шкалы нивелирной рейки и непосредственно прибора следует использовать только шахтерские или карманные электрические фонари, а также переносные лампы. Возможно применение электроламп при наличии у работающих резиновых перчаток и обуви.

При перемещении с приборами на строящемся объекте следует пользоваться только закрепленными стремянками и лестницами с исправными ступеньками. Следует избегать передвижения по лестницам, ступеньки которых не очищены от грязи, снега и льда. Запрещается передвигаться по конструкции, перемышкам, перегородкам и стенам.

Геодезический контроль монтажа внутри многоэтажного здания должен производиться с мест, защищенных настилами с козырьками. Для подъема геодезистов на высоту следует использовать шахтные подъемники, лифты, а где их нет – применять подвесные, навесные и передвижные лестницы с ограждениями и площадками.

Переходы с приборами и инструментами от колонны к колонне, с ригеля на ригель допускаются только по удобным подмостям или переносным мостикам. При работе в опасных местах исполнитель должен привязывать себя страховочным поясом за прочно закрепленную конструкцию. При работе на высоте с установкой прибора на панель или ригель для

исполнителя должны устраиваться площадки или люлька. Во время сварочных работ измерения на металлических балках и ригелях проводить запрещается.

При работе на монтажном горизонте все проемы и отверстия должны быть закрыты. При передаче точек плановой основы на последующие этажи здания методом вертикального проектирования отверстия в перекрытиях должны быть снабжены рассеивателями.

При контроле монтажа несущего каркаса прибор должен устанавливаться не ближе полуторной высоты от монтируемой конструкции.

Выполняя работы на первых этажах здания и вблизи его стен, следует устраивать защитные приспособления, предохраняющие исполнителей от падающих сверху предметов и материалов.

Запрещается производить геодезические работы в опасных зонах: вблизи погрузочно-разгрузочных работ, подачи материалов и конструкций подъемными кранами; запрещается ходить по подкрановым балкам при измерениях и рихтовке рельсовых путей. При этом в местах установки прибора должны быть устроены площадки с ограждением и прочной лестницей.

Съемка существующих подземных коммуникаций, как правило, связана с их обследованием. При обследовании снимают крышки колодцев и ставят около них треногу со знаком «Опасность».

При исполнительной съемке, нивелировании водопроводных и канализационных колодцев, измерениях рулеткой или установке рейки внутри колодцев необходимо убедиться в отсутствии в них скоплений опасного для жизни газа. Поэтому перед спуском людей в колодец опускают в него шахтерскую лампу. Если в колодце есть метан, лампа гаснет или сильно уменьшает силу света, а при наличии светильного газа – вспыхивает и гаснет. От паров бензина пламя лампы удлиняется и окрашивается в синий цвет, от аммиачного газа без вспышки гаснет. Если лампа не гаснет, а горит ровным светом (таким же, как и на поверхности), то газов в колодце нет и можно опускаться. Запрещается проверять газ по запаху, бросать в колодец зажженную бумагу или опускать горящую свечу или фонарь.

Во время работы следят за открытыми люками, не допуская к ним посторонних людей. По окончании работы или при перерыве все люки колодцев плотно закрывают крышками. Инструменты, лампы и предметы опускают в колодец на веревке после подачи работающим в колодце условного сигнала. Колодец освещают шахтерской лампой. Работы ведутся в рукавицах.

Геодезические работы на строительной площадке запрещается выполнять при порывистом ветре силой в 6 баллов, сильном снегопаде, дожде и ограниченной видимости, при температуре воздуха от -30°C и ниже, а также без касок и предохранительных поясов на монтажном гори-

зонте в зоне монтажа и работы башенного крана, на монтажной площадке при гололеде.

При работе на строительной площадке с лазерными приборами следует соблюдать все меры предосторожности, указанные в инструкции по использованию прибора. При выполнении работ с применением лазерного луча в местах возможного прохода людей устанавливают экраны, исключающие распространение луча за пределы мест производства работ.

Ответственность за несоблюдение требований по технике безопасности несет руководство строительной организации.

Вопросы для самоконтроля знаний

1. Назовите основные виды инженерно-геодезических работ.
2. Содержание основных видов инженерно-геодезических работ.
3. Состав геодезических работ, выполненных на стройплощадке.
4. В чью обязанность входит создание геодезической разбивочной основы?
5. Кто осуществляет обеспечение топографо-геодезическими материалами в период проектно-изыскательских работ?
6. Порядок обслуживания геодезических работ на этапе строительства объектов.
7. Какие функции выполняет главный геодезист и геодезист строительной организации?
8. Назовите наиболее ответственные работы по геодезическому обеспечению строительно-монтажных работ.
9. Кто выполняет контрольную исполнительную съемку при приемке строительных работ?
10. Функции государственного технического надзора в вопросах выполнения геодезических работ.
11. Назовите виды геодезических работ, которые должны выполняться на объекте инженерно-техническим персоналом?
12. Возможно ли выполнение строительно-монтажных работ до оформления акта о приемке геодезических разбивок?
13. Какие документы (чертежи) используются для выполнения разбивочных работ при перенесении проектируемых объектов на местность?

2. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

2.1. Состав и содержание работ при инженерных изысканиях для целей проектирования зданий и сооружений

Изыскание – это комплекс экономических и технических исследований района будущего строительства с целью получения данных, необходимых для решения вопросов проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений.

Изыскания подразделяются на:

- технико-экономические;
- инженерные.

Технико-экономические изыскания для разработки технико-экономического обоснования (ТЭО), целесообразности строительства объектов на данной территории выполняют в первую очередь. При этом рассматриваются техническая возможность строительства, вопросы хозяйственной, социальной и экологической обстановки, а также наличие сырьевой и строительной баз, подъездных путей, трудовых ресурсов и т.п.

Инженерные изыскания проводят для комплексного изучения природных условий территории строительства и определения порядка размещения будущих объектов строительства на местности, то есть для получения данных, необходимых на стадии проектирования. Инженерные изыскания предшествуют проектированию и строительству объектов и заключаются во всестороннем изучении и анализе территории.

Проектирование объектов строительства осуществляют, как правило, в одну или две стадии, в зависимости от технической сложности объекта и необходимости разработки рабочих чертежей со сметами. Инженерные изыскания осуществляют отдельно для каждой стадии проектирования. При этом для сложных объектов могут выполняться дополнительные изыскания в целях доработки проектных решений.

Инженерные изыскания, в зависимости от времени исполнения и характера работ, делятся на три периода: **подготовительный** – сбор и анализ материалов ранее проведенных изысканий на данной территории, составление программы, смет и формирование изыскательских подразделений; **полевой** – выполнение работ по намеченной программе на местности, а также части камеральных и лабораторных работ для обеспечения непрерывности полевого изыскательского процесса и контроля полноты, точности полевых работ; **камеральный** – обработка и оформление результатов полевых работ, составление отчетной документации.

По содержанию работ и назначению инженерные изыскания делятся на три основных вида: инженерно-геологические, инженерно-геодезические и

инженерно-гидрометеорологические. Кроме того, могут проводиться специальные изыскания, в зависимости от почвенно-грунтовых, геоботанических, экономических и других факторов.

При выполнении инженерно-геологических изысканий подлежат изучению качество грунта под здания и сооружения, физико-механические свойства и формы их проявления, грунтовые воды. При инженерно-гидрометеорологических изысканиях изучаются поверхностные воды и климатические условия. При инженерно-геодезических изысканиях объектом изучения являются рельеф и ситуация участка местности, выделенного под застройку. В состав работ здесь входят создание опорных геодезических сетей, производство топографических съемок в масштабах 1:500–1:1000, изыскание трасс для строительства линейных сооружений. Выполнение этих работ является началом геодезического обслуживания строительства.

Инженерные изыскания выполняют тресты инженерных изысканий и проектно-изыскательские организации соответствующих министерств и ведомств, в которых для выполнения изыскательских работ формируются подразделения (экспедиции, партии, отряды и бригады).

Инженерные изыскания проводятся в соответствии с техническим заданием: составляется проект или программа производства геодезических изысканий, в зависимости от сложности комплекса изыскательских работ.

Инженерные изыскания выполняются в соответствии с требованиями нормативных документов Федеральной службы геодезии и картографии (ФСГК) России. Изыскания должны обеспечивать получение всех материалов и данных, необходимых для проектирования, строительства зданий и сооружений, а также реконструкции предприятий.

На основании материалов инженерных изысканий разрабатывается комплекс документов проектов строительства зданий и сооружений.

2.2. Инженерно-геодезические изыскания

Инженерно-геодезические изыскания являются составной частью комплекса изысканий: инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических, экологических, экономических и др. Изыскания проводятся в соответствии со строительными нормами и правилами: «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.» (СН и П 11-02-96) [22] и «Инженерно-геодезические изыскания для строительства» (СП 11-104-97) [25].

Выполнение геодезических работ по инженерным изысканиям является неотъемлемой частью основных этапов технологического процесса возведения зданий, сооружений. Оно предшествует и сопутствует их проектированию, строительству и эксплуатации.

Инженерно-геодезические изыскания имеют целью получение широкого спектра данных для составления проекта строительства. В процессе инженерно-геодезических изысканий выполняются следующие работы:

- сбор и анализ имеющихся топографо-геодезических материалов на данную территорию;
- создание планово-высотных съемочных сетей;
- топографическая съемка участка проектирования;
- съемка подземных инженерных коммуникаций;
- геодезическое трассирование линейных сооружений;
- геодезическое обеспечение других видов изысканий с планово-высотной привязкой точек полевых измерений и наблюдений.

Для решения вопросов по вариантам рационального расположения проектируемых объектов строительства на данной территории необходимо наличие карт, планов, профилей местности, схем, а также материалов по опорным геодезическим сетям и крупномасштабным съемкам будущей строительной площадки или направления линейного сооружения.

При разработке ТЭО целесообразности строительства объекта на территорию застройки подбирают топографо-геодезические данные прошлых лет, производят их обновление или новую съемку. Подготовка этих материалов осуществляется в процессе проведения инженерно-геодезических изысканий для предпроектной документации. В этот период на площадке проектируемого строительства выполняются основные работы: проверка наличия и (при необходимости) создание опорной геодезической сети, топографические съемки, промеры глубин на реках и водоемах, нивелирование водотоков для составления продольных и поперечных профилей по промеренным створам, перенесение в натуру и привязка инженерно-геологических выработок.

На этапе проектирования инженерно-геодезические изыскания предваряют каждую последующую стадию выполнения геодезических работ по инженерной подготовке площадки проектируемого строительства, а также геодезических расчетов по подготовке к размещению на этой площадке объектов строительства в плане и высоте.

Изыскания для проекта отличаются от ранее выполненных работ по изысканиям для проектной документации лишь значительным объемом по точности и детальности разработок. Результатом изысканий является получение топографо-геодезических и гидрографических материалов, необходимых для разработки генплана строительства или определения оптимального направления трассы линейных сооружений. На этом этапе выполняются следующие работы: сбор и анализ топографо-геодезического материала, построение (развитие) опорных геодезических сетей, создание планово-высотной съемочной сети, топографические съемки, геоде-

зическое обеспечение других видов изысканий, составление и размножение планов.

Выбор масштаба топографической съемки и высоты сечения рельефа зависит от вида строительства, типов зданий и сооружений, густоты инженерных коммуникаций, характера застройки, степени благоустройства территории и природных условий.

Топографическая съемка для разработки генплана строительства выполняется в масштабах 1:500–1:10000 с высотой сечения рельефа, выбираемой в зависимости от характера рельефа.

Для разработки проектов реконструкции эксплуатируемых предприятий, застройки населенных пунктов производится топографическая съемка в масштабах 1:1000 и 1:500, с высотой сечения рельефа через 1–0,5 м.

Инженерно-геодезические изыскания для рабочих чертежей должны обеспечить получение топографо-геодезических данных на участках проектируемых объектов и заключаются в дальнейшей детализации ранее выполненных изысканий для проекта, а также в большем развитии опорных и съемочных геодезических сетей, обеспечении других видов изысканий, обновлении и размножении планов. Масштабы съемок определяются в зависимости от участков съемки и вида проектируемого объекта.

Для реконструкции действующих предприятий дополнительно выполняются координирование углов капитальных зданий (сооружений), колодцев, опор инженерных коммуникаций; детальное обследование конструкций зданий (сооружений) и инженерных коммуникаций, а также опор и колодцев; съемка геометрических параметров несущего каркаса зданий (сооружений); наружные обмеры зданий (сооружений); геодезическое обеспечение инженерных режимных наблюдений.

Для реконструкции предприятий по специальному заданию по данным наружных обмеров зданий (сооружений) составляются обмерные чертежи в масштабах 1:500–1:50. Расхождение длин стен зданий, полученных из обмеров и вычисленных по координатам, не должно превышать 10 мм при длинах менее 100 м и 1/1000 при длинах свыше 100 м.

Содержание инженерно-геодезических изысканий, **предшествующих строительству**, заключается в выполнении работ по выносу в натуру главных и основных осей зданий, сооружений перед началом их строительства. **На этапе непосредственного строительства** выполняются работы по детальной разбивке и геодезическому обслуживанию строительно-монтажных работ.

После завершения строительства перед сдачей объектов в эксплуатацию инженерно-геодезические изыскания заканчиваются выполнением исполнительных съемок, а в период эксплуатации зданий и сооружений – наблюдением за возможными деформациями грунта и отдельных строительных конструкций.

Состав и объем инженерно-геодезических изысканий зависит прежде всего от сложности проектирования и строительства данного объекта и должен определяться в программе изыскательских работ. По результатам выполненных инженерно-геодезических изысканий составляется технический отчет.

Обновление имеющихся топографических планов выполняется для приведения их в соответствие с современным состоянием ситуации и рельефа. При этом используются материалы съемки текущих измерений, исполнительной съемки и аэрокосмических съемок. Геодезической основой для выполнения инженерно-геодезических изысканий на площадках служат пункты опорных геодезических сетей и точки съемочной геодезической сети. Геодезической плановой основой на больших территориях строительства являются государственные сети триангуляции, трилатерации и полигонометрии 1, 2, 3 и 4 классов, а высотной основой – нивелирные сети I, II, III и IV классов. При отсутствии пунктов геодезических сетей на территории строительства в качестве плановой геодезической основы для крупномасштабной съемки строят самостоятельные свободные сети линейно-угловой триангуляции, трилатерации или полигонометрии, используется спутниковая система ГЛОНАСС.

Отличительными особенностями современных инженерно-геодезических изысканий являются:

1 – широкое использование компьютерных технологий сбора информации о местности: геоинформационных систем – ГИС, а также данных государственного кадастра недвижимости;

2 – применение материалов аэрокосмических съемок в сочетании с технологиями, основанными на наблюдениях искусственных спутников Земли (ИСЗ);

3 – создание цифровых моделей местности и рельефа, электронных карт и планов, 3D – визуализация участков возможного размещения новых объектов строительства.

Таким образом, необходимая информация и топографическое обеспечение проектирования и строительства могут быть получены в кратчайшие сроки и в форме, совместимой с технологиями системного автоматизированного проектирования.

2.3. Инженерно-геодезические изыскания трассы линейных сооружений

Трассой называют продольную ось проектируемого линейного сооружения. К линейным сооружениям относят подъездные, железные и автомобильные дороги, линии электропередачи, связи, водопровода, канализации, теплосети и т.п., сооружения линейного типа с малой площадью застройки,

но значительные по протяженности. Положение такого сооружения на местности определяется основным геометрическим параметром – осью трассы (ось проектируемого сооружения).

Основными элементами трассы являются планы прямых и кривых участков разного направления, плавно переходящих друг в друга и продольный профиль (вертикальный разрез по оси трассы), состоящий из прямых участков с разными уклонами. Задать на местности направление оси трассы означает задать положение направления оси данного вида линейного сооружения. При выборе направления положения трассы необходимо руководствоваться соответствующими техническими условиями на ее проектирование. Так, для автомобильных дорог необходимо обеспечить плавность и безопасность движения, а для самотечных трубопроводов – уклоны и глубину заложения, обеспечивающие нормальное их функционирование. Кроме технических условий, в расчет принимают экономические, экологические и другие факторы.

Выполнение такого комплекса работ по выбору оптимального варианта прокладки трассы, отвечающего предъявляемым требованиям и дающего наибольший экономический эффект, называют **трассированием**.

Трассирование по имеющимся или вновь составленным в процессе изысканий топографическим картам и планам называют **камеральным трассированием**.

Работы по переносу и закреплению запроектированной трассы на местности называют **полевым трассированием**.

Порядок и состав выполнения работ по инженерно-геодезическим изысканиям для проектирования трасс линейных сооружений немного отличаются от работ по изысканиям для строительных площадок.

Инженерно-геодезические изыскания для всех типов линейных сооружений осуществляются в следующем порядке:

- выбор направления трассы по топографической карте с последующим осмотром местности в натуре;
- согласование прохождения трассы с соответствующими юридическими лицами (так как строительство линейного сооружения связано с изъятием земли у землепользователей и землевладельцев);
- вынос трассы с карты на местность, закрепление ее знаками с разбивкой пикетажа и элементов кривых;
- нивелирование трассы;
- плановая и высотная привязки трассы;
- составление плана трассы и переходов ее через препятствия в более крупном масштабе, составление продольного и поперечного профилей.

В соответствии с двухстадийным проектированием трасс линейных сооружений изыскания трасс делятся на **предварительные и окончательные**.

В состав предварительных изысканий (осуществляются на стадии разработки проекта) входит выполнение следующих работ:

- сбор и анализ имеющихся топографо-геодезических, аэросъемочных материалов, а также данных изысканий прошлых лет по направлению трассы;

- камеральное трассирование вариантов трассы и полевое обследование намеченных вариантов;

- топографическая съемка вдоль намеченных вариантов трассы.

В случае отсутствия крупномасштабных топографических планов выполняют полевое трассирование с проложением теодолитных и тахеометрических ходов по всей длине трассы.

Предварительные изыскания для получения материалов, необходимых для определения оптимального положения трассы сооружения, осуществляются в основном камеральным путем. При **камеральном трассировании** выполняется проектирование трассы по топографическим картам масштабов 1:25000, 1:50000 в нескольких вариантах. Трассу прокладывают участками по линии опорных точек, соединяющей ее начало и конец, руководствуясь при этом заданным уклоном трассирования i . Для этого вычисляют соответствующее уклону заложение d по формуле

$$d = \frac{h}{iM}, \quad (1)$$

где h – сечение рельефа;

M – масштаб карты.

Используя вычисленные заложения на карте, осуществляют размещение трассы. При этом выявляются участки «вольного» (рельеф не создает препятствий для продвижения трассы по заданному направлению) и «напряженного» ходов (уклон местности больше уклона трассы).

На участках «вольного» хода трассу намечают по желаемому направлению. На участках же «напряженного» хода требуется предварительно обозначить линию нулевых работ – вариант расположения трассы, когда ее проектный уклон будет выдерживаться без выполнения земляных работ.

Линию нулевых работ намечают раствором циркуля, равным заложению d , последовательно засекая соседние горизонталы и соединяя полученные точки отрезками прямых. После ее спрямления транспортиром измеряют углы поворота трассы и назначают радиусы кривых. Затем приступают к разбивке пикетажа: от начала и до конца трассы через каждые 100 м отмечают точки (пикеты). По горизонталям устанавливают отметки пикетов и характерных перегибов местности вдоль трассы. По отметкам и пикетажу строят продольный профиль трассы. По нему проектируют ее высотное положение, вычисляют длины отдельных участков,

объем земляных работ и т.п. Осуществляют технико-экономическое сравнение вариантов трассы и выбирают оптимальный.

При **полевом обследовании** подробно изучают природные условия вдоль выбранного варианта трассы, особенно в местах сложных переходов и неблагоприятной геологии. Уточняют положение трассы, закрепляя в натуре наиболее трудные участки.

Окончательные изыскания (для рабочей документации) представляют собой в основном полевые изыскания на местности вдоль трассы: полевое трассирование, планово-высотные привязки трасс к пунктам опорной геодезической сети; топографическая съемка полосы местности вдоль трассы.

В полевое трассирование входят проложение теодолитных ходов по оси трассы и вешение линий; закрепление вершин углов поворота трассы и створных точек; установление реперов; разбивка и закрепление пикетажа, элементов кривых, поперечников и всей трассы; техническое нивелирование по трассе и поперечникам.

Разбивку пикетажа производят по всей длине трассы. Она состоит в том, что вдоль трассы последовательно откладывают отрезки по 100 м (на застроенной территории длиной 20–40 м). Концы отрезков, закрепленные кольями, называют пикетами, начало трассы обозначают нулевым пикетом (ПК0). Кроме пикетов, по трассе закрепляют рельефные точки (перегибы скатов), контурные (пересекаемые трассой контуры) и вершины углов поворота; эти точки обозначают плюсовыми, расстояние измеряют в метрах от младшего пикета (например, ПК1+30). Для характеристики поперечных уклонов местности в обе стороны от трассы разбивают поперечники. Точки поперечников закрепляют кольями, на которых пишут номер поперечника с указанием направления (вправо – П или влево – Л) и расстояние расположения данной точки (например ‘Попер. №1 + Л – 20’) от трассы.

Одновременно с разбивкой пикетажа ведется съемка полосы местности, прилегающей к трассе. Результаты съемки заносят в пикетажный журнал, в котором трассу изображают прямой линией, а углы поворота обозначают стрелками. В пикетажный журнал выписывают номера и данные привязок реперов, поперечников, элементы, расчет главных точек круговых, а также информацию о грунтах по трассе.

Ширина полосы съемки вдоль трассы линейного сооружения должна составлять до 100 м на незастроенных территориях и ограничиться шириной проезда (улицы) на застроенных территориях.

В местах поворота трассы ее участки сопрягаются кривыми, чаще всего круговыми, т.е. дугами определенного радиуса. Разбивка круговой кривой сводится к определению планового положения трех ее главных точек: начала кривой (НК), середины кривой (СК) и конца кривой (КК). Для этого

по трассе определяют положение вершины угла поворота, измеряют теодолитом угол поворота трассы φ .

Вычисляют элементы круговой кривой: *тангенс кривой (Т)*, *длину кривой (К)*, *домер (Д)*, *биссектрису (Б)*. Элементы круговой кривой Т, К, Д, Б можно выписать из таблиц для разбивки круговых и переходных кривых по заданным углам поворота φ и радиусу кривой R.

Отложив от вершины угла поворота назад и вперед по трассе величину тангенса, получают точки начала НК и конца КК кривой. Для определения положения середины кривой СК с помощью установленного в вершине угла теодолита делят пополам смежный с углом поворота угол $(180^\circ - \varphi_1)$ и по этому направлению откладывают величину биссектрисы.

Поскольку линейные измерения производятся по прямым участкам трассы, а вычисление расстояний по трассе должно вестись с учетом кривых, в длину трассы вводится поправка $D = 2T - K$. Домер удобнее откладывать сразу за вершиной угла. Этой точке присваивается пикетное значение вершины угла поворота, что обеспечит совпадение пикета конца кривой.

Пикетажные значения начала НК, конца КК кривой получают из расчета: $NK = ВУ - T$, $KK = НК + K$, а затем производят контроль положения конца кривой $KK = ВУ + T - D$. Допустимое расхождение при определении положения конца кривой не должно превышать 3 см.

2.4. Генплан и его геодезическая основа

Площадки, выделенные под застройку, подлежат съемкам в крупных масштабах – 1:500, 1:1000, 1:2000. На полученной топографической основе крупного масштаба разрабатывается проект застройки – генеральный план (*г е н п л а н*) застройки.

Генпланом называется проект размещения на топографической карте крупного масштаба зданий, сооружений и инженерных сетей, составляющих комплекс жилой застройки или промышленного предприятия.

На стадии разработки рабочей документации в состав геодезических работ входят:

- разработка генплана участка застройки с расположением проектируемых, сохраняемых и реконструируемых зданий, сооружений;
- разработка разбивочных чертежей в масштабах 1:500 или 1:1000, содержащих схему, цифровой и графический материалы привязки осей сооружений к опорной геодезической сети;
- подготовка проекта вертикальной планировки территории застройки в масштабах 1:500–1:1000 с проектными горизонталями, проектными отметками и уклонами, картограммой земляных работ.

Из перечисленных документов генплан является важнейшим проектным документом, являющимся основой для разработки проектов плани-

ровки и застройки объектов строительства, инженерных коммуникаций, городского транспорта, очередности строительства и т.п.

На основании генплана составляются разбивочные чертежи для перенесения проектируемых объектов на местность; подготавливаются геодезические данные для проведения работ по вертикальной планировке и благоустройству территории.

В зависимости от назначения различаются генпланы сводные, поэлементные, строительные (стройгенпланы) и исполнительные. Если проектируемый комплекс объектов или отдельный объект не сложный, то все элементы проекта, охватывающие полный комплекс капитальных зданий и сооружений на всей строительной площадке, разрабатываются на **сводном генплане**.

При разработке проекта на крупное строительство на одном топографическом плане разместить весь комплекс зданий, сооружений и коммуникаций не представляется возможным. В этом случае весь комплекс проектируемых элементов расчленяют на ряд поэлементных **г е н п л а н о в**, например, генпланы надземных сооружений, подземных инженерных сетей, дорожной сети, вертикальной планировки и другие.

Проект расположения комплекса или отдельных капитальных зданий и сооружений, а также временных сооружений, дорог, инженерных сетей и помещений на период обслуживания строительства называют **стройгенпланом**.

Геодезической основой при разработке генплана является опорная геодезическая сеть, которая используется для обеспечения инженерно-геодезических изысканий. Однако для проектирования на генплане объектов строительства, а затем перенесения проекта в натуру, геодезического обслуживания строительства при производстве исполнительной съемки и в дальнейшем при реконструкции предприятия требуется развитие геодезической основы на генплане и соответственно на местности.

Выбор типа геодезической основы зависит от размеров территории местности и ее особенностей, вида строительства и требуемой точности ее построения.

При разработке генплана застройки объектов жилищного и гражданского строительства в качестве разбивочной геодезической основы проектируют красные линии застройки – границы, отделяющие территорию застройки квартала от улиц, проездов, площадей и т.п. Красную линию проектируют так, чтобы здания вдоль улиц располагались по линии застройки, отступающей от красной линии в глубь территории на магистральных улицах не менее чем на 6 м, а на жилых – 3 м.

В подготовку данных для перенесения красных линий в натуру входят определение графически по генплану координат X , Y точек поворота красных линий и по ним расчет аналитическим путем координат X , Y

промежуточных точек. Затем по данным расположения на генплане вершин теодолитного хода и красной линии рассчитываются угловые и линейные разбивочные элементы и составляется разбивочный чертеж для перенесения красной линии в натуру.

При разработке генплана промышленного строительства распространенным видом геодезической основы является строительная сетка. Она представляет собой систему отдельных точек или точек, образующих ряд прямоугольников или квадратов с длинами сторон 50, 100, 200 м (рис.1).

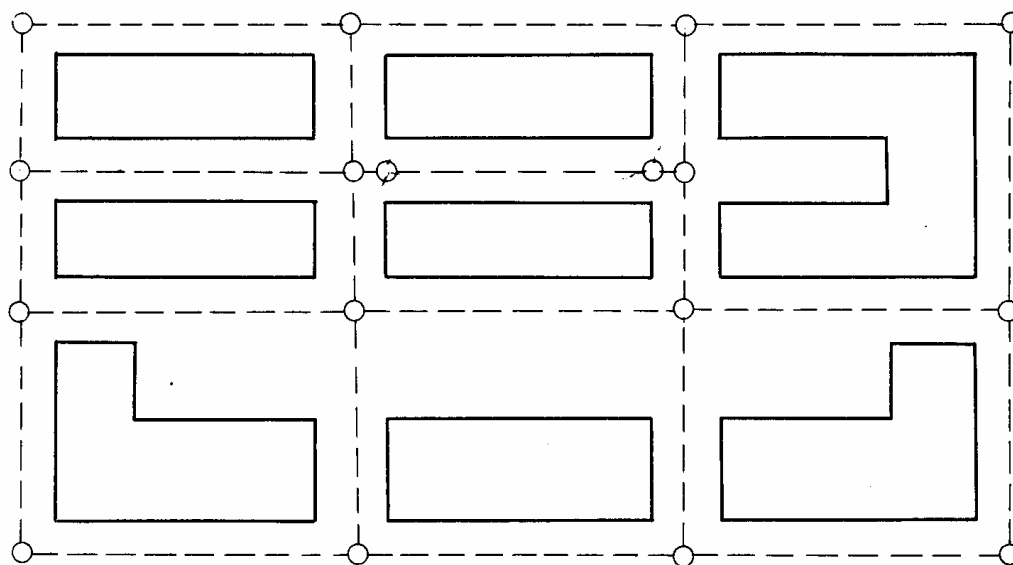


Рис.1. Схема проектирования строительной сетки на стройгенплане

Основное требование, предъявляемое при проектировании строительной сетки, – строгая параллельность ее сторон основным осям проездов, зданий или сооружений.

Строительную сетку удобно проектировать на стройгенплане. Проектирование сетки заключается в определении местоположения ее пунктов на генплане, в выборе способа разбивки, расчета точности определения пунктов сетки и выполнения линейных, угловых измерений при перенесении сетки в натуру. При этом должны соблюдаться следующие условия: обеспечивать удобства для разбивочных работ; располагать объекты строительства внутри фигуры сетки; помещать пункты сетки, по возможности, вне зоны земляных работ. Для этого предварительно вычерченную на плане сетку накладывают на стройгенплан и перемещают так, чтобы направления ее сторон были параллельны осям сооружений и как можно большее количество пунктов попадало в места застройки. Зафиксировав рациональное положение, сетку с кальки вычерчивают на стройгенплане.

Строительную сетку чаще проектируют графоаналитическим методом. Вначале на стройгенплане наносят главные или основные оси существующих зданий, сооружений. Затем графически или аналитически

определяют координаты осевых точек и по ним находят среднее значение дирекционного угла направления осей зданий, сооружений. Вершины фигур строительной сетки наносят на стройгенплан по координатам. Координаты одной из точек сетки находят аналитическим или графическим путем, а остальные вычисляют.

При проектировании геодезической основы генплана строительства учитывают положение существующих и проектируемых зданий, сооружений, наличие дорог, подземных и наземных коммуникаций с обязательной привязкой их к пунктам государственной геодезической основы. Проект размещения всех знаков нивелирования на строительной площадке составляют с учетом обеспечения ими строящихся объектов на всех стадиях их возведения.

На основе опыта работ по проектированию строительных сеток, предназначенных для обеспечения зданий и сооружений, установлены следующие требования к точности строительных сеток:

а) ошибки в положении соседних пунктов строительной сетки в относительной мере не должны превышать в среднем 1:10 000, т.е. при длине стороны сетки 200 м ошибки взаимного положения не должны составлять более 2 см;

б) прямые углы сетки должны быть построены с точностью порядка 20";

в) ошибки в положении пунктов в самом слабом месте сетки относительно главной основы не должны превышать 0,2 мм в масштабе плана 1:500, т.е. 10 см.

2.5. Методы подготовки данных для перенесения на местность проекта зданий и сооружений

Необходимые величины для перенесения проекта на местность определяют в процессе геодезической подготовки данных генплана и составления на его основе разбивочных чертежей.

Цифровые величины геодезической подготовки данных генплана – это координаты и отметки характерных точек зданий и сооружений, величины углов, линий и превышений, которые необходимо перенести и закрепить на местности от опорных точек разбивочной основы.

Подготовка данных генплана осуществляется графическим, аналитическим и графоаналитическим методами, то есть производится путем измерений на генплане и математических расчетов.

При подготовке данных генплана крупного строительства все эти три метода применяются в совокупности и дополняют друг друга. Выбор метода и данные подготовки разбивочных чертежей зависят от точности разбивочных работ.

Графический метод заключается в том, что все необходимые данные определяют на плане при помощи циркуля-измерителя, транспортира и

масштабной линейки. Точность этих данных зависит от масштаба плана и деформации бумаги, на которой составлен план. Чем крупнее масштаб плана, тем выше точность получаемых с плана линейных и угловых величин, и наоборот. При отсутствии существенной деформации бумаги ошибку m_D расстояния D на местности определяют по формуле

$$m_D = m_d \cdot M, \quad (2)$$

где m_d – ошибка длины d отрезка линии, взятой графически с плана, принимаемая равной графической точности масштаба плана 0,2 мм;

M – знаменатель численного масштаба плана.

Например, если план масштаба 1:500, то ошибка при выносе расстояния в натуру составит: $m_D = 0,2 \text{ мм} \times 500 = 0,10 \text{ м}$.

Если учесть, что обычно проектирование производится на копиях с топографических планов, то графическая точность будет еще ниже. Поэтому графический метод подготовки является наименее точным, но наиболее простым, быстрым и применяется в основном для ответственных или вспомогательных зданий и сооружений, а также внутриквартальной жилой застройки, где к точности планового положения объектов не предъявляют повышенных требований.

Из рис.2,а следует, что координаты точки A вычисляются по формулам:

$$\begin{cases} X_A = X + \Delta X; \\ Y_A = Y + \Delta Y, \end{cases} \quad (3)$$

где X и Y – координаты нижнего угла координатной сетки, а величины ΔX и ΔY взяты графически с плана.

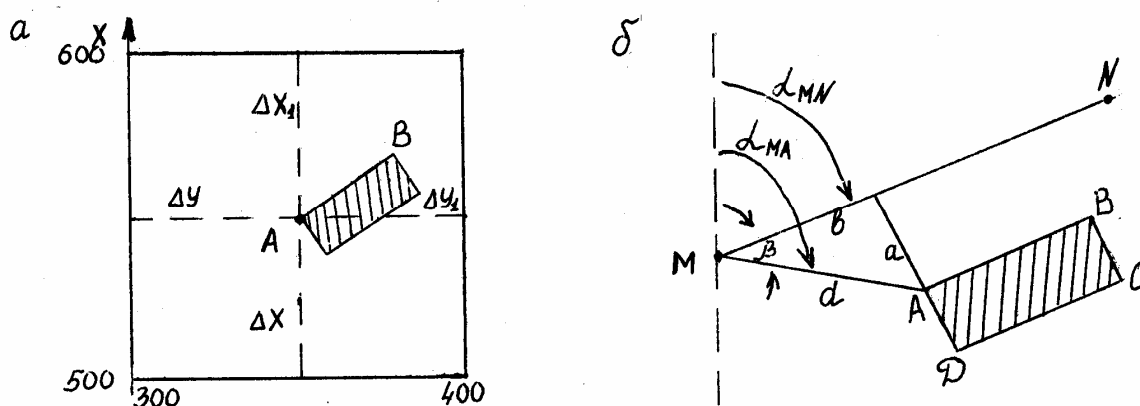


Рис.2. Определение координат точки A :
а – графический метод; б – аналитический метод

Учитывая деформацию бумаги, координаты точки A определяют по формулам:

$$\left. \begin{aligned} X_A &= X + \frac{L}{\Delta X + \Delta X_1} \Delta X; \\ Y_A &= Y + \frac{L}{\Delta Y + \Delta Y_1} \Delta Y, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где L – длина стороны координатной сетки.

Аналогично можно вычислить координаты точки B .

Аналитический метод заключается в вычислении координат проектных точек, дирекционных углов и длин линий привязки к опорным пунктам. Например, вычисление координат точки A (рис.2,б) выполняется по известным координатам опорного пункта M , дирекционному углу α линии MA , образующему разбивочный угол β , и длине линейной привязки d путем решения прямой геодезической задачи. Видно, что

$$\alpha_{MA} = \alpha_{MH} + \beta; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{\Delta y}{\Delta x}; \quad d = \sqrt{a^2 + b^2}.$$

Координаты точки A вычисляются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} X_A &= X_M + d \cos \alpha; \\ Y_A &= Y_M + d \sin \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Координаты точки B оси здания AB , параллельной опорной линии MN , определяются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} X_B &= X_A + AB \cdot \cos \alpha_{MN}; \\ Y_B &= Y_A + AB \cdot \sin \alpha_{MN}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Аналитический метод позволяет делать вычисления с любой точностью и не зависит от масштаба плана.

Графоаналитический метод (комбинированный) представляет собой сочетание аналитического и графического методов. При этом графически определяют координаты отдельных точек проекта (например точки A), а значения координат остальных точек (B , C , D), линейные и угловые привязки вычисляют решением прямой и обратной геодезических задач.

По точности этот метод уступает аналитическому, но отличается удобством и удовлетворяет требованиям разбивочных работ. Поэтому наиболее распространен на практике. Для более точных и быстрых методов подготовки данных для перенесения на местность проекта зданий и сооружений используются электронные версии РД и программа AutoCad.

2.6. Проектирование горизонтальной и наклонной площадок

Важное место в строительстве занимает вертикальная планировка – преобразование существующего рельефа местности в проектный, отвечающий требованиям строительства и благоустройства территории. Составной частью вертикальной планировки является проектирование горизонтальной и наклонной плоскостей площадок. Выбор проектной поверхности определяется особенностями строительства, требованиями нормативных документов с учетом экономических показателей.

Наибольший экономический эффект получают тогда, когда соблюдается условие баланса земляных масс (равенство объемов выемки и насыпи) и минимума земляных работ. В этом случае при планировочных работах избыточный грунт не вывозят и не привозят недостающий, а перемещают его на планируемой площадке.

В процессе проектирования площадки определяют объем грунта (объем земляных работ), который должен быть вынут и насыпан, а также сметную стоимость его перемещения.

Проектирование осуществляется по топографическим планам масштабов 1:500–1:5000 или по результатам нивелирования участка местности по квадратам со сторонами 10–50 м, в зависимости от сложности рельефа. Определяются фактические отметки вершин квадратов по горизонталям или по результатам нивелирования.

При проектировании горизонтальной площадки (рис.3) определяют проектную (среднюю) отметку центра тяжести площадки H_0 как среднее значение отметок вершин квадратов по формуле

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 4\sum H_4}{4n}, \quad (7)$$

где $\sum H_1 + \sum H_2 + \sum H_4$ – сумма фактических отметок вершин, относящихся к одному, двум и четырем квадратам;
 n – число квадратов.

Затем вычисляют рабочие отметки h в каждой вершине квадрата по формуле

$$h_i = H_0 - H_i, \quad (8)$$

где H_i – фактическая отметка i -й вершины квадрата или квадратов.

При проектировании наклонной площадки руководствуются проектной отметкой исходной точки, продольным i_x и поперечным i_y уклонами, а также их направлениями.

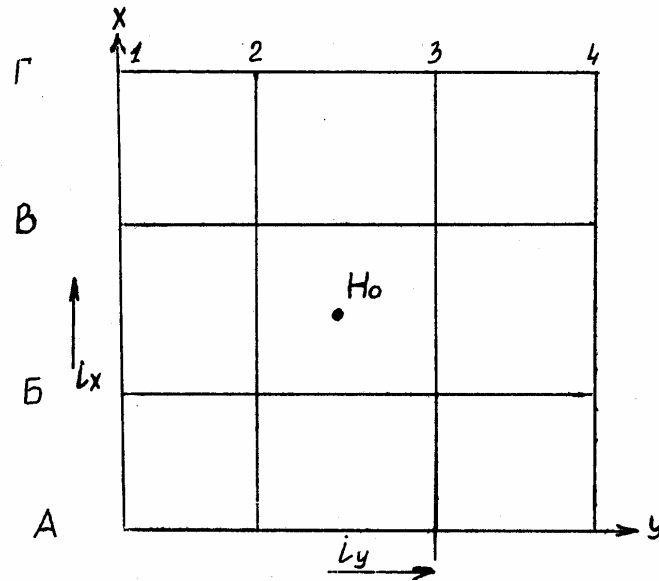


Рис.3. Схема расположения квадратов для проектирования площадки

Проектная отметка исходной точки может быть задана или определена по формуле (7). Проектные отметки вершин квадратов H_i^p , расположенных на расстояниях d_x и d_y от исходной точки H_0 соответственно в направлении осей абсцисс и ординат, определяются по формуле

$$H_i^{pp} = H_0 + d_x \cdot i_x + d_y \cdot i_y. \quad (9)$$

При определении отметок H_i^{pp} принимают во внимание, что уклоны i_x , i_y и, значит, превышения h_x и h_y будут положительными в направлениях вверх и вправо и отрицательными вниз и влево от исходной точки H_0 .

Рабочие отметки всех вершин квадратов определяются как разность проектных и фактических отметок по формуле

$$h_i = H_i^{pp} - H_i. \quad (10)$$

2.7. Составление картограммы земляных работ

Значения вычисленных проектных и рабочих отметок при проектировании горизонтальной и наклонной площадок указывают на картограмме земляных работ над соответствующими фактическими отметками в каждой вершине квадрата. Картограмма является графическим документом вертикальной планировки и составляется на основе нивелирного плана в масштабах 1:500, 1:1000 (рис.4).

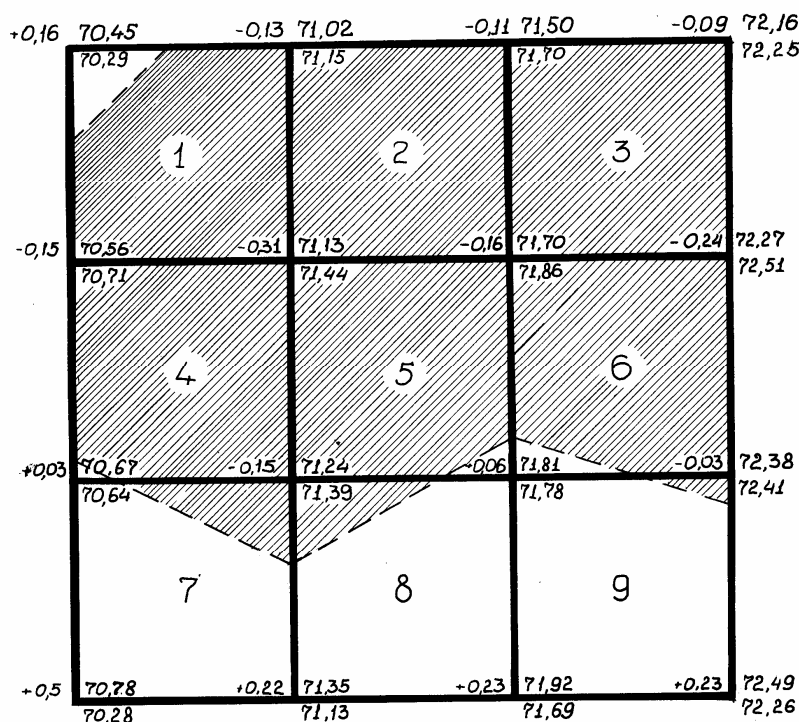


Рис.4. Картограмма земляных работ

На сторонах квадратов, где рабочие отметки имеют знаки плюс (высота насыпи) и минус (глубина выемки), проводят линию нулевых работ, то есть линию с рабочей отметкой, равной нулю. Она является границей между насыпью и выемкой грунта. Для ее построения определяют расстояние x от вершин квадратов до точек нулевых работ по формуле

$$x = \frac{h_1 \cdot d}{|h_1| + |h_2|}, \quad (11)$$

где d — длина стороны квадрата;

h_1, h_2 — рабочие отметки.

Например, для стороны квадрата с $d = 20$ м, где рабочие отметки h_1 и h_2 соответственно равны $-0,15$ м и $+0,16$ м, точка нулевых работ расположена от вершины квадрата с рабочей отметкой $-0,15$ м на расстоянии

$$x = \frac{0,15 \cdot 20}{|-0,15| + |0,16|} = 9,7 \text{ м}$$

Соединив точки нулевых работ, получают линию нулевых работ.

Объем земляных работ вычисляют отдельно для выемки и насыпи.

Объем грунта в четырехгранной призме определяют по формуле

$$V = \frac{\sum h}{4} \cdot S, \quad (12)$$

где $\sum h$ — сумма рабочих отметок;

S — площадь квадрата.

Например, для квадрата 2 имеем:

$$V = \frac{0,13 + 0,11 + 0,16 + 0,31}{4} \cdot 400 = 71,0 \text{ м}^3.$$

Объем грунта в трехгранной призме находят по формуле

$$V = \frac{\sum h}{3} \cdot S. \quad (13)$$

Объем грунта в пятигранной призме вычисляют как разность объемов четырехгранных и трехгранных призм $V = \frac{\sum h}{S} \cdot S$.

После подсчетов объемов для отдельных квадратов определяют общий объем насыпи V_n и выемки V_v с оценкой баланса земляных работ по формуле

$$\Delta V = \frac{V_v - V_n}{V_v + V_n} \cdot 100\% \leq 3\%. \quad (14)$$

Подсчеты ведут в ведомости вычисления объемов грунта.

Вопросы для самоконтроля знаний

1. Цель проведения инженерных изысканий.
2. Состав работ при выполнении инженерно-геодезических изысканий на этапе разработки ТЭО строительства.
3. Производство геодезических работ на этапе проектирования строительства.
4. Отличие состава работ инженерно-геодезических изысканий при разработке генплана строительства проектов реконструкции предприятий, а также рабочих чертежей.
5. Что принимают за плановую и высотную геодезическую основу при выполнении инженерно-геодезических изысканий?
6. Ваше понятие о камеральном трассировании и как оно выполняется?
7. Виды геодезических работ при полевом трассировании.
8. Порядок и состав выполнения работ по инженерно-геодезическим изысканиям для всех типов линейных сооружений.
9. Что является геодезической основой при разработке генплана застройки объектов жилищного и промышленного строительства?
10. Каковы основные требования, предъявляемые при проектировании строительной сетки?
11. Назовите основные методы подготовки данных для перенесения на местность проекта зданий и сооружений?
12. Порядок проектирования горизонтальной и наклонной плоскостей стройплощадок.
13. Последовательность составления картограммы земляных работ при вертикальной планировке стройплощадки.

3. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЕРЕНЕСЕНИЯ НА МЕСТНОСТЬ ПРОЕКТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

3.1. Создание геодезической разбивочной основы

Перенесение на местность проекта зданий и сооружений производится от точек геодезической разбивочной основы. Она создается в виде сети закрепленных знаками пунктов и служит для построения внешней разбивочной сети и производства исполнительных съемок.

Разбивочная основа создается на базе генплана строительства с привязкой к имеющимся в районе строительства пунктам геодезической сети сгущения 1-го и 2-го разрядов, а также пунктам ранее проведенных изысканий.

Плановое и высотное геодезические обоснования, которые были построены ранее для обеспечения изыскательских работ, как правило, не могут служить в качестве разбивочной основы, так как не отвечают требованиям предъявляемым к разбивочной основе по точности, густоте и положению пунктов, а иногда бывают и вовсе утрачены. Поэтому разбивочная основа на стройплощадке создается заново в период подготовки к перенесению проекта на местность.

Вид такой основы, а также способ ее построения и точность зависят от размеров территории и рельефа местности, характера строительства. Для строительства промышленных зданий и сооружений разбивочной основой является строительная сетка, а для жилищно-гражданских – красные линии застройки.

Перенесение и закрепление на местности строительной сетки осуществляются в два этапа:

- предварительная разбивка и временное закрепление точек;
- точное определение координат временных знаков, их редуцирование (перемещение) и закрепление постоянными знаками.

Предварительную разбивку производят с точностью 1:2000 при помощи теодолита и ленты (рулетки) от базиса, расположенного примерно посередине площадки (рис. 5). Точки базиса ABC переносят на местность от ближайших пунктов триангуляции (полигонометрии) по результатам решения обратной геодезической задачи. Базис провешивают и измеряют, разбивая пикеты для промежуточных створных линий.

На точках базиса разбивают поперечники AD , BE , CF на всю ширину зоны строительной сетки, измеряют линию DEF и фиксируют створные промежуточные точки в соответствии с установленной длиной сторон квадратов сетки. В точках D , E , F производят контрольные измерения углов. Затем измеряют все остальные створные линии (на рис.5 они показаны

пунктиром). Все точки предварительной разбивки закрепляют временными знаками (колышками или деревянными столбами).

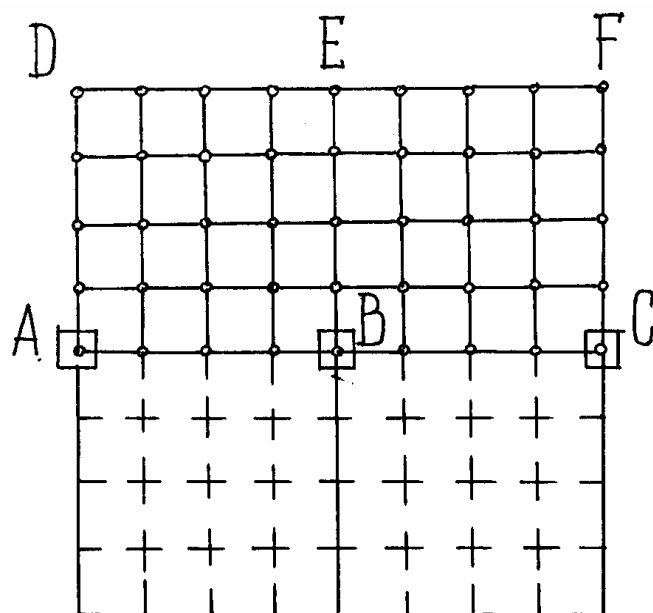


Рис. 5. Схема закрепления на местности строительной сетки створными линиями

После предварительной разбивки по линиям сетки прокладывают полигонометрические ходы и определяют точные координаты приближенно разбитых пунктов сетки. Сравнивая эти координаты с проектными, находят величины поправок, по которым редуцируют (смещают) каждый пункт сетки. Точки сетки перемещают при закладке постоянных знаков (железобетонных монолитов, отрезков, рельсов и др.), рассчитанных на весь период строительства и эксплуатации зданий, сооружений. Перед редуцированием точек составляют чертеж, на котором показывают элементы редукции (азимут и длину) для установки постоянных знаков.

Для контроля точности построения сетки выборочно измеряют несколько сторон и на пунктах в шахматном порядке проверяют прямые углы. При тщательном выполнении всех работ по разбивке сетки средняя величина отклонения в длинах сторон не должна превышать $\pm 10-15$ мм и в прямых углах $\pm 15''-20''$.

Для определения высотных отметок по периметру строительной сетки прокладывают ход III класса нивелирования. Между реперами III класса прокладывают нивелирные ходы IV класса, по результатам которых вычисляют отметки всех пунктов сетки.

Если сеть необходимо сгустить, то в створе основных точек выставляют дополнительные. На этих точках углы не измеряют, а их координаты вычисляют по линейным измерениям.

Перенесение на местность строительных сеток при крупном строительстве относится к ответственным геодезическим работам и обычно выполняется геодезическими организациями или геодезическими отделами проектных организаций, ведущих проектирование данного предприятия.

На небольших строительных площадках (до 1 км²) достаточная точность обеспечивается при разбивке сетки осевым способом. При этом способе в первую очередь устанавливают на местности положение центральной точки A (рис. 6). Для этого при геодезической подготовке определяют разбивочные данные β_1, β_2 и d_1, d_2 . Точку A для контроля выносят с пунктов полигонометрии (триангуляции) дважды: с точки M и с точки N . Зная дирекционные углы главных осей сетки и вычислив из обратной геодезической задачи дирекционные углы α_{AM} и α_{AN} , определяют примычные углы φ_1 и φ_2 , по которым задают направления осей BF и CD . По этим направлениям шкаловой лентой (проволами) откладывают длины сторон сетки с учетом всех поправок измерений.

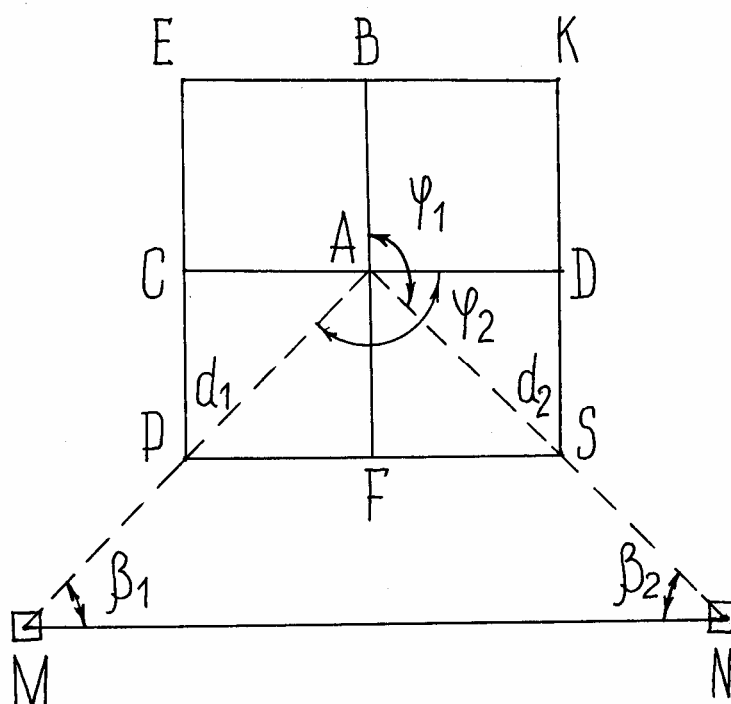


Рис. 6. Схема разбивки строительной сетки осевым способом

В точках B, C, D, F строят теодолитом прямые углы и откладывают длины сторон сетки по периметру, создавая таким образом четыре замкнутых полигона. Затем по створным линиям выносят заполняющие пункты сетки внутри полигонов. Вершины квадратов сетки закрепляют монолитами, имеющими на верхней части площадку для выноса центров точек сетки. По точкам сетки обычно прокладывают ходы полигонометрии I разряда и вычисляют координаты всех его вершин. По разности вычис-

ленных и проектных координат исправляют положение центров сетки. На небольших площадках, применяя точные приборы, можно обеспечить расхождения в координатах не более 2–3 см. На площадках с большими размерами осевой способ разбивки дает менее правильный результат (5–10 см), который влияет на точность разбивки сооружений. Этот недостаток ограничивает применение осевого способа разбивки сетки.

Строительная сетка используется для решения задач горизонтальной и вертикальной планировок, перенесения на местность осей сооружений, производства контрольных наблюдений и ведения исполнительной съемки.

При строительстве зданий и сооружений могут применяться полигонометрические ходы. Их используют также для контроля перенесения на местность осей улиц и красных линий застройки.

Красной линией застройки называется условная граница, отделяющая территорию застройки от улицы или площади (рис. 7). От пунктов геодезической опорной сети сначала переносят на местность оси улиц, а затем уже от них разбивают красные линии. При этом применяют различные способы разбивки (полярный, перпендикуляров и др.). Угловые точки красных линий кварталов закрепляют столбами, после чего по ним производят контрольные измерения линий и углов. Результаты измерений ширины улиц должны соответствовать проектным данным. Оси улиц и красные линии в дальнейшем используются для перенесения на местность основных осей зданий, сооружений и коммуникаций. Но так как при производстве строительных работ точками, закрепляющими красные линии, пользоваться затруднительно, то во многих случаях постоянными знаками закрепляют не красные линии, а параллельные им линии выносок. От постоянных знаков закрепления выносок в дальнейшем и ведутся все разбивки и геодезическое обслуживание застройки квартала.

На стройплощадках в качестве основы нередко используют простую фигуру – геодезический четырехугольник прямоугольной формы, в котором известны длина и дирекционный угол одной из сторон. Координаты одного из пунктов этой стороны принимают за исходные, а координаты остальных пунктов вычисляют в системе, координатные оси которой ориентируются по сторонам четырехугольника.

Высотная разбивочная сеть создается в виде замкнутых полигонов или отдельных ходов нивелирования III и VI классов так, чтобы отметки пунктов были получены не менее чем от двух пунктов государственной или местной нивелирной сетки. Пункты высотной основы совмещают с пунктами плановой разбивочной основы.

На строительной площадке для каждого здания, сооружения должно быть закреплено не менее двух реперов, а для многосекционных – по одному на каждую секцию. При массовой застройке рабочую высотную основу создают под отдельные здания по программе нивелирования IV класса.

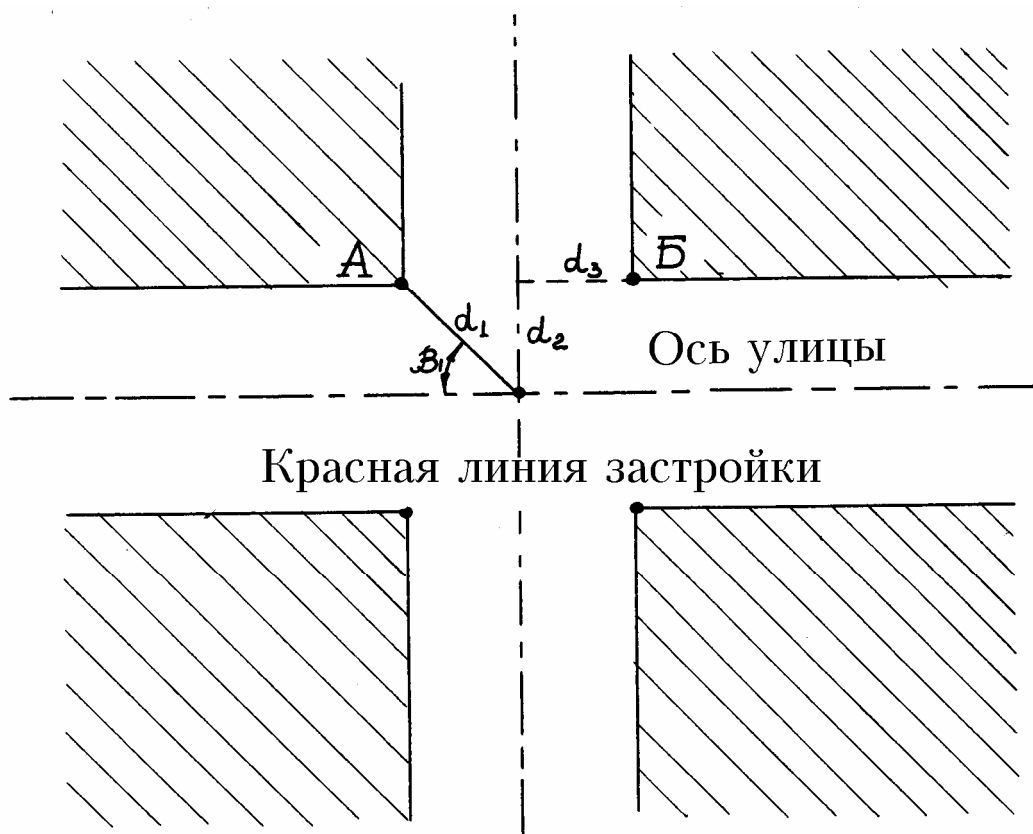


Рис.7. Схема разбивки красной линии застройки

Для зданий повышенной этажности прокладывают ходы III класса. Нивелирование III и IV классов выполняют нивелиром Н-3 или равноточными нивелирами, обеспечивающими определение превышений со средней квадратической погрешностью не более 3 мм на 1 км двойного хода.

3.2. Сущность, этапы и точность перенесения проекта

Геодезические работы по перенесению проекта на местность называют разбивкой зданий и сооружений. При этом выполняются инженерно-геодезические построения для нахождения и закрепления на местности характерных точек и линий проекта, определяющих планово-высотное положение зданий и сооружений.

Разбивка проекта на местности – это процесс, обратный съемке существующих на местности предметов. Если по результатам съемки определяют значения углов, длин линий, превышений и по ним составляют планы и профили, то при разбивке, наоборот, по планам и профилям получают проектные значения координат характерных точек проекта и по ним вычисляют направления, углы, длины линий и превышений, которые затем переносят и закрепляют на местности с заданной точностью.

Исходным материалом для перенесения на местность проекта являются генеральный план и составленные по нему разбивочные чертежи с нанесенными на них разбивочными данными (координатами, линейными и угловыми привязками точек здания к опорным пунктам).

Разбивку зданий и сооружений выполняют по частям и в три последовательных этапа:

1. Основные разбивочные работы.
2. Детальные строительные разбивочные работы.
3. Детальные монтажные разбивочные работы.

На первом этапе на основе данных разбивочных чертежей от пунктов разбивочной основы находят на местности проектное положение в плане и по высоте характерных точек главных или основных осей зданий, сооружений и закрепляют их. Так как закрепленными на местности главными осями задаются лишь общее положение и ориентировка будущего здания, сооружения, то требуемая точность положения этих осей относительно опорных пунктов обычно невысокая, если проектом не предусмотрена большая точность как во взаимном положении главных и основных осей, так и в положении этих осей относительно опорных пунктов.

Закрепление точек пересечения главных или основных осей должно быть выполнено с более высокой точностью, чем закрепление пункта разбивочной основы. Поэтому на местности часто от разбивочной основы закрепляют только одну ось, чтобы от нее потом сделать разбивку остальных осей здания, сооружения.

Сущность второго и третьего этапов детальной разбивки зданий, сооружений и их точность рассматриваются в следующих разделах.

Разбивочные работы следует осуществлять в пределах заданной точности, определяемой расчетами. Ожидаемые ошибки измерения не должны превышать величин строительных допусков.

Общая средняя квадратическая ошибка перенесения на местность проекта зданий и сооружений определяется по формуле

$$M = \sqrt{m_{\text{п}}^2 + m_{\text{и}}^2}, \quad (15)$$

где $m_{\text{п}}$, $m_{\text{и}}$ — средние квадратические ошибки, соответственно, определения проектных данных по плану и измерений при перенесении на местность.

Величина предельной ожидаемой ошибки $m_{\text{п}}$ устанавливается по плану и вычисляется по формулам, в зависимости от способа перенесения на местность.

С учетом расчетной точности перенесения на местность проекта зданий, сооружений производится выбор соответствующих способов разбивочных работ, приборов, методики угловых и линейных измерений.

Теодолит для разбивочных работ выбирают из серийно выпускаемых типов по наименьшей средней квадратической погрешности. Например, построению угла с технической точностью $m_{\beta}=30''$ соответствует теодолит 4Т-30. Для обеспечения точности линейных измерений соблюдаются условия, приведенные в табл.1, составленные на основе требований СНиП[22]. При отложении длин линий вводятся поправки за компарирование прибора, наклон линий, разность температуры при компарировании и при измерениях.

Т а б л и ц а 1

Условия обеспечения точности линейных измерений

Условия измерений	Способы и точность линейных измерений			
	1:10000	1:5000	1:2000	1:1000
Уложение в створ	Вешение по теодолиту		Вешение на глаз	
Учет разности температур компарирования и измерения	Термометром		Не учитывается	
Натяжение прибора	Динамометром		От руки	
Приемы отсчетов	3 пары	2 пары	1 пара	Одно отложение
Способы фиксации рулетки	Кернение на металлической пластине	Карандашом на гладкой поверхности бетона		Шпилькой, гвоздем
Определение превышений концов	Нивелиром			На глаз

Процесс перенесения на местность элементов проекта отличается от процесса их измерения, но в том и в другом случаях необходимо иметь навыки в работе с приборами и освоить методику выполнения геодезических работ. Рассмотрим способы и порядок перенесения на местность элементов разбивки и проекта зданий, сооружений.

3.3. Перенесение горизонтального угла

Перенесение горизонтального угла на местность заключается в построении второй стороны угла AC (рис. 8,а) по имеющейся одной стороне AB и вершине угла. Для этого устанавливают теодолит в вершину угла над точкой A и приводят его в рабочее положение. Совмещают нуль алидады с нулем лимба и вращением последнего соединяют коллимационную плоскость трубы с заданной линией AB . Открыв винт, алидаду поворачивают на величину заданного угла и закрепляют точку C_1 в створе коллимационной плоскости трубы.

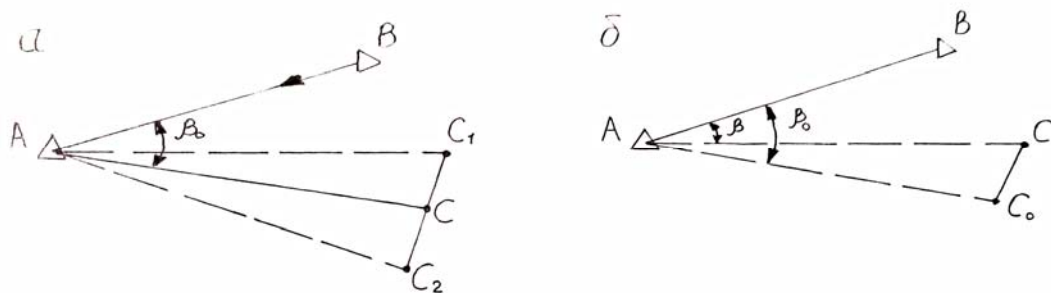


Рис. 8. Перенесение горизонтального угла на местность

Для исключения коллимационной ошибки трубу теодолита переводят через зенит и, повторяя аналогичные действия, при другом положении круга выставляют точку C_2 . Положение точки C , фиксирующее положение линии AC по заданному углу β_0 , находят как среднее на линии C_1-C_2 . Если угол переносят с повышенной точностью (рис. 8,б), то, выставив на местности описанным выше способом точку C при одном положении круга, измеряют полученный угол β необходимым числом приемов (повторений) и получают среднее его значение $\beta_{\text{ср}}$. Затем вычисляют поправку угла

$$\Delta\beta = \beta_0 - \beta_{\text{ср}}, \quad (16)$$

где β_0 – проектное значение угла.

Линейное смещение точки C , соответствующее угловой поправке $\Delta\beta$, можно вычислить по формуле

$$CC_0 = \frac{AC \cdot \Delta\beta}{\rho}; \quad \rho'' = 206265. \quad (17).$$

Отложив CC_0 по перпендикуляру к линии AC , получают окончательное положение точки C_0 . Знак у величины $\Delta\beta$ определяет, в какую сторону необходимо откладывать перпендикуляр. Полученный угол BAC_0 для контроля измеряют еще раз и если он вынесен правильно, то угол BAC_0 должен быть равен проектному в пределах заданной точности.

Пример. $AC=100$ м; $\beta=48^\circ 35' 12''$; $\beta'=48^\circ 35' 34''$
 $\Delta\beta = 48^\circ 35' 34'' - 48^\circ 35' 12'' = 0^\circ 00' 22''$;
 $CC_0 = \frac{100 \cdot 22}{206265} = 0,010 \text{ м} = 10 \text{ мм}.$

Следовательно, для получения значения угла с повышенной точностью необходимо точку C передвинуть по перпендикуляру к линии AC на 10 мм.

Точность построения горизонтального угла зависит от многих факторов (инструментальных ошибок, внешних условий и ошибок собственного измерения). Высокую точность можно получить, применяя оптические теодолиты Т-2, Т-5 и др. При работе с оптическими теодолитами техни-

ческой точности (Т-15, Т-30) важно правильно определить количество приемов для обеспечения заданной точности результата. Шифр теодолита указывает среднюю квадратическую ошибку угла, измеренного одним полным приемом. Из теории ошибок известно, что ошибка среднеарифметической середины

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}}, \quad (18)$$

где m – средняя квадратическая ошибка одного измерения;
 n – число измерений.

Пример. Пусть необходимо построить угол с точностью $10''$ теодолитом 4Т-15. Угол (на основании формулы) при перенесении на местность следует измерять двумя полными приемами.

При разбивочных работах часто возникает необходимость в построении прямого угла на местности. Его можно построить не только теодолитом, но и эккером или линейными промерами. В последнем случае прямой угол строят способом «египетского треугольника», в котором катеты и гипотенуза должны относиться как 3:4:5.

3.4. Перенесение проектной длины линии

При геодезической подготовке разбивочных данных определяют горизонтальное проложение проектной длины линии, которое можно перенести непосредственным отложением этой линии на местности. Перед этим в длину d необходимо ввести следующие поправки: за наклон, температуру мерного прибора, компарирование.

Поправку за наклон линии Δd_v можно получить как разность между наклонной длиной D и горизонтальным проложением d (рис. 9):

$$\Delta d_v = D - d.$$

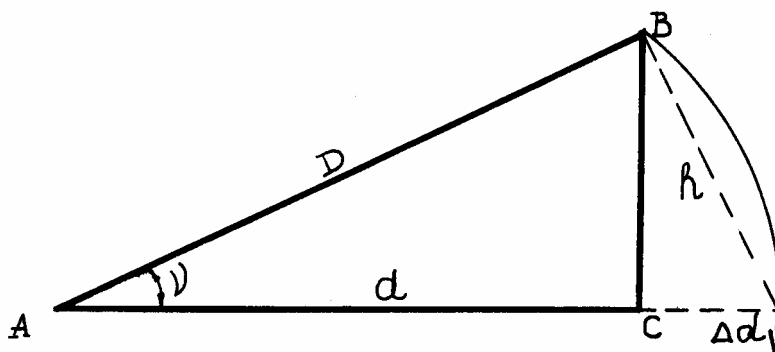


Рис. 9

Из треугольника ABC найдем

$$D = \frac{d}{\cos v}$$

и

$$\Delta d_v = \frac{d}{\cos v} d,$$

где v – угол наклона линии.

При v менее 5° D можно заменить через d . После несложных преобразований найдем окончательную формулу для вычисления поправки за наклон:

$$\Delta d_v = 2D \sin^2 \frac{v}{2} \text{ или } \Delta d_v = \frac{h^2}{2d}. \quad (19)$$

Угол v или превышение h можно измерить на местности или определить по разности отметок точек A и B . Знак полученной поправки всегда положительный.

Поправка за температуру Δd_t вычисляется по формуле

$$\Delta d_t = \alpha D (t - t_0), \quad (20)$$

где α – коэффициент линейного расширения материала мерного прибора: $\alpha = 0,0000125 \text{ м/}^\circ\text{С}$

D – длина линий

t – температура мерного прибора во время измерения;

t_0 – температура при компарировании.

Знак поправки Δd_t зависит от знака разности температур. Температуру при измерениях достаточно учитывать с точностью $\pm 0,5^\circ\text{С}$.

Поправку за компарирование Δd_k можно вычислить по формуле

$$\Delta d_k = n(d - d_n), \quad (21)$$

где d_n – длина нормальной меры

n – число, показывающее сколько раз мерный прибор укладывается в длины линий.

Поправка в длину линии за компарирование мерного прибора вычисляется по формуле

$$\Delta D_k = \Delta d_k \frac{D}{d_n}, \quad (21')$$

Поправку за компарирование при неоднократном уложении мерного прибора вводят со знаком минус, если мерный прибор короче нормальной меры, и со знаком плюс, если длиннее.

Вычислив указанные выше поправки, учитывают их на местности в длину:

$$D = d + \Delta d_v + \Delta d_t + \Delta d_k. \quad (22)$$

Пример. При разбивке здания требуется отложить проектную линию, равную 30,000 м. Поправка за наклон, вычисленная по формуле (19), оказалась равной +0,07 м; поправка за температуру, вычисленная по формуле (20), равна −0,032 м; поправка за компарирование, вычисленная по формуле (21), равна −0,008 м.

Общая поправка будет равна:

$$\Delta = 0,07 + 0,032 + 0,008 = 0,11 \text{ м.}$$

Поправка за компарирование и температуру вводится с обратным знаком, а проектную линию следует отложить:

$$D = 30,000 + 0,111 = 30,11 \text{ м.}$$

3.5. Перенесение проектной отметки

Необходимость перенесения проектной отметки возникает почти на всем протяжении строительства. Это производится, как правило, геометрическим нивелированием. Но в некоторых случаях применяют и тригонометрическое нивелирование.

Пусть необходимо геометрическим нивелированием закрепить на местности точку B с проектной отметкой H_B от репера в точке A с отметкой H_A (рис. 10).

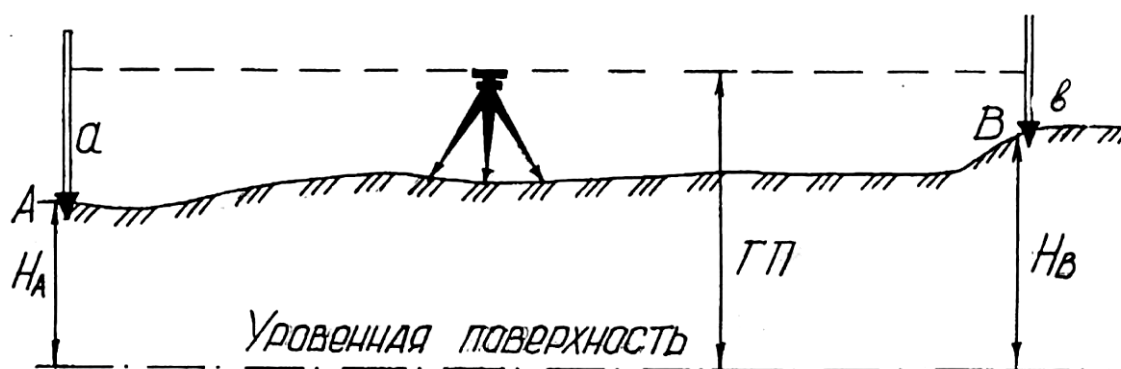


Рис. 10. Схема закрепления на местности проектной отметки

Нивелир устанавливают посередине между точками и приводят его в рабочее положение. Взяв отсчет по рейке, установленной на точке A , и зная

H_B , вычисляют отсчет $\mathbf{в}$, который должен быть на рейке в точке B , когда ее пятка будет находиться на проектной отметке:

$$\mathbf{в} = H_A + \mathbf{а} - H_B. \quad (23)$$

Рейку устанавливают в точке B на кол и постепенно забивают его до тех пор, пока отсчет по рейке не будет равен вычисленному.

Пример. Требуется закрепить кол в точке B с проектной отметкой $H_B = 47,850$ м. Отметка точки A равна $H_A = 48,620$ м. Отсчет $\mathbf{а} = 0,678$. Находим $\mathbf{в} = 48,620 + 0,678 - 47,850 = 1,448$ м = 1448 мм. Кол следует забивать до тех пор, пока отсчет по рейке, поставленной в точке B , не будет равен 1448 мм. Для избежания случаев перебоя проектную отметку H_B можно отметить на кольшке линией под пяткой рейки.

На строительных площадках и в проектных чертежах даются нулевые точки, от которых строители ведут все измерения по вертикали. Как правило, такими точками являются отметки чистого пола первого этажа здания. Их абсолютные отметки указывают на титульном листе проекта. Закрепив с помощью нивелира нулевую точку на стройплощадке описанным выше способом, все остальные отметки (например, дна котлована, верхнего обреза фундаментов, проемов этажей и т.п.) определяют от нулевых точек простым промером, пользуясь этими точками, как временными реперами.

Иногда на стенах здания, опалубках фундамента отмечают краской горизонт прибора, от которого промером рулеткой можно закрепить ту или иную проектную отметку.

Для достижения точности измерения при перенесении на местность проектной отметки необходимо стремиться к установлению нивелира посередине между нивелируемыми точками. Если сделать это не удастся, то перед работой нивелир тщательно поверяется (особенно условие параллельности оси уровня и визирной оси трубы, если нивелир без крмпенсатора). Для контроля отметку перенесенной точки проверяют привязкой ко второму реперу или повторным перенесением. Если описанным выше способом на строительной площадке закрепить ряд точек, имеющих одну и ту же проектную отметку, то после производства земляных работ можно получить горизонтальную площадку.

Так как точность перенесения проектных отметок для земляных планировочных работ невысокая ($\pm 3,4$ см), то в этом случае точки с проектной отметкой можно перенести тригонометрическим нивелированием при помощи теодолита.

Пусть известны отметки точек H_A и H_B (рис.11). По разности отметок вычисляют превышение h , затем D по формуле

$$D = h \operatorname{cosec} v = \frac{h}{\sin v}, \quad (24)$$

где v – угол наклона, измеряемый на местности теодолитом.

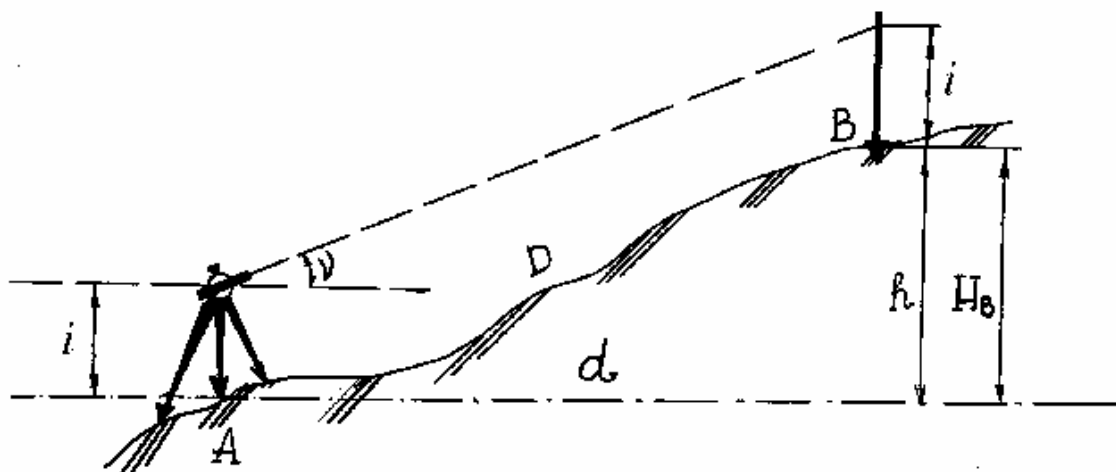


Рис.11. Схема закрепления проектной отметки методом тригонометрического нивелирования

Отложив D , забивают колышек вровень с землей и получают положение точки B . Далее измеряют угол наклона ν , вычисляют отметку точки B по формуле:

$$H_B = H_A + D \sin \nu + i - \nu.$$

Сравнивают её с проектной. Учитывая разность $B_{\phi} - B_{пр}$, забивают кол.

Если расстояние D задано проектом, то по известному превышению h вычисляют угол наклона:

$$\sin \nu = \frac{h}{D}.$$

В заданном направлении откладывают проектное расстояние D и фиксируют точку B колышком. Отложив угол ν с учетом центрирования места нуля теодолита, устанавливают рейку в точке B так, чтобы средняя нить теодолита совпадала с отсчетом, равным высоте прибора i . При таком положении рейки ее нулевой отсчет будет находиться на уровне проектной отметки H_B .

3.6. Перенесение линии и плоскости с проектным уклоном

Линии и плоскости с проектным уклоном разбивают при земляных планировочных работах, строительстве линейных сооружений. Линии с проектным уклоном обычно переносят в натуру в два этапа:

- 1) по заданным отметкам откладывают на местности главные точки линии (вершины углов поворота, точки перелома уклонов и т.д.);
- 2) закрепляют промежуточные точки.

Точки с заданными отметками путем геометрического нивелирования переносят от высотной опорной сети. Промежуточные точки линии можно

перенести при помощи визирок на глаз или наклонным лучом теодолита или нивелира, а также с помощью лазерного прибора.

Для перенесения промежуточных точек «на глаз» (рис.12,а) обычно пользуются тремя разбивочными визирками одинаковой длины (двумя постоянными и одной ходовой). Постоянные визирки устанавливают на главных крайних точках A и B проектной линии, а ходовую – на промежуточных точках a_1, a_2 последовательно, так, чтобы малая перпендикулярная планка находилась на одном визирном луче с верхним краем постоянных визирок.

По такому принципу переносят на местность и линию с проектным уклоном с помощью нивелира или теодолита (рис.12,б).

Допустим, требуется от точки A на местности с отметкой H_A разбить линию с уклоном i . Находят $H_B = H_A + id$. В точке B забивают кол с отметкой H_B . Нивелир устанавливают в точке так, чтобы один из подъемных винтов был расположен по линии AB , и измеряют высоту прибора i_n .

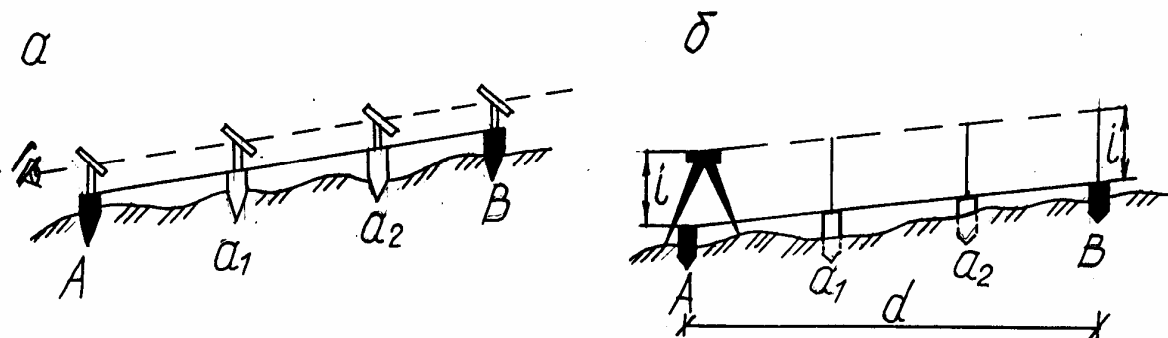


Рис.12. Схема перенесения наклонной линии:
а – с помощью визирок; б – с помощью нивелира или теодолита

При помощи элевационного винта нивелира или подъемного винта, расположенного по линии AB , устанавливают визирную ось трубы на отсчет по рейке в точке B , равный i . Затем рейку последовательно ставят на промежуточные точки a_1, a_2 и забивают колья до тех пор, пока отсчет по рейке, поставленной на эти колья, будет равен высоте прибора i_n .

При больших уклонах вместо нивелира используют теодолит, трубу которого микрометрическим винтом устанавливают под соответствующим наклоном.

При разбивке наклонных площадок на местность переносят плоскости с проектным уклоном. Разбивка проектных плоскостей может быть выполнена несколькими способами.

На местности разбивают сеть квадратов и производят нивелирование по квадратам для определения отметки земли в их вершинах. Зная проектные уклоны и проектную отметку исходной точки, вычисляют проектные отметки всех вершин квадратов. По разности между фактическими и проектными отметками в вершинах квадратов делают рабочие отметки и

выписывают их на сторожках, установленных на местности в каждой вершине квадрата. Рабочие отметки показывают величину насыпи или выемки для получения проектной плоскости. Иногда сторожки забивают до уровня проектных отметок (тогда их высота над пикетами должна быть равна рабочим отметкам).

Разбивку плоскости с небольшим проектным уклоном можно выполнить наклонным лучом нивелира (при больших уклонах – теодолитом). Для этого ось вращения нивелира устанавливают перпендикулярно проектной плоскости, тогда визирная ось трубы при вращении нивелира будет описывать плоскость, параллельную проектной, на расстоянии, равном высоте инструмента.

Допустим, что на местности необходимо разбить плоскость $MNOP$ (рис.13) с проектным уклоном, направление которого на рисунке показано стрелкой AB .

На местность переносят точки A , B , C , D с проектными отметками, соответствующими заданному уклону плоскости, и закрепляют их кольшками. Очевидно, что точки C и D должны иметь одинаковые отметки.

Затем в точке A устанавливают нивелир и приводят его в рабочее положение. При этом один подъемный винт нивелира располагают по линии AB , а два других – по линии CD . Измерив высоту прибора i_n , откладывают ее на рейке, установленной в точке B . Подъемным винтом, расположенным по линии AB , направляют визирную ось трубы нивелира на отсчет по рейке, равный высоте прибора i_n . В этом случае вертикальная ось вращения нивелира будет перпендикулярна проектной плоскости. Для контроля правильности установки нивелира берут отсчеты по рейкам в точках C и D . Они должны быть равны высоте прибора i_n .

Для детальной разбивки проектной плоскости на каждой выбранной точке забивают колья так, чтобы отсчет по рейке, поставленной на эти колья, был равен высоте прибора. При этом способе разбивки в пределах проектной плоскости $MNOP$ можно выставить колья в любом количестве, без дополнительных вычислений и измерений.

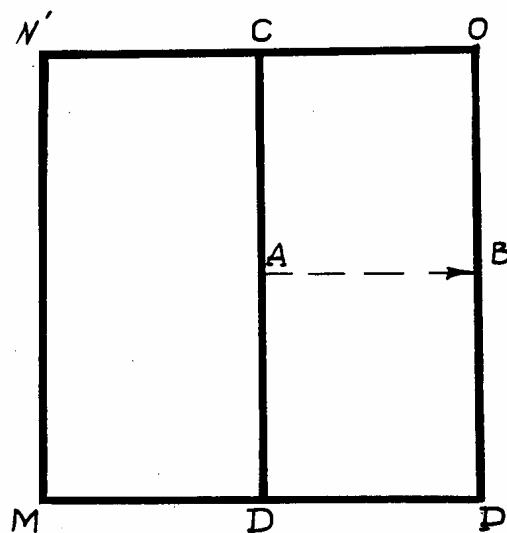


Рис.13. Схема перенесения на местность наклонной плоскости

3.7. Перенесение главных и основных осей

Перенесение на местность проекта здания или сооружения начинают с разбивки главных и основных осей по данным геодезической подготовки генплана (разбивочным чертежам, схемам), где указана их привязка к пунктам разбивочной основы.

Главными осями или осями симметрии принято называть две взаимно перпендикулярные линии (рис.14), относительно которых здание или сооружение располагается симметрично. **Основными осями** здания или сооружения называют оси, образующие его контур в плане.

В качестве главных осей линейных сооружений служат продольные оси этих сооружений. Главные и основные оси являются геодезической основой для последующих разбивочных работ.

Оси разбивают от пунктов плановой разбивочной основы (красных линий, строительной сетки, пунктов полигонометрии и др.).

Примеры разбивки главных и основных осей приведены на рис.14 и 15.

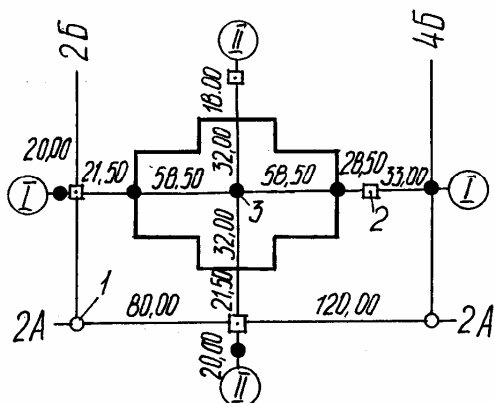


Рис.14. Схема разбивки, закрепления и привязки главных осей:

- 1 – пункты строительной сетки;
- 2 – постоянный знак закрепления;
- 3 – металлический штырь

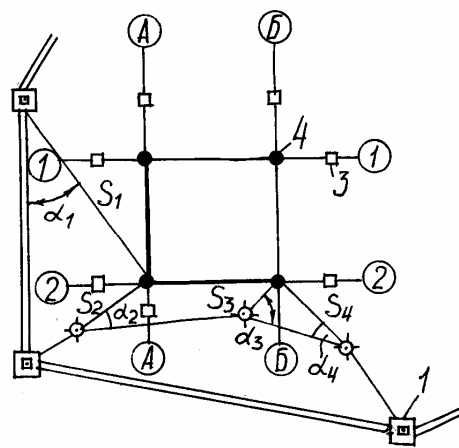


Рис.15. Схема перенесения и закрепления основных осей:

- 1 – пункты полигонометрии;
- 2 – точки теодолитных ходов;
- 3 – постоянные знаки закрепления осей;
- 4 – металлические штыри

Разбивку зданий и сооружений сложной в плане формы начинают с перенесения главных осей I–I, II–II (см.рис.14), а зданий простой формы – с основных осей. В первом случае от опорного пункта переносят и закрепляют сначала одну из длинных главных осей. Затем путем промеров находят на ней точку 3 пересечения осей. Установив теодолит в точке 3, строят полным приемом два прямых угла и получают направление оси II–II. Основные оси здания разбивают, пользуясь отнесенными к главным осям координатами точек внешнего контура здания.

Главные оси здания закрепляют на местности не менее чем в пяти точках. Закрепления должны быть тем надежнее, чем сложнее здание. Для этого применяют обрезки труб, рельсов, уголка, скобы с рисками. Их крепят на вблизи расположенных зданиях и сооружениях, лежащих на оси и ее продолжении. В простейших случаях – это деревянные столбы с гвоздем, забитым сверху, костыли, метки масляной краски на зданиях. Главные оси служат для определения местоположения здания. Они выносятся грубо, т.е. с погрешностью ± 10 см, а основных осей – от 1 до 5 мм. Такую разбивку осуществляют в основном на пустырях. В остальных случаях оси выносят по координатам с использованием электронного тахеометра.

Разбивку основных осей начинают от опорных пунктов с перенесения на местность двух крайних точек: А/2, Б/2 (см.рис.15), определяющих положение наиболее длинной продольной оси, от которой в последующем проводится дальнейшая разбивка.

Построением полным приемом прямых углов в этих точках и отложением в полученном направлении проектной длины получают точки А/1 и Б/1. Для контроля измеряют линию А/1 и Б/1 и сравнивают с проектным значением.

Перенесение осей осуществляется различными способами, в зависимости от рельефа местности, вида опорных пунктов, точности разбивочных работ.

3.8. Способы и точность перенесения осей

Способ прямоугольных координат (перпендикуляров) применяется для перенесения осей зданий и сооружений, расположенных вблизи линий опорной сети строительной сетки или красной линии застройки. Из рис.16,а видно, что вдоль прямой MN откладывают отрезок d_1 , а затем теодолитом из полученной точки K восстанавливают перпендикуляр длиной d_2 и получают точку A угла здания. Аналогично получают точку B . Ось AB параллельна линии MN . Для контроля измеряют длину линии AB и определяют ошибку в ее построении по формуле

$$Fd = AB_{\text{изм}} - AB_{\text{пр}}$$

Относительная ошибка в длине переносимой линии AB принимается в пределах 1:2000–1:10000, в зависимости от типа здания или сооружения. Для промышленных сооружений относительная ошибка должна быть наименьшей. Обычно этим способом переносят на местность только одну ось здания или сооружения. Поэтому линия AB является основой для разбивки остальных осей. Построением прямых углов в точках A и B и построением проектных линий AC и BD получают на местности проектные

точки C и D . Для контроля измеряют линию CD , диагонали AD и BC и сравнивают их с проектными.

Способ прямоугольных координат широко применяется в практике строительства, так как обеспечивает достаточную точность разбивки техническим теодолитом и не требует сложных измерений.

Из рис. 16,а видно, что ошибка перенесения точек A и B проекта на местность способом прямоугольных координат зависит от точности построения прямых углов и расстояний d .

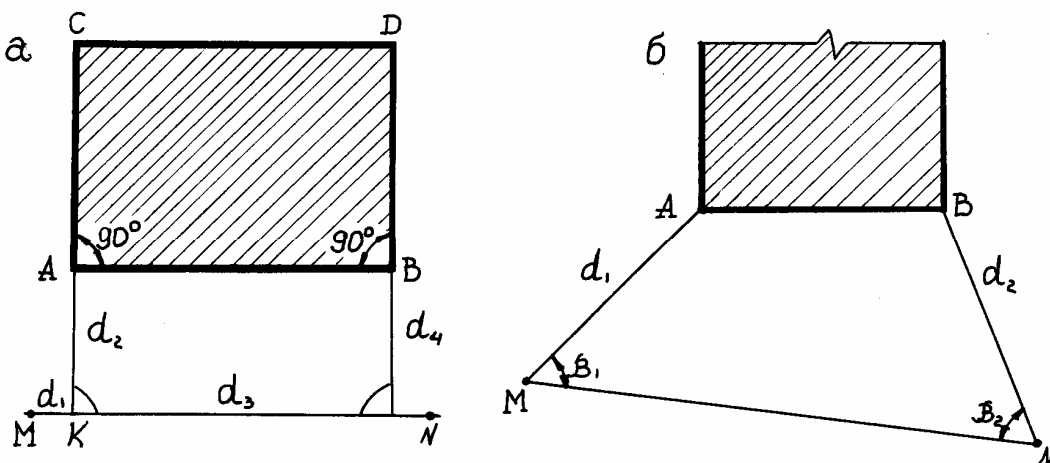


Рис.16. Схема перенесения осей:
а – способом прямоугольных координат;
б – способом полярных координат

Способ полярных координат (полярный) чаще применяется на открытой и удобной для измерения линий местности от пунктов опорной сети по углу исходного направления до переносимой точки. Этот способ наиболее маневренный, достаточно точный и применяется на строительных площадках, где нет строительной сетки.

Для перенесения на местность точек A и B пересечения основных осей здания (рис.16,б) необходимо отыскать на местности опорные точки M и N , знать величины разбивочных углов β_1, β_2 и длины линий d_1, d_2 .

Дирекционные углы линий, образующих разбивочные углы и длины линейной привязки, вычисляют по координатам конечных точек проекта и опорных пунктов решением обратной геодезической задачи по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_{MA} &= \frac{Y_A - Y_M}{X_A - X_M}; \\ \operatorname{tg} \alpha_{NB} &= \frac{Y_B - Y_N}{X_B - X_N}. \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

По алгебраическим знакам числителя и знаменателя правой части формулы (25) определяют румбы линий и дирекционные углы. По дирекционным углам линий вычисляют разбивочные углы:

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 &= \alpha_{MN} - \alpha_{MA}; \\ \beta_2 &= \alpha_{NB} - \alpha_{NM}. \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

Длины линий привязки находят по формулам:

$$d = \frac{\Delta y}{\sin \alpha} = \frac{\Delta x}{\cos \alpha}; \quad (27)$$

$$\left. \begin{aligned} d_1 &\sqrt{\Delta x_{AM}^2 + \Delta y_{AM}^2}; \\ d_2 &\sqrt{\Delta x_{BN}^2 + \Delta y_{BN}^2} \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

При помощи теодолита и мерной ленты (рулетки) на местности строят углы β_1 и β_2 , откладывают расстояния d_1 и d_2 и получают точки A и B , которые закрепляют кольями.

Для контроля измеряют линию AB и получают разность

$$fd = AB_{\text{изм}} - AB_{\text{пр}}.$$

Относительная ошибка измерения fd/AB должна быть в пределах 1:2000–1:3000 для гражданских и 1:8000–1:60000 для промышленных зданий и сооружений.

Из рис.16,б видно, что ошибка перенесения точек проекта способом полярных координат зависит от точности построения углов β_1 и β_2 и расстояний d_1, d_2 .

Точность в положении точек A и B при перенесении их на местность способом полярных координат определяется по формуле:

$$m = \pm \sqrt{\frac{m_\beta^2}{\rho^2} d^2 + m_d^2}, \quad (29)$$

способом прямоугольных координат по формуле:

$$m = \sqrt{m_{\Delta x}^2 + m_{\Delta y}^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 + \Delta x^2}. \quad (30)$$

Если по перпендикуляру откладывать абсциссу, в противном случае:

$$m = \sqrt{m_{\Delta x}^2 + m_{\Delta y}^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \Delta y^2},$$

где m_β – средняя квадратическая ошибка построения горизонтального угла;

ρ – число секунд в радиане (206265);

d – расстояние на местности от опорного пункта до фиксируемой точки;

m_d – средняя квадратическая ошибка отложения расстояния.

Расчет точности построения разбивочных углов m_β и длин линий m_d осуществляется по формулам:

$$m_\beta \leq \frac{m_c \rho''}{d \sqrt{2}}; \quad (31)$$

$$m_d \leq \frac{m_c}{\sqrt{2}}; \quad \frac{m_d}{d} \leq \frac{m_c}{d \sqrt{2}}, \quad (32)$$

где m_c – допустимая техническими условиями ошибка перенесения на местность проектной точки.

Способ прямой угловой засечки применяется при перенесении на местность точек проекта, расстояние до которых измерить затруднительно или невозможно.

Для перенесения в натуру точки A этим способом необходимо отыскать на местности опорные точки M и N , знать величины разбивочных углов β_1 и β_2 (рис.17,а).

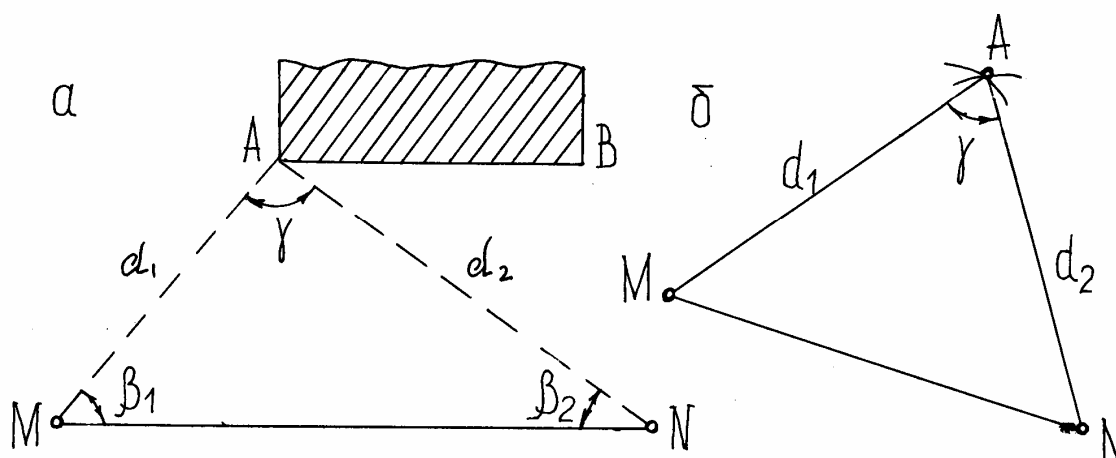


Рис.17. Схема перенесения точек осей:
а – способом прямой угловой засечки; б – способом линейных засечек

Разбивочные углы β_1 и β_2 вычисляют как разность дирекционных углов, образованных исходной стороной и направлениями с ее конечных точек M и N на определяемую точку A . При этом угол γ для достижения точности перенесения засечки должен приближаться к 90° , но быть не менее 30° и не более 150° .

По известным координатам опорных пунктов M , N и точки A решением обратной геодезической задачи вычисляют дирекционные углы соответствующих направлений. При этом пользуются формулами (25).

По дирекционным углам направлений вычисляют углы β_1 и β_2 :

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 &= \alpha_{MN} - \alpha_{MA}; \\ \beta_2 &= \alpha_{NA} - \alpha_{NM}. \end{aligned} \right\}$$

Теодолит устанавливают над опорной точкой M , ориентируют трубу по линии MN и строят угол β_1 . Около точки A закрепляют полученный створ линии MA с помощью колец с натянутым между ними шнуром (осевой проволокой). Аналогичным образом закрепляют створ по линии NA . Пересечение шнуров будет в проектной точке A . При работе с двумя теодолитами разбивочные углы откладывают одновременно.

Таким же образом закрепляют точку B . Для контроля измеряют линию AB и сравнивают ее с проектной.

Точность перенесения на местность проектной точки A способом угловых засечек зависит от расстояний d_1 и d_2 до опорных пунктов M и N , ошибок построения углов β_1 , β_2 и величины угла засечки γ .

Ошибка m_a положения точки A определяется по формуле

$$m_a = \pm \frac{m_\beta}{\rho \sin \gamma} \sqrt{d_1^2 + d_2^2}, \quad (33)$$

где m_β – средняя квадратическая погрешность построения углов β_1 и β_2 ;

γ – угол засечки при точке A ;

d_1 и d_2 – расстояния от опорных пунктов M и N до точки A .

Расчет точности построения разбивочных углов m_{β_1} , m_{β_2} определяется по формуле

$$m_{\beta_1}, m_{\beta_2} \leq \frac{m_c \sin \gamma}{\sin 1'' \sqrt{d_1^2 + d_2^2}}, \quad (34)$$

где $\sin 1'' = \frac{1}{206265}$.

С п о с о б л и н е й н о й з а с е ч к и применяется на ровной открытой местности, когда проектные расстояния d_1 и d_2 (рис.17,б) не превышают длины мерного прибора. При этом обеспечиваются достаточная точность и производительность измерений.

Расстояния d_1 и d_2 для ответственных зданий и сооружений определяют решением обратной геодезической задачи, а для простых – графическим методом.

Для перенесения точки A на местность в точке M закрепляется нулевое деление рулетки и радиусом, равным d_1 , прочерчивают на местности дугу.

Затем нулевое деление ленты закрепляют в точке N и прочерчивают дугу радиусом d_2 . Пересечение дуг будет в проектной точке A .

Точность перенесения на местность проектной точки A способом линейных засечек зависит от ошибок отложения расстояний d_1 , d_2 и угла засечки γ .

Ошибка в положении точки A определяется по формуле

$$m_a = \sqrt{\left(\frac{m_d}{d}\right)^2 \cdot \left[\frac{d_1^2 + d_2^2}{\sin \gamma}\right]}, \quad (35)$$

где m_d – средняя квадратическая ошибка отложения расстояний d_1 и d_2 на местности;

γ – угол засечки фиксируемой точки A .

При одинаковой точности отложения проектных расстояний ($m_{d_1} = m_{d_2} = m_d$) ошибка в положении точки A определяется по формуле:

$$m_a = \frac{m_d}{\sin \gamma} \sqrt{2}, \quad (35')$$

На точность линейной засечки также оказывают влияние ошибки исходных данных и ошибки фиксирования.

Способ створной засечки применяется при наличии строительной сетки или закрепленных на местности главных и основных осей зданий, сооружений. На рис.18 показана разбивка здания способом створных засечек. Проектную точку в этом случае определяют пересечением двух створных линий, которые получают с помощью теодолита или осевой проволоки.

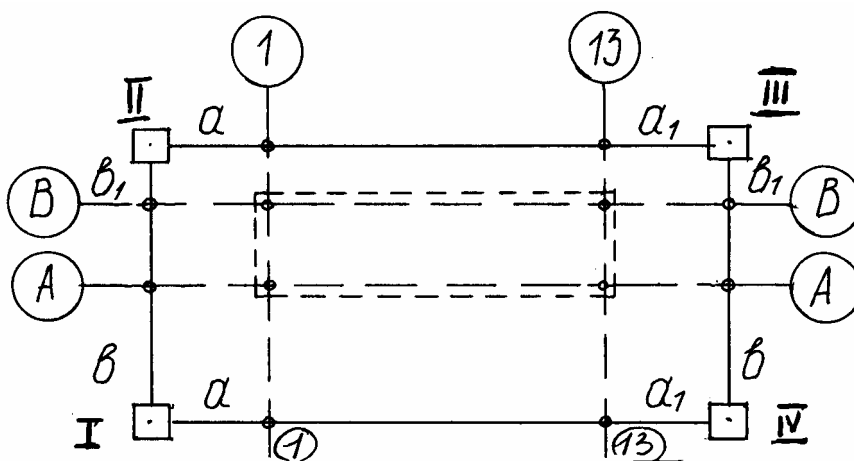


Рис.18. Схема перенесения в натуру осей здания от строительной сетки способом створной засечки

По сторонам сетки I-IV и II-III откладывают отрезки, равные проектному размеру a , a_1 , и по полученным точкам с помощью теодолита строят створ осей 1-1 и 13-13. По сторонам I-II и IV-III откладывают отрезки b , b_1

и по полученным точкам строят створ осей $A-A$ и $B-B$. Пересечение осей дает точку углов здания.

Указанными выше способами можно производить разбивку зданий и сооружений на застроенных участках от местных предметов (например существующих зданий). Так как точность разбивки от местных предметов сравнительно небольшая, то геодезическая подготовка данных осуществляется графическим методом по плану крупного масштаба. На рис.19 показаны варианты перенесения на местность проектных точек и линий от местных предметов. Приведенные случаи разбивок не требуют детальных пояснений. Точность перенесения здесь контролируется измерениями на местности и проверкой положения проектных точек и линий относительно других местных предметов.

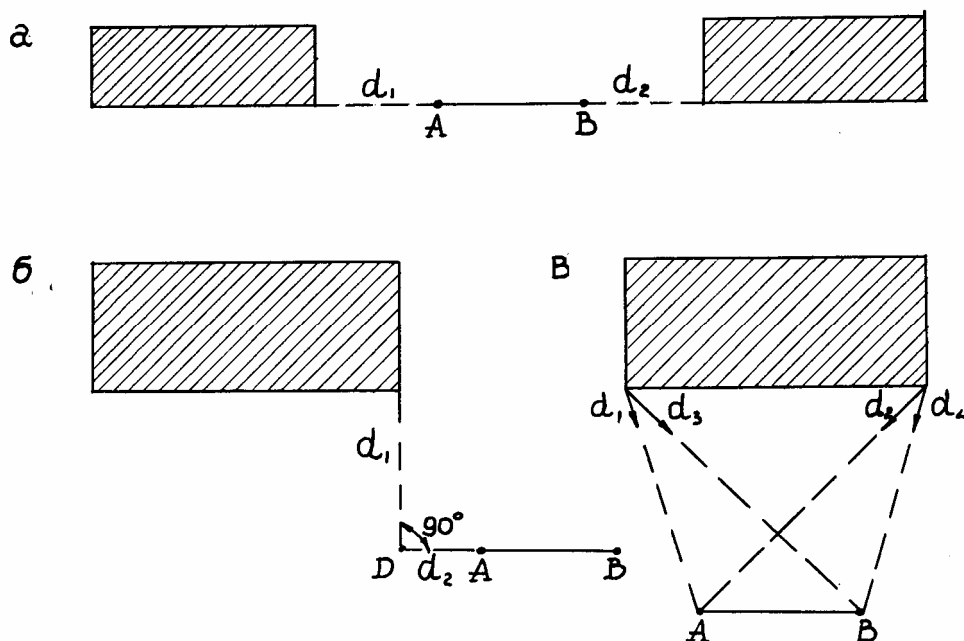


Рис.19. Схема перенесения на местность оси здания:
а – по створу зданий; б – по перпендикуляру;
в – по линейным засечкам

Вопросы для самоконтроля знаний

1. Как создается плановое и высотное геодезическое обоснование для производства разбивочных работ и исполнительных съемок?
2. Что служит в качестве разбивочной основы для строительства жилых и промышленных зданий и сооружений?
3. Порядок перенесения и закрепления на местности строительной сетки.
4. Как на стройплощадке создается высотная разбивочная сеть?

5. Раскройте сущность и назовите этапы разбивки зданий и сооружений.
6. Главные и основные оси здания. Их отличие.
7. Требуемая точность проектного положения точек главных и основных осей зданий и сооружений.
8. Порядок построения на местности горизонтального угла с технической и повышенной точностью.
9. Как отложить на местности проектную линию с учетом соответствующих поправок в её длину?
10. Порядок перенесения и закрепления на стройплощадке проектной отметки.
11. Возможно ли закрепление проектной отметки с помощью теодолита?
12. Порядок построения на местности линии или плоскости с проектным уклоном.
13. Как выполняют разбивку главных и основных осей зданий?
14. Какие существуют способы перенесения на местность осей зданий и сооружений?
15. Порядок перенесения на местность точек проекта способами прямоугольных и полярных координат.
16. Укажите схему перенесения точек проекта способами прямой угловой и линейных засечек.
17. Что вы знаете о точности перенесения на местность точек проекта различными способами?

4. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

4.1. Этапы и точность детальной разбивки

В состав работ в подземной части, требующих геодезического обеспечения, входят устройство обноски и закрепление осей, рытье котлованов и траншей с зачисткой дна и откосов, монтаж фундаментов, стен подвала и перекрытия над ним, устройство приямков, лифтовых шахт, прокладка труб самотечной канализации, монтаж оборудования в подвале (котлов, насосов и т.п.). Заканчивается подземная часть (нулевой цикл) строительством до нулевой отметки, за которую принимают уровень чистого пола 1-го этажа. Это **первый этап** разбивки.

После перенесения на местность главных и основных осей зданий, сооружений выполняют **второй этап** разбивки. От главных и основных осей переносят и закрепляют дополнительные оси, характеризующие отдельные части зданий, сооружений в плане и по высоте. От них разбивают и закрепляют точки осей и отметки для установки в проектное положение строительных конструкций.

Детальная строительная разбивка, определяющая взаимное расположение элементов конструкции зданий и сооружений, а также дополнительных осей относительно основных, выполняется точнее, чем разбивка главных и основных осей.

На третьем этапе (при завершении строительства зданий, сооружений) разбивают и закрепляют точки монтажных (технологических) осей для установки в проектное положение конструкций и технологического оборудования. Ввиду того, что монтажными осями определяется взаимное положение конструкций и технологического оборудования, требования к точности здесь еще выше, чем к детальной строительной разбивке.

Точность выполнения детальной разбивки зависит от типа зданий и сооружений, этажности, высоты, материала и конструкции, технологических особенностей производства и регламентируется СНиПом «Организация строительства» [23], а также ГОСТом «Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве».

Следует различать два вида допусков точности при разбивке:

- 1) допуск Δ_0 точности перенесения на местность проекта зданий относительно пунктов разбивочной основы;
- 2) допуск Δ точности во взаимном положении зданий, сооружений и детальной разбивки их точек относительно главных или основных осей. Его называют строительным допуском.

Если положение осей определяют на плане графически, то допуск Δ_0 равен графической точности масштаба плана. При детальной разбивке

задаются большей точностью. Например, если допустимое отклонение между зданиями по СНиПу ± 5 см и разбивка производится по плану М 1:1000, то предельная графическая точность плана составит $0,2 \text{ мм} \times 10 \text{ м} = 20 \text{ см}$. Следовательно, точность разбивки здания должна превышать точность плана в 4 раза.

Дело в том, что суммарный строительный допуск Δ состоит из допусков на изготовление конструкции $\Delta_{\text{и}}$, на геодезическое построение (разбивка, закрепление) осей $\Delta_{\text{г}}$, на отклонение оси конструкции от разбивочной оси при монтаже $\Delta_{\text{м}}$. Эти допуски независимы друг от друга и поэтому $\Delta = \sqrt{\Delta_{\text{и}}^2 + \Delta_{\text{г}}^2 + \Delta_{\text{м}}^2}$. Принимая их равными и учитывая, что $\Delta_{\text{доп}} \leq 3m$, получим, что средняя квадратическая ошибка геометрического параметра $m_{\text{г}}$ из-за неточностей детальной разбивки не должна быть более 25 % строительного допуска: $\Delta_{\text{г}} \leq 0,5\Delta$ или $m_{\text{г}} \leq 0,25\Delta$.

Предусмотренные нормами допуски не дают полного представления о точности, с которой следует производить разбивку. Для этого еще нужно знать величину относительной ошибки. Например, если при установке колонны допускается отклонение в осях ± 5 мм, то пролет между двумя колоннами не должен содержать ошибку более $\pm 5\sqrt{2} = \pm 7$ мм. Тогда при пролете 12 м относительная ошибка должна быть не более $7:12000 = 1:1700$.

Так как точность разбивки должна быть выше точности плана, то для обеспечения требуемой точности монтажа конструкций разбивку следует производить хотя бы в 2 раза точнее их монтажа. Поэтому в нашем примере измерение линий при разбивке потребует выполнять с относительной ошибкой не более 1:3500.

Точность геодезических разбивочных работ в процессе строительства принимается в зависимости от этажности здания, высоты сооружений и их конструктивных решений, способов выполнения соединений, сопряжений и узлов с учетом величин, приведенных в табл.2 [24].

Т а б л и ц а 2

Погрешности измерений при разбивочных работах

Класс точности	Характеристика зданий, сооружений и конструкций	Допустимые средние квадратические погрешности измерений при разбивочных работах		
		угловые измерения	линейные измерения и перенос по высоте	определение отклонения, мм
1	2	3	4	5
1-Р	Металлические конструкции, сборные железобетонные конструкции, монтируемые методом самофиксации в узлах	10	1:15000	1
2-Р	Здания выше 16 этажей или с пролетами более 36 м и сооружения высотой более 60 м	10	1:10000	2

1	2	3	4	5
3-Р	Здания выше 5 этажей и до 16 или с пролетами более 6 м и до 36 м и сооружения высотой более 15 м и до 60 м. Металлические, сборные железобетонные конструкции со сварными и болтовыми соединениями. Пространственные и тонкостенные монолитные железобетонные конструкции в передвижной и скользящей опалубках	20	1:5000	2
4-Р	Здания до 5 этажей или с пролетами до 6 м и сооружения высотой до 15 м. Железобетонные монолитные конструкции в переставной и стационарной опалубках. Конструкции из бетонных блоков и кирпича. Деревянные конструкции	30	1:2000	5
5-Р	Земляные сооружения	45	1:1000	10
6-Р	Прочие сооружения	60	1:500	50

4.2. Устройство обноски и закрепление осей

Для детальной разбивки зданий и сооружений, закрепления осей и передачи их в котлован и на фундаменты по периметру здания или сооружения устраивают обноску. Она бывает сплошной (рис. 20,а), скамеечной (рис. 20,б) или створной (рис. 20,в).

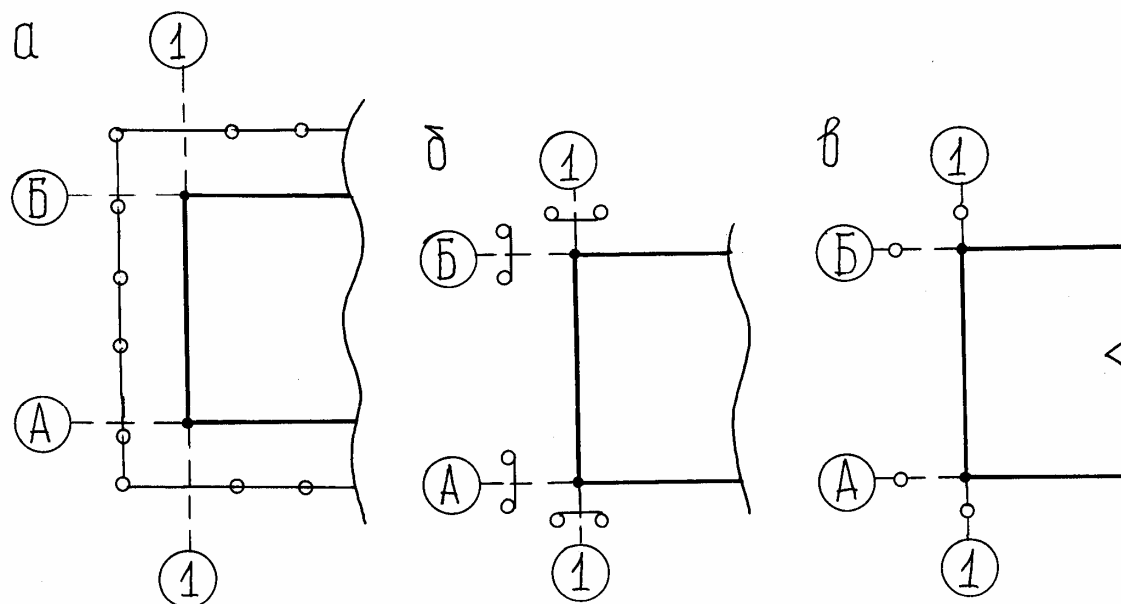


Рис.20. Типы обноски:
а – сплошная; б – скамеечная; в – створная

Сплошная обноска представляет собой ряд вкопанных в землю столбов с шагом 2–3 м с прибитой к ним обрезной доской толщиной 40–50 мм.

Скамеечная обноска состоит из двух столбов и доски, расположенных перпендикулярно линии основных осей.

Створная (столбчатая) обноска состоит только из отдельных столбов, каждая пара которых закрепляет одну из осей.

Обноску строят на расстоянии 3–5 м от котлована. Столбы обноски закапывают на глубину 1 м, а доски прибивают на одном уровне высотой 0,4–1,2 м, чтобы по их верхним граням удобно было откладывать проектные расстояния. Для того чтобы не допускать ошибок в линейных измерениях и за наклон откладываемых проектных расстояний на обноске, она должна быть горизонтальной, а её стороны прямолинейными и параллельными осям здания.

Наиболее рациональной и прочной является инвентарная металлическая обноска. Для её устройства вместо деревянных столбов и досок используют металлические стойки и горизонтальные штанги.

От всех центров L, M, N, K (рис.21) пересечения основных осей здания по их направлению откладывают выбранное расстояние до обноски и получают точки $A, A', B, B', I, I', II, II'$, фиксирующие установку крайних стоек обноски. Створность проверяется теодолитом, установленным над центром.

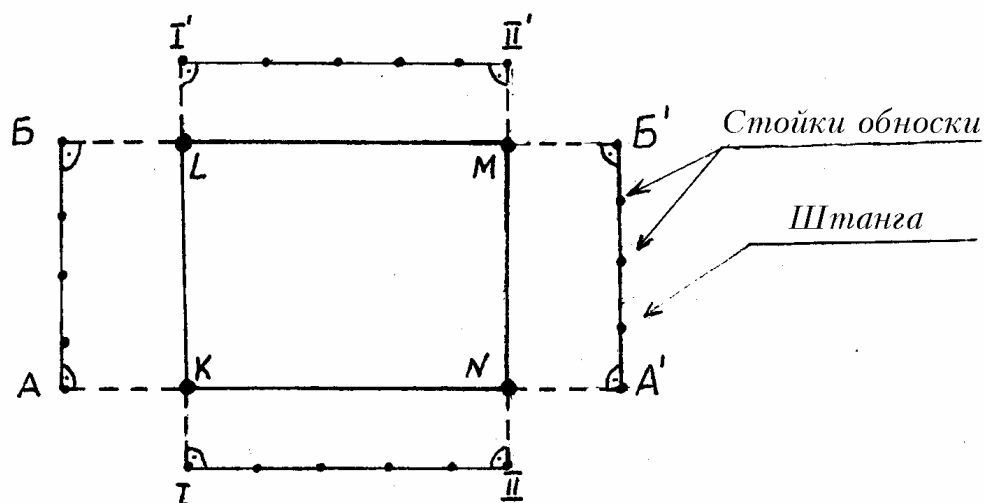


Рис.21. Схема устройства инвентарной металлической обноски и перенесения основных осей здания

Углы в пересечении сторон обноски должны быть прямыми. Это условие контролируется путем их измерения теодолитом, устанавливаемым в точках A, A', B, B' и т.п. Центры устанавливаемых стоек должны находиться строго по линии створа, чтобы выдержать прямолинейность обноски. Отклонение стоек от вертикали свыше 1 мм не допускается. После установки стоек монтируют штанги, контролируя нивелиром необходимый уровень их высоты (0,4–0,6 м) от земли.

На обноску с помощью теодолита переносят основные оси здания. Для этого теодолит устанавливают над точкой I по створу $I-II$, а затем наводят трубу по створу $I-I'$ и на удаленной штанге по биссектору крепят подвиж-

ной хомутик так, чтобы прорезь или петля для фиксации проволоки на нем совпадала с вертикальной нитью трубы теодолита. Затем теодолит устанавливают на противоположной точке II створа I–II и повторяют те же действия.

Для перенесения на обноску промежуточных осей от какой-либо основной оси откладывают по верхнему краю обноски проектные расстояния в прямом и обратном направлениях. Положение этих осей фиксируют подвижным хомутиком с табличкой, обозначающей наименование оси.

При вынесении основных осей на деревянную обноску теодолит устанавливают в точке L , где пересекаются оси I и Б, наводят центр сетки на гвоздь K , обозначающий точку пересечения оси I с А (рис.22).

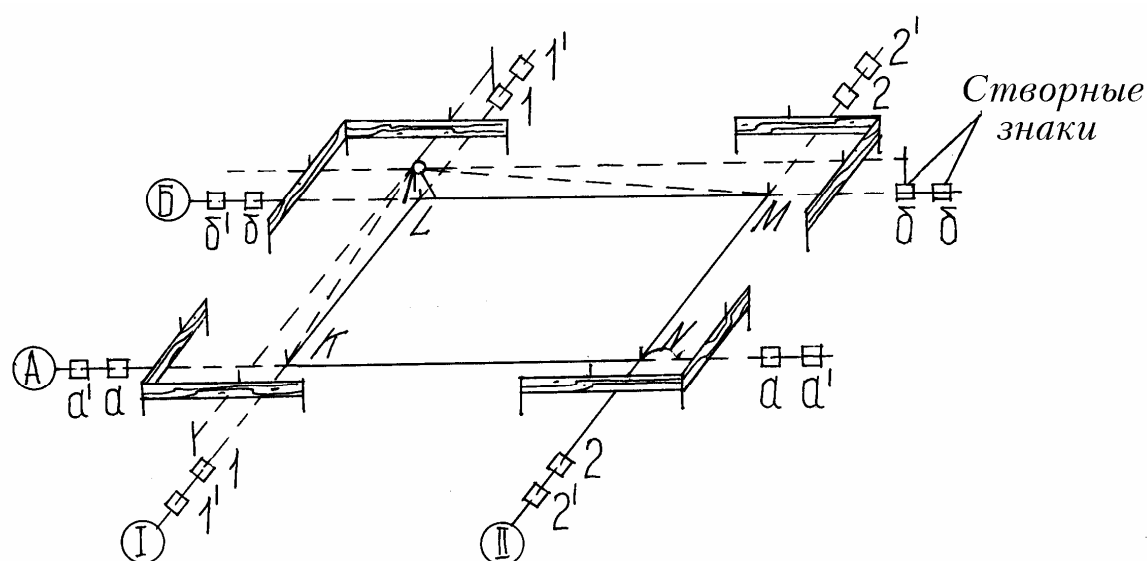


Рис.22. Схема перенесения осей здания на обноску и створные знаки

После этого алидаду закрепляют, изменяют наклон трубы, чтобы увидеть верхний срез обноска, на которой отмечают гвоздем, зарубкой или карандашной линией точку, совпадающую с изображением центра сетки, и подписывают название оси. Повернув трубу через зенит на противоположный конец оси I–I, отмечают на обноске точку по центру сетки. Причем для устранения влияния коллимационной ошибки трубы проверяют эту точку при другом положении вертикального круга. Если получится расхождение с первой пометкой, то находят среднюю точку между ними, которой и пользуются в дальнейшем.

Не снимая теодолита, таким же способом по точке M отмечают на обноске положение оси Б–Б, которая перпендикулярна к уже разбитой. Затем теодолит переносят в противоположный угол, то есть в точку N , где пересекаются две другие оси, и выносят их на обноску. Контроль положения осей осуществляют промером расстояния между ними.

Разбивку осей на обноске проверяют и принимают по акту. Отклонение между ними не должно превышать 5 мм для размеров до 10 м и 20 мм – для размеров до 100 м и более.

От реперов на обноску переносят и отмечают краской нулевые точки и нулевые горизонты, от которых откладывают высотные элементы здания: глубину фундамента, уровень полов, потолков, подоконников и т.п. Началом исчисления высот при постройке зданий берут уровень чистого пола первого этажа и называют его нулевым горизонтом.

В процессе строительства должен осуществляться периодический контроль состояния обноски и положения закрепленных на ней осей.

В целях сохранности на длительный период строительства, а также на случай восстановления утраченных осей на обноске по каким-либо причинам их дополнительно закрепляют створными знаками I–I', 2–2', а–а', б–б' (бетонными, металлическими столбиками с насечкой), размещенными в защищенном от повреждений месте. Они устанавливаются на продолжении основных осей, строго по створу, на расстоянии 20–30 м от строящегося здания.

4.3. Устройство котлованов

При устройстве котлованов выполняются следующие основные операции: разбивка контуров котлована, установка обноска, визирок, контроль за разработкой котлована, зачистка дна и откосов, передача осей и высот в котлован, исполнительные съемки открытого котлована.

До разбивки котлована по разбивочному чертежу устанавливают размеры запаса внешнего обреза основания фундамента и глубину его заложения. Запас необходим для предотвращения от обвала откоса котлована и для установки опалубки. Размер запаса зависит от глубины котлована (при глубине 2–3 м принимается 0,5–1,0 м).

От основных осей здания, закрепленных на местности или обноске, разбивают границу внутреннего контура котлована с учетом принятого запаса внешнего обреза основания фундамента. От неё разбивают границу внешнего контура (верхней бровки) котлована с учетом крутизны откоса и закрепляют на местности кольями через каждые 5–10 м, между которыми натягивается шнур или делается канавка на 1–2 штыка лопаты для обозначения границы вскрытия котлована.

Для разбивки траншей под ленточные фундаменты от основных осей здания вправо и влево откладывают величины, в сумме составляющие ширину подошвы фундамента. Разбивка котлованов под столбчатые фундаменты ведется по основным и вспомогательным осям, в створе которых намечаются центры фундаментов. От центров разбивается контур котлована. Контроль за ходом выемки грунта и доведение глубины котлована до

проектной отметки его дна осуществляется с помощью визирок или нивелира. Постоянные визирки в виде горизонтальных планок прибивают к столбам обноски на одинаковой высоте (обычно на 1 м выше нулевой отметки). На планке подписывают отметку визирки.

Чтобы определить, выбран ли грунт из котлована до проектной отметки, на его дне устанавливают переносную (ходовую) визирку в виде рейки. На рейке краской отмечают линию, расстояние до которой от пятки рейки равно разности отметок ребра планки постоянной визирки и проектного дна котлована. Если линия на ходовой визирке окажется выше шнура, натянутого между ближайшими планками, то грунт из котлована еще не выбран до проектной отметки.

Чтобы определить с помощью нивелира фактическую отметку дна котлована, устанавливают нивелирную рейку сначала на репер с известной отметкой H_p и берут по рейке отсчет a . Затем рейку переносят на дно котлована и берут отсчет b . Превышение между репером и точкой дна котлована будет $h = a - b$. Прибавляя превышение со своим знаком к отметке репера, получают отметку дна котлована в данной точке:

$$H_k = H_p \pm h. \quad (36)$$

Контролировать достижение проектной отметки дна котлована $H_k^{пр}$ можно по значению предварительно вычисленного отсчета b на рейке:

$$b = H_p + a - H_k^{пр}. \quad (37)$$

Выемку грунта в котлованах и траншеях заканчивают с недобором на 10 см до проектной отметки, после чего делают зачистку дна котлована вручную по результатам нивелирования его по квадратам. Вершины квадратов закрепляют кольями, верхние срезы которых (маяки) располагают на уровне проектной отметки и по ним ведут зачистку. После зачистки откосов котлована при помощи угольников с отвесами или направляющих проводят исполнительную съемку котлована. Отклонения от проектных размеров по ширине и длине котлована не должны превышать 30 см. Отклонение отметок дна котлована под фундаменты от проектных допускаются не более чем ± 5 см при условии, что эти отклонения не будут превышать толщины отсыпного подстилающего слоя. Допустимые средние квадратические ошибки измерения при устройстве котлованов: линейные – 1/1000; угловые – 45" и высотные – 10 мм.

Окончание устройства котлована подтверждается исполнительной геодезической документацией: актом готовности котлована, схемой планово-высотной съемки котлована, картограммой подсчета объемов земляных масс.

Перенесение осей в котлован выполняют при помощи теодолита со створных точек (рис.23), закрепляющих оси, или отвесами от точек пересечения осей, фиксируемых проволоками, натянутыми по обноске (рис.24).

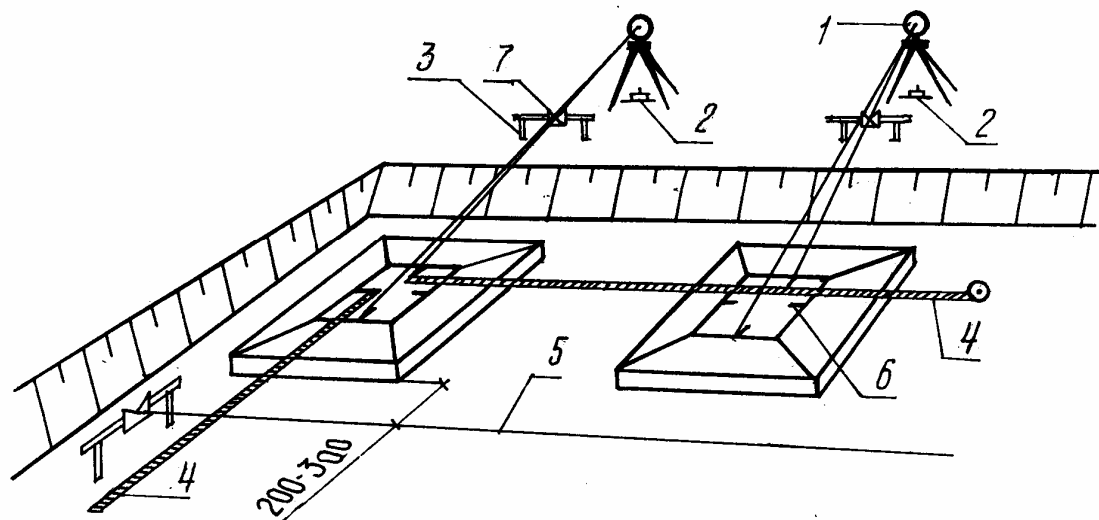


Рис.23. Схема перенесения осей фундамента в котлован с помощью теодолита:

1 – теодолит; 2 – створный знак; 3 – обноска; 4 – рулетка; 5 – осевая проволока; 6 – осевая риска; 7 – подвижная марка

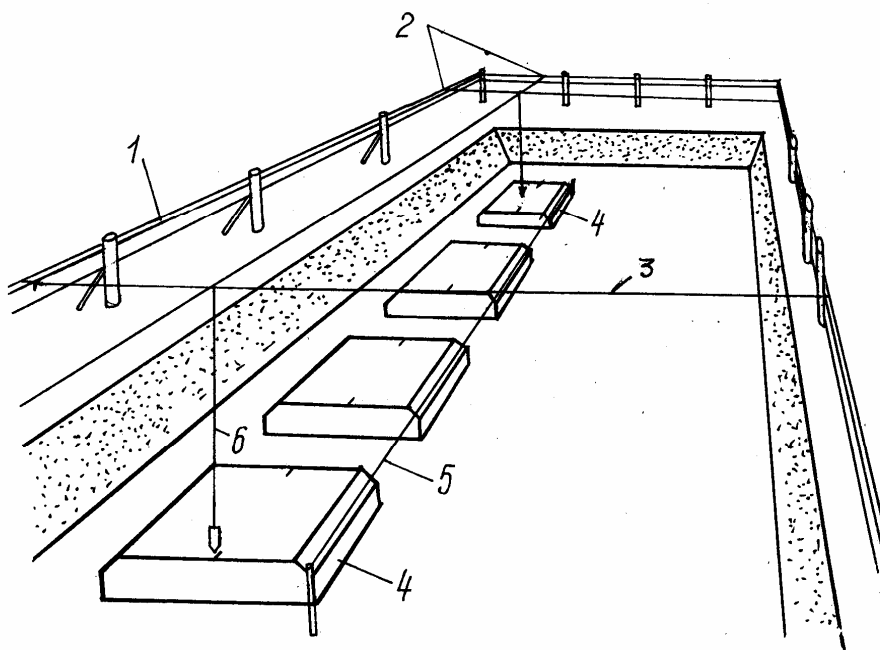
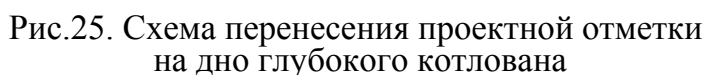


Рис.24. Схема перенесения разбивочных осей в котлован отвесами:

1 – обноска; 2 – риски осей; 3 – осевая проволока; 4 – маячные блоки; 5 – причалка; 6 – отвес

Передачу высот в котлован производят нивелиром непосредственно на дно или по откосам. В глубокие котлованы отметки передают с помощью подвешенной рулетки и двух нивелиров (рис.25).


$$H_{\text{к}} = H_{\text{рп}} + \text{а} - L - \text{В},$$

L – длина ленты между линиями визирования нивелиров:

$$L = m - n.$$

4.4. Определение объема грунта при разработке котлована

Определение объема грунта при разработке котлована необходимо для оперативного контроля фактически выполненного объема земляных работ. Объем грунта зависит от размеров котлована в плане, его глубины, заложения откосов и конструкции. Для котлованов с различным заложением откосов (крутизной откосов) (рис.26,а) можно пользоваться формулой для подсчета объема обелиска:

$$V = \frac{h}{6} [(2a + a_1)b + (2a + a_1)b_1], \quad (38)$$

a_1 — длинная сторона котлована наверху;

b – короткая сторона котлована внизу;
 b_1 – короткая сторона котлована наверху.

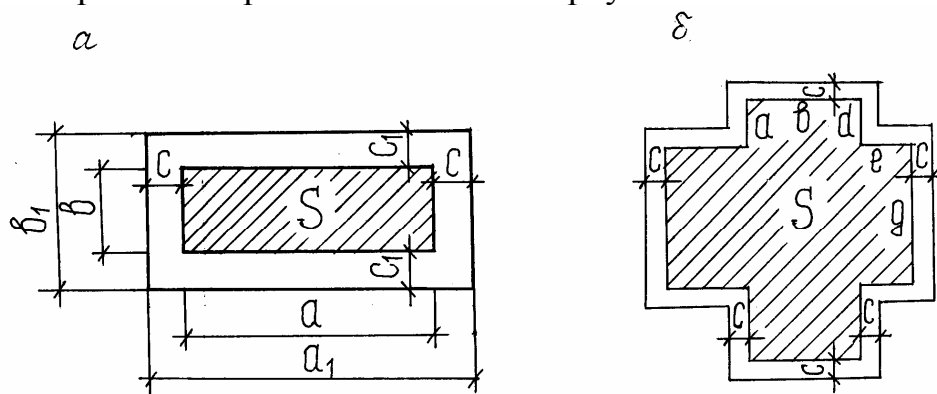


Рис.26. Схема котлована:
 а – с различным заложением откосов; б – сложной конфигурации

Для котлованов с одинаковыми заложениями откосов применяют формулу для определения объемов грунта, при использовании которой нет необходимости измерять верхние размеры котлована в плане:

$$V = hab + h(a + b)c + 4\frac{h}{3}c^2, \quad (39)$$

где h_{ab} – объем котлована без учета откосов;
 $h(a+b)$ – объем котлована над откосами без учета углов;
 c – горизонтальная проекция откосов;
 $4\frac{h}{3}c^2$ – объем котлована над откосами в углах.

Для удобства подсчета эту формулу можно привести к следующему виду:

$$V = h \left[ab + (a + b)c + \frac{4}{3}c^2 \right]. \quad (40)$$

Для котлованов сложной конфигурации (рис.26,б) и с одинаковыми заложениями откосов используют формулу

$$V = h \left(S + p + \frac{c}{2} + \frac{4}{3}c^2 \right), \quad (41)$$

где S – площадь нижнего основания котлована;
 P – периметр нижнего основания котлована:
 $m = (a + b + d + e + g + \dots).$

Для небольших котлованов с откосами при площади их внизу до 100 м^2 и глубине до 4 м (с целью упрощения подсчета) объем грунта определяется как произведение площади в среднем сечении котлована и его глубины:

$$V = S_{\text{cp}} h. \quad (42)$$

Для котлованов с вертикальными стенками и креплениями объем грунта определяют по формуле

$$V = S \cdot h. \quad (43)$$

Оперативный контроль объема земляных работ по данной методике позволяет снизить трудоемкость этого процесса.

4.5. Устройство фундаментов

Исходными данными для выполнения геодезических работ по устройству фундаментов являются схемы осей зданий и сооружений с расстояниями между ними и привязкой к конструкциям фундаментов, планы и разрезы фундаментов и котлованов под несущие конструкции и технологическое оборудование, отметки опорных поверхностей оснований и фундаментов.

Точность устройства фундаментов характеризуется величинами смещения осей элементов относительно монтажных осей и смещения плоскостей и опорных поверхностей от проектных по высоте.

Наряду с общими принципами и приемами геодезические разбивочные работы при устройстве различных типов фундаментов имеют свои особенности.

Монтаж сборных ленточных фундаментов (рис.27) начинают с установки угловых подушек и блоков по проволоке, натянутой на осевых гвоздях обноски.

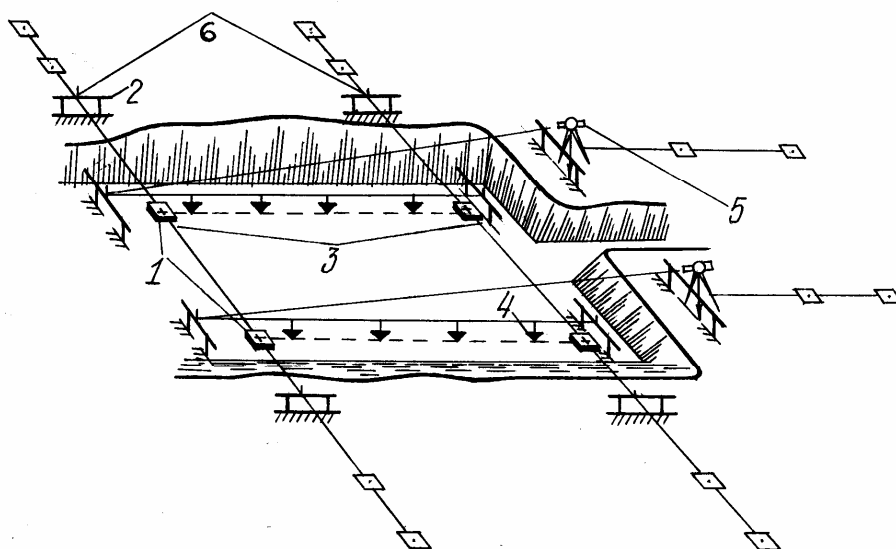


Рис.27. Схема разбивки сборных ленточных фундаментов:
1 – маячные блоки; 2 – обноска; 3 – проволока; 4 – отвесы;
5 – теодолит; 6 – осевые риски

При значительной длине здания (более трех секций) устанавливают ряд промежуточных (маячных) блоков с интервалом 15–20 м. Остальные блоки укладывают по причалке, закрепленной по внешней грани блоков, ранее

смонтированных. На уложенные подушки фундаментов переносят оси, фиксирующие внутренние грани фундаментных блоков и по рискам этих осей осуществляют монтаж блоков.

Правильность установки блоков в плане проверяют (рис.28) от отвесов с осевой проволокой, боковым нивелированием или вешением с помощью теодолита, а по вертикали и горизонтали – отвесом и уровнем.

Одновременно с геодезическим контролем монтажа фундаментных блоков производят разбивку вводов в здание подземных коммуникаций, используя продольные и поперечные строительные оси, для чего в кладке блоков оставляют необходимые отверстия с учетом проектной отметки ввода.

После окончания монтажа первого ряда блоков производят нивелирование. Отклонения в положении верхней поверхности блоков от горизонта исправляют при устройстве горизонтального шва (постели) для следующего ряда блоков.

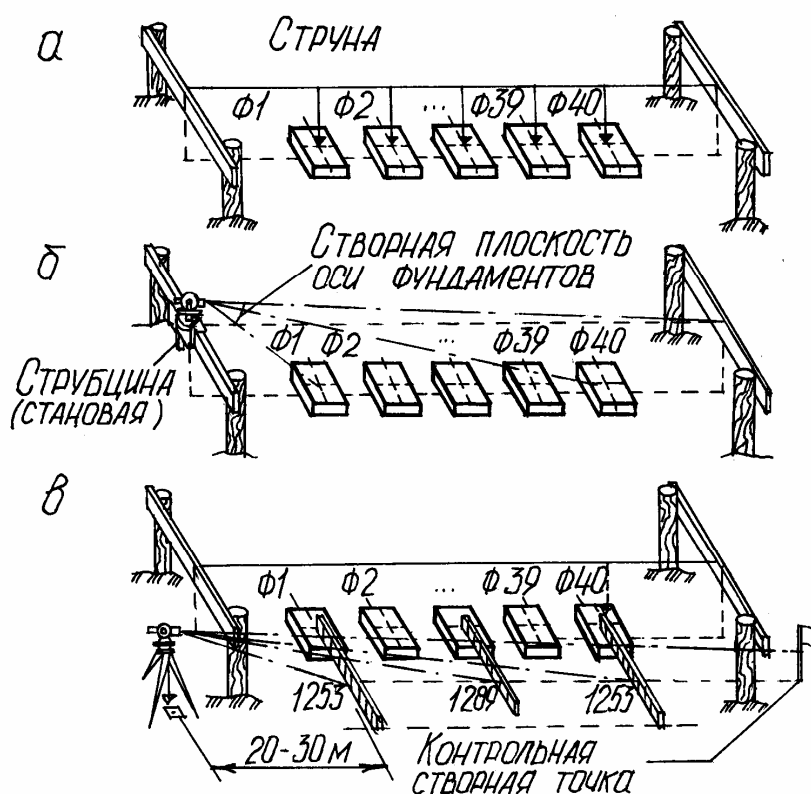


Рис.28. Контроль установки фундамента:
 а – способом створной струны; б – теодолитом;
 в – способом бокового нивелирования

После окончания монтажа фундаментных блоков делают проверку их расположения с составлением исполнительной схемы, на которой показывают смещение блоков от осей и колебания фактических отметок относительно проектных. Отклонение блоков от оси и установки по высоте

допускаются до 10 мм [13, с. 212]. Установку по высоте контролируют с помощью нивелира. По результатам исполнительной съёмки производят выравнивание монтажного горизонта для укладки плит перекрытия над подвалом или техническим подпольем.

Устройство монолитных ленточных фундаментов (рис.29) начинается с возведения опалубки. В ней устанавливают арматуру, после чего заполняют ее бетоном до необходимой отметки. Внутренние грани опалубки совпадают с гранями фундамента.

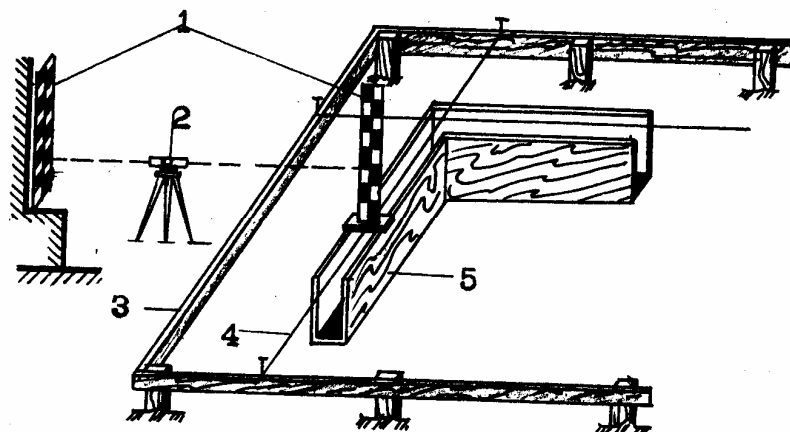


Рис.29. Опалубка под монолитный ленточный фундамент:
1 – рейки; 2 – нивелир; 3 – обноска; 4 – осевые проволоки;
5 – короб опалубки

Опалубку устанавливают в проектное положение от закрепленных на обноске строительных осей с помощью теодолита или отвесов. Верхний обрез фундамента намечают на опалубке гвоздями или краской. Отметку переносят с помощью нивелира от ближайшего репера с точностью 1-2 мм. Положение опалубки контролируют от разбивочных осей. Ее отклонение от проектного положения в плане не должно превышать 5–10 мм [13, с.211].

Вертикальность установки опалубки проверяют отвесом, высотное положение – нивелиром от ближайшего репера с точностью 3-5 мм.

После заполнения опалубки бетоном его выравнивают деревянным брусом. Для точного результата в незатвердевший бетон вбивают металлические штыри, фиксируя их верх на проектной отметке. В такой бетон можно закладывать металлические пластины (скобы) для фиксации на них осей и отметок. Выполнение этой операции с внутренней стороны фундамента особенно необходимо, если в дальнейшем в подвальной части будет устанавливаться технологическое оборудование.

Опалубку для монолитного фундамента под колонны устраивают из коробов, которые в плановое положение устанавливают по рискам на их ребрах или по рейкам. Для этого на верхних кромках щитов намечают середину короба и поверх него прибивают рейки. Грани реек должны располагаться по осям короба. С проволок, натянутых по осям колонны

над котлованом, опускают отвесы и двигают короб до тех пор, пока обриски или прибитые к коробу рейки не коснутся шнура отвесов. В этом положении короб прочно закрепляют. Короб фундамента под сборную колонну обычно бетонируют не до проектной отметки, а несколько ниже, чтобы в последующем можно было произвести подливку и выравнивание бетона под проектную отметку, нанесенную на опалубку. По окончании бетонирования с помощью теодолита на верхнюю плоскость фундамента наносят продольные и поперечные оси колонн, отмечая их рисками на бетоне или на заранее заложенных металлических скобах или пластинах. Затем производят высотную исполнительную съёмку фундаментов. Рейку располагают по углам прямоугольника фундамента и в его центре.

Железобетонные колонны устанавливают на фундамент стаканного типа. Плиты под стаканы укладывают по осям на обноске. Правильность установки плит проверяют теодолитом, а по высоте – нивелиром. Проверку горизонтальности основания выполняют с помощью нивелира или строительного уровня, планировку основания проверяют с помощью рейки, укладываемой на основания в различных направлениях. При устройстве стакана бетонирование его дна не доводят до проектной отметки на 2–3 см с тем, чтобы после нивелирования заполнить днище цементным раствором до нужной отметки. Дно углублений фундаментов (стаканов) нивелируют по всем углам и посередине. По насечкам на фундаментах проверяют расстояние между осями, определяют их смещения и расстояние от осей до стенок стаканов фундаментов.

Дополнительной работой при возведении фундамента под металлические колонны является установка анкерных болтов с помощью специальных кондукторов, прочно прикрепленных к опалубке фундамента (рис.30).

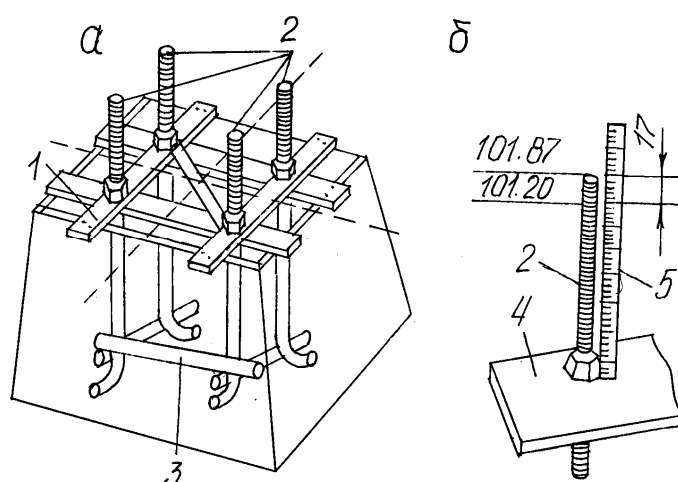


Рис.30. Схема установки анкерных болтов:
а – под металлические колонны; б – контроль анкерных болтов по высоте;
1 – шаблон; 2 – анкерные болты с гайками; 3 – крепление болтов снизу;
4 – доска шаблона; 5 – металлическая линейка

Для точной установки анкерных болтов на каждую типичную группу анкерных устройств изготавливают особый шаблон. Простейший шаблон под колонны с небольшой нагрузкой можно изготовить из прочных деревянных досок, неподвижно скрепленных между собой и с опалубкой. Под колонны со значительной нагрузкой вместо деревянных шаблонов изготавливают стальные.

Отверстия для анкерных болтов шаблона не должны отличаться в плане от отверстий на башмаке колонны. На шаблонах прочерчивают оси, соответствующие осям на опалубке. Оси шаблонов и опалубки должны совмещаться.

Высотную установку болтов до проектной отметки производят при помощи нивелирования. Приблизительно установленные болты нивелируют от исходного репера. Затем при помощи миллиметровой линейки определяют разность между проектной и фактической отметками. Отклонения в плане и по высоте анкерных болтов от их проектного положения не должны превышать 5 мм [13, с.212]. После окончательной установки болтов их закрепляют между собой сваркой кусками арматуры и бетонируют фундамент.

После затвердения бетона шаблон снимают, болты нивелируют, а по полученным отметкам у их основания в полузатвердевший бетон вбивают на проектную отметку гвозди, по которым производят затирку поверхности опирания башмака на колонны. Измерения по высоте при установке гвоздей выполняют металлической линейкой.

Затем производят контрольную съемку. Её выполняют теодолитом, который устанавливают на створных знаках двух взаимно перпендикулярных осей. По вертикальной нити теодолита берут отсчет на металлической линейке с миллиметровыми делениями, прикладываемой к центру анкерного болта.

Свайные фундаменты сооружают в соответствии с планом осей и свайного поля. Сваи располагают в один или несколько рядов или объединяют в группы – кусты.

Центры свай размечают от закрепленных основных осей с помощью теодолита и рулетки или от осевых проволок. Теодолит устанавливают над створными осевыми знаками, ориентируют по створу осей и по этому направлению откладывают проектные расстояния до центров свай. Центры свай можно определять с помощью отвесов, подвешенных на пересечении осевых проволок.

При кустовом расположении свай описанным способом намечают центр куста и от него разбивают центры свай. Детальную разбивку удобно производить от центральных точек специальным шаблоном, если размеры куста не превышают 3 м. Невысокая точность разбивки свайных полей в

плане (порядка 0,2-0,4 от сечения свай) позволяет устанавливать шаблон по осям на глаз по закрепленным на нем целикам.

Для свай, расположенных не на осях и удаленных от центра куста, их положение от осей определяют способом перпендикуляров с помощью рулетки и эккера.

Для контроля за величиной погружения каждую сваю размечают на метры в направлении от острия к оголовку, а буквами ПГ отмечают проектную глубину погружения свай. Вертикальность погружения свай обеспечивают установкой направляющей стрелы копровой установки в отвесное положение. При использовании вибрационных копровых погружателей отвесность направляющей стрелы проверяют теодолитами, а при использовании копров с молотами и вдавливающих погружателей – тяжелыми отвесами. Если в процессе погружения замечают отклонение свай от вертикального положения, то работу приостанавливают для выправления положения стрелы и свай.

По окончании забивки свай на их оголовки выносят отметки срезки свай под оголовники и ростверки. После срезки свай выполняют исполнительную съемку с определением отклонений центров верха свай от проектного положения и их отметок. В случаях, когда положение забитых свай отличается от нормативного (свыше $1/3$ от сечения свай), вбивают дублирующие сваи.

Ростверки на свайных фундаментах, на которые опираются несущие конструкции, сооружают сборными или монолитными. В обоих случаях осуществляют контроль за горизонтальностью верхней поверхности ростверка.

4.6. Устройство наземных подкрановых путей

После монтажа фундаментов выполняют работы по устройству подкрановых путей башенного крана. Это осуществляется по проекту производства геодезических работ на период строительства и эксплуатации подкрановых путей. При этом используют теодолит и нивелир технической точности, стальную компарированную рулетку и шаблоны.

Ось подкранового пути намечается на местности от оси здания (сооружения) на расстоянии, установленном для данного типа крана. Прямолинейную ось сначала закрепляют (колышками, металлическими штырями или трубками) в двух крайних точках, а затем по теодолиту выставляют в створе дополнительные знаки через 5–10 м. В дополнительных крайних точках строят теодолитом прямые углы, разбивая таким образом поперечники к оси. Все знаки забиваются вровень с поверхностью земли, а затем их отметки определяются с помощью геометрического нивелирова-

ния. По полученным данным измерений составляют план и профиль пути, которые служат основой для составления проекта подкранового пути.

Перенесение проекта на местность состоит в установке по нивелиру колышков по проектным отметкам на оси пути и на поперечниках для производства земляных работ по вертикальной планировке полотна пути. На уплотненное полотно пути насыпают из гравия балласт, соблюдая проектные отметки и ширину балластной призмы. С помощью теодолита восстанавливают ось подкранового пути. По оси пути натягивают проволоку, относительно которой производят точную укладку (рихтовку) шпал и рельсов. По вертикали их рихтуют с помощью нивелира, пользуясь проектными отметками, а по ширине рельсы укладывают с помощью шаблона.

После окончания укладки производят исполнительную съемку подкранового пути, проверяя тем самым его габариты и правильность положения в плане и по высоте. Если будут обнаружены отклонения от проекта, превышающие допускаемые величины, то рихтовка проводится снова.

Продольный уклон полотна пути более 0,005, а поперечный – более 0,01 (в сторону водоотвода) не допускаются. На грунтах, хорошо дренирующих или скальных, полотно пути устраивают в горизонтальной плоскости.

Разность отметок головок рельса при длине пути в 10 м допускается до ± 20 мм. Разность отметок головок рельсов в поперечном сечении ± 5 мм. Отклонение между осями рельс ± 10 мм [21].

В период эксплуатации (особенно весной) периодически проверяют состояние подкрановых путей и в первую очередь:

- 1) прямолинейность оси пути или правильность расположения его на проектной кривой;
- 2) соблюдение проектного расстояния между осями рельсов;
- 3) соблюдение в пределах проектных норм разрывов на стыках смежных рельсов. При этом руководствуются правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.

4.7. Устройство подвальной части здания

Перед началом устройства стен подвала или технического подполья (цокольного этажа) с помощью нивелира и рейки проверяют высоту и горизонтальность верхней плоскости фундамента, а также правильность перенесения на неё осей.

По данным нивелирования устанавливают монтажный горизонт, за который принимают самую высокую точку фундамента. Всю плоскость фундамента выравнивают до отметки монтажного горизонта маяками. Затем, руководствуясь данными чертежа, размечают места установки угловых и маячных блоков.

Устройство стен технического подполья начинают с установки угловых панелей (блоков) и на границах захваток. Вертикальность панелей контролируют рейкой-отвесом или уровень-рейкой. В плане блоки и панели стен технического подполья устанавливают по рискам осей на нижележащих блоках фундамента. После устройства стен подвала и цоколя нивелируют верхнюю плоскость рядов панелей (блоков), определяя отметки через 3–5 м. В случае негоризонтальности этой плоскости её выравнивают, изменяя толщину подстилающего слоя. Затем вновь повторяют контрольное нивелирование и производят монтаж плит перекрытия над подвалом.

Завершающей стадией геодезических работ при строительстве подземной части считается перенесение осей стен и нулевого уровня на цокольные панели (блоки) возводимого здания. Оси переносят створным методом с противоположных сторон обноска или с помощью теодолита и створных знаков, закрепляющих основные оси с внешней стороны здания.

Вместе со знаками, закрепляющими положение основных осей в плане, на здании или внутри него закрепляют не менее двух реперов-знаков внутренней высотной опоры. Отметки на эти знаки переносят с помощью нивелира от пунктов внешней высотной опоры на стройплощадке с требуемой точностью детальной разбивки, не превышающей среднеквадратической ошибки в 3 мм. Перенесение нулевого уровня производят с помощью нивелирования по горизонту прибора и расчету высоты рейки. Уровень чистого пола 1-го этажа расположен всегда выше цоколя и перекрытия над подвалом ровно на целое число десятков сантиметров, поэтому на цоколь выносят условный уровень.

По завершении строительства подземной части выполняют исполнительную съёмку и составляют схему планово-высотного положения конструкций подвальной части здания. На схему выписывают отметки основания под фундаментные блоки, верха гидроизоляции над фундаментными блоками, верхней плоскости цокольных панелей (блоков) и плит перекрытия по углам и в точках пересечения осей здания, а также в середине данных осей. Отклонения фактических отметок от проектных не должны превышать для оснований 20 мм, гидроизоляции 10 мм и цоколя 5 мм.

4.8. Знаки закрепления разбивочных сетей

Места закладки геодезических знаков должны быть указаны на стройгенплане, а также на чертежах, необходимых для производства работ по планировке и застройке территории строительства.

Глубина заложения знаков зависит от глубины наибольшего промерзания грунта. Основание знака должно располагаться не менее чем на 0,5–1 м ниже уровня наибольшего промерзания. Это необходимо для того, чтобы ослабить выпучивание знаков во время промерзания грунта. Все грунтовые

центры и реперы закладывают преимущественно вровень с поверхностью земли, вне зон влияния процессов, неблагоприятных для устойчивости и сохранности знаков, вдали от оползней, пывунов, а также в местах, не подвергающихся затоплению, деформации, то есть не ближе 200–400 м от котлованов крупных объектов.

Особое внимание должно быть обращено на закрепление пунктов вблизи котлованов или мест, где будут забивать сваи. Для сохранения устойчивого положения центров знаков их нужно располагать на расстояниях от котлованов не менее десятикратной глубины котлована. Следует также учитывать высоту строящихся объектов и закреплять опорные точки на расстоянии от стен здания, равном не менее 1,5 его высоты.

Закрепление пунктов разбивочных сетей производится постоянными знаками. Это металлические трубы или обрезки рельсов с бетонным монолитом внизу, заложенные в котлованы, или металлические трубы и обрезки рельсов, установленные в скважины, заполненные бетоном. В верхней части такого знака иногда приваривается металлическая пластина размером 20 × 20 см, на которой центр знака кернуется рисками или просверливается.

Для использования знаков разбивочной сети в качестве реперов на пластинах наваривается полусферическая головка. В практике строительства весьма эффективными можно считать знаки в виде свай. Для закладки ственных знаков используют имеющиеся вблизи капитальные здания и сооружения.

Главные и разбивочные оси зданий и сооружений закрепляют временными и постоянными знаками. Место закладки знаков должно быть определено с учетом устойчивости и сохранности их в период строительно-монтажных работ. Закрепляющие знаки следует располагать в местах, свободных от складирования строительных материалов, вне зоны земляных работ и на расстоянии от контура зданий не менее 1,5 высоты здания.

Расположение знаков закрепления осей должно обеспечивать их взаимную увязку, возможность восстановления и переноса на монтажные горизонты вертикальным и наклонным проектированием.

Временные знаки закрепления осей представляют собой металлические штыри, обрезки труб, деревянные колья. Оси закрепляют краской или забитыми в их верхнюю часть гвоздями.

Постоянные знаки могут быть различной конструкции. Наиболее часто закладывают грунтовые знаки. Чтобы обеспечить долговременную сохранность знака, его ограждают деревянной или металлической обноской высотой до 1 м. Обноску делают треугольной или квадратной со сторонами 1,5–2 м обтянутой сигнальной лентой.

Все центры геодезической разбивочной основы, заложенные на территории строительства, подлежат сдаче по акту под наблюдение за сохран-

ностью дирекции строящегося предприятия и начальнику строительного участка.

Вопросы для самоконтроля знаний

1. Назовите этапы и точность выполнения детальной разбивки?
2. В зависимости от чего принимаются погрешности (точность) измерений при разбивочных работах в процессе строительства?
3. Виды и назначение строительной обноски и створных знаков.
4. Порядок построения обноски и перенесения на нее основных разбивочных осей здания.
5. Назовите состав геодезических работ при устройстве котлованов, а также траншей под линейные фундаменты.
6. Как с помощью нивелира и визирок контролировать выемку грунта при разработке котлована?
7. Способы перенесения осей фундамента в котлован и на конструкции фундамента.
8. Допустимое отклонение от проектных размеров по ширине и длине котлована, а также от проектных отметок для котлована под фундаменты.
9. Как определить объем грунта при разработке котлована с одинаковым и различным заложением откосов?
10. Особенности геодезических разбивочных работ при устройстве различных типов фундаментов.
11. Каково Ваше понимание устройства наземных подкрановых путей башенных кранов?
12. Состав геодезических работ при устройстве подвальной части зданий.
13. Порядок закладки пунктов геодезических разбивочных осей, а также постоянных и временных знаков их закрепления на строительной площадке.

5. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В зависимости от вида конструкции стен, сборные здания разделяют на крупнопанельные, каркасно-панельные, крупноблочные, каркасные и кирпичные. Геодезическое обеспечение строительства каждого типа зданий имеет свои особенности.

5.1. Построение разбивочной сети на исходном и монтажном горизонтах

Для обеспечения геодезического строительства первого и последующих этажей здания создают опорную плановую и высотную разбивочные сети на исходном и монтажном горизонтах.

Исходным горизонтом называют условную плоскость, проходящую по поверхности несущих конструкций подземной части зданий (фундаментов) или перекрытия нулевого цикла.

Монтажным горизонтом здания называют условную плоскость, проходящую по поверхности перекрытия каждого последующего этажа или опорного яруса надземной части здания.

Плановую разбивочную сеть на исходном горизонте создают в виде правильных фигур, обозначающих конфигурацию здания и закрепляющих точки пересечения параллелей основным осям здания для их проецирования на монтажные горизонты.

Точки разбивочной сети располагают в местах, обеспечивающих взаимную видимость и сохранность на весь период монтажа. В целях обеспечения безопасности и удобства выполнения линейных измерений и построения створов по периметру здания стороны плановой сети располагают параллельно основным осям здания (рис. 31).

Построение плановой разбивочной сети на исходном горизонте выполняют в следующем порядке:

- 1) перенесение основных точек I_b , II_b , I_a , IV_a плановой сети на исходный горизонт и проложение по ним полигонометрического хода;
- 2) построение основных (угловых) точек I–IV плановой сети;
- 3) определение величины и направления редуцирования (смещения) основных точек по результатам сравнения значения их координат по факту и проекту;
- 4) редуцирование и окончательное закрепление основных точек плановой разбивочной сети;
- 5) построение промежуточных точек сети и проложение контрольного полигонометрического хода.

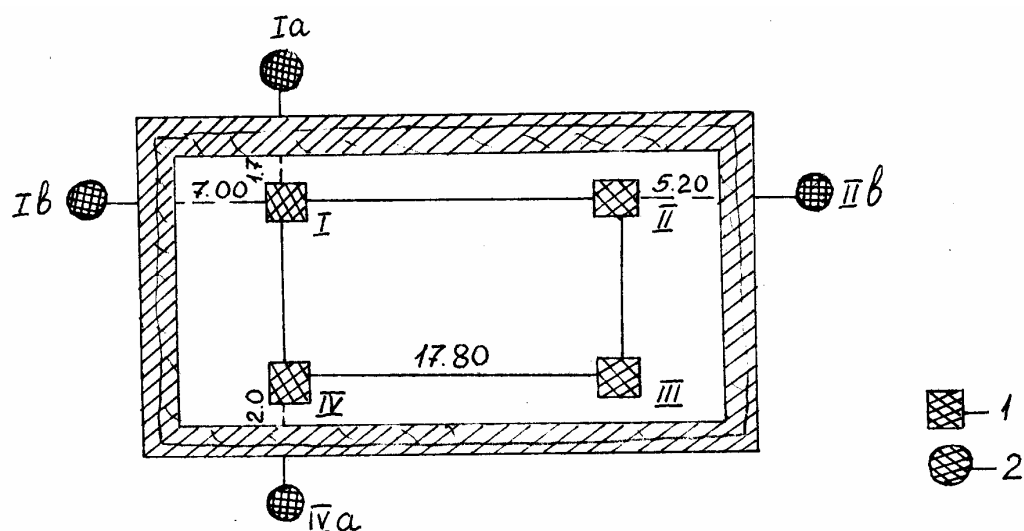


Рис. 31. Плановая разбивочная сеть на исходном горизонте:
1 – пункты на исходном горизонте; 2 – осевые разбивочные знаки

Точность построения плановой разбивочной сети на исходном горизонте должна быть на класс выше точности плановой разбивочной сети на монтажном горизонте. Перенесение основных точек плановой сети на исходный горизонт выполняют от знаков, закрепляющих основные оси здания, методом полярных, прямоугольных координат, построением створов. Точки плановой сети на исходном горизонте закрепляют дюбелями, керном на закладных деталях, открасками.

Высотной разбивочной сетью на исходном горизонте могут быть основные точки плановой разбивочной сети или рабочие реперы, по которым прокладывают нивелирный ход с привязкой не менее чем к двум реперам на строительной площадке. Знаками высотной сети могут служить монтажные петли, металлические уголки, приваренные к закладным деталям. После построения планово-высотной разбивочной сети на исходном горизонте выполняют исполнительную съёмку.

Построение плановой разбивочной сети на монтажном горизонте осуществляют так же, как и на исходном. Перенесение основных точек плановой сети, закрепленных на исходном горизонте, производят по высоте. Способы их перенесения рассматриваются отдельно в подразд.5.2.

Выбор основных точек, принимаемых в качестве исходных для перенесения на монтажный горизонт, обуславливается обеспечением видимости с исходного горизонта на все этажи (ярусы) здания, формой плановой сети, возможностью построения с этих точек плановой сети на монтажном горизонте и технологией строительно-монтажных работ.

На монтажный горизонт переносят, как правило, не менее трёх точек разбивочной сети.

При строительстве зданий повышенной этажности, имеющих большое количество прерывающихся осей, выполняют корректировку положения

всех стеновых панелей и точек плановой сети на монтажном горизонте в системе X и Y , параллельной осям здания. Затем составляют схему размещения установочных осей с выписанными на ней расстояниями ориентировочных рисок панелей от осей X и Y .

Построение высотной сети на монтажном горизонте выполняют методом геометрического нивелирования от реперов на исходном горизонте. Построение на исходном и монтажном горизонтах является сложной и ответственной работой. Её выполняют, как правило, высококвалифицированные специалисты-геодезисты. После завершения работ составляют соответствующую исполнительную документацию, которая прикладывается к акту проверки геодезических работ.

5.2. Способы перенесения осей на монтажные горизонты

При строительстве зданий малой и средней этажности перенесение точек на разбивочной основе с исходного горизонта на монтажный выполняют способом наклонного проектирования. Сущность способа состоит в построении вертикальной плоскости. Теодолит устанавливают над точкой A (рис. 32) створа разбивочной оси AB .

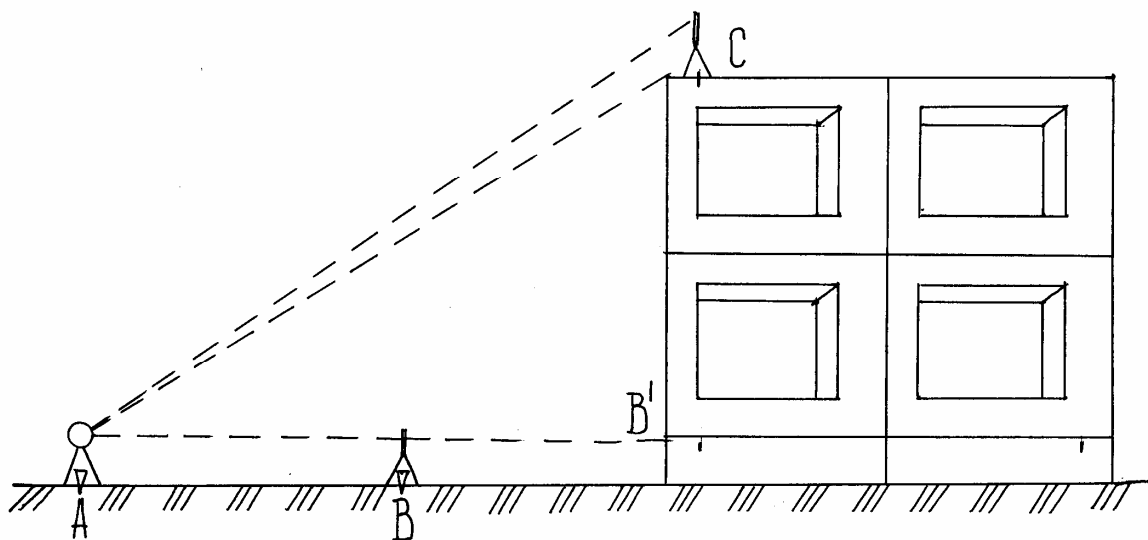


Рис.32. Схема перенесения осей способом наклонного проектирования

Зрительную трубу наводят на визирную цель второй створной точки B или на риску B' исходного горизонта, обозначенного на торце или фасаде здания. Примерно в створе этой же оси на перекрытии монтажного горизонта устанавливают штатив с закрепленной на нем визирной маркой (отвесом).

Трубу теодолита, ориентированную по створу разбивочной оси, при закрепленной алидаде вращают в вертикальной плоскости до появления визирной марки в поле зрения трубы. После этого трубу закрепляют и в биссектор точно вводят центр визирной марки или нить отвеса. Проекцию

центра марки или нити отвеса фиксируют на монтажном горизонте. Аналогичные действия выполняют при другом положении вертикального круга теодолита.

Середину расстояния между двумя рисками, полученными при двух положениях вертикального круга теодолита, принимают за искомую точку разбивочной оси на перекрытии.

Возможны четыре варианта расположения точек, закрепляющих створную ось и точки на монтажном горизонте:

- ось закрепляют двумя точками – A и B , точку C переносят на перекрытие через марку;
- ось створа закрепляют точкой A и откраской на стене цокольного этажа; точку оси C переносят на перекрытие через марку;
- ось створа закрепляют двумя точками – A и B ; точку оси C выносят непосредственно на монтажный горизонт и закрепляют риской;
- ось створа закрепляют точкой A и откраской на стене цокольного этажа; точку оси C выносят непосредственно на монтажный горизонт и закрепляют риской.

Положение осей на монтажном горизонте определяют по двум створным точкам, перенесенным на противоположные стороны контура перекрытия. Возможны и другие варианты определения положения осей, но с меньшей точностью. По визирной марке в створе линии AB (рис.33,а) на металлической пластине намечают центр визирной цели K . На ней устанавливают теодолит и при двух положениях вертикального круга от направления на точку A откладывают угол 180° . Полученные точки L и K определяют положение оси на монтажном горизонте (рис. 33,б). Для контроля положения оси устанавливают теодолит над точкой L и измеряют угол между направлением на точку K и створную точку D (рис. 33,в). Допустимая величина отклонения измеренного угла от 180° зависит от расстояния визирования и точности центрирования теодолита.

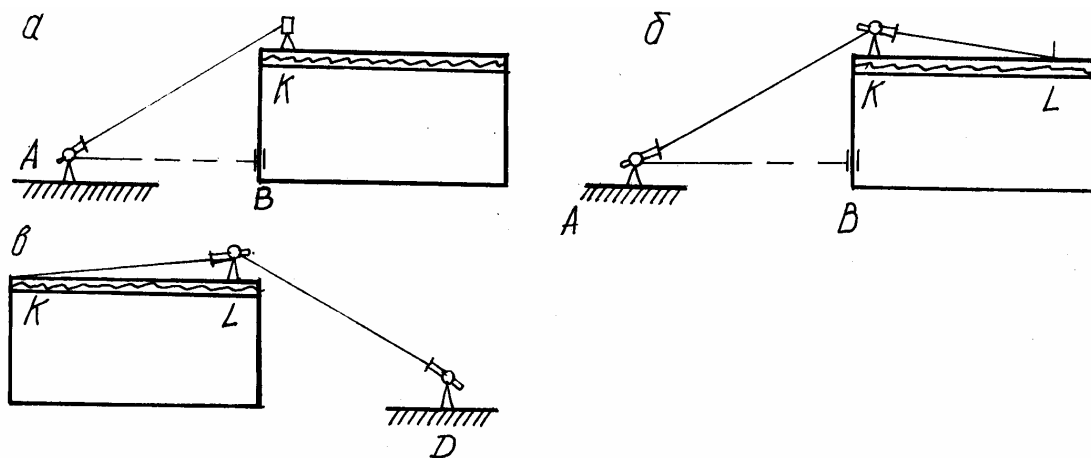


Рис.33.Способы определения положения оси путем последовательного отложения углов 180°

Ошибки накапливаются за счёт неперпендикулярности оси вращения зрительной трубы, оси вращения теодолита, коллимационной ошибки, неточного приведения оси вращения прибора в отвесное положение. Для максимального исключения этих ошибок в работе необходимо использовать тщательно поверенный теодолит.

Низкая точность и необходимость размещать створные знаки на расстоянии, равном высоте здания, для того чтобы угол наклона трубы теодолита не превышал 45° , делают этот способ ограниченным в применении, а в условиях строительства на застроенной территории – неприемлемым.

Разновидностью наклонного проектирования является **боковое нивелирование**. На исходном горизонте закрепляют точки базисной сети. Кроме того, закрепляют базисы, параллельные продольным и поперечным осям здания, расположенные вне его на расстоянии, равном 1–2 м. Способом бокового нивелирования расстояние от стороны базисной сети до базиса переносится на перекрытия монтируемого здания. Для удобства визирования на верхние этажи концы базиса располагают на расстоянии 25–30 м от здания.

На одном из концов базиса (точка *A*) устанавливают теодолит, а его трубу ориентируют на точку *B*. Ориентированную при закреплённом горизонтальном круге трубу теодолита вращают в вертикальной плоскости и наводят на рейку, горизонтально расположенную на монтажном горизонте. Рейку перемещают до положения, в котором отсчет по ней равен **в**, и на перекрытии риской фиксируют положение нуля деления рейки. Аналогичные операции выполняют при другом круге теодолита, что составляет полный прием переноса риски. Расстояние между двумя рисками, полученными при двух положениях вертикального круга, делится пополам и средняя риска принимается за положение оси на монтажном горизонте.

Перемещая рейку по монтажному горизонту вдоль оси, прочерчивают необходимое количество рисков для производства строительно-монтажных работ. Расстояние *d* не превышает 2 м и может быть измерено с высокой точностью (0,2–0,5 мм).

Все внешние оси (базисы) увязываются между собой и с монтажными осями на исходном горизонте, поэтому при вычислении ожидаемой точности этой погрешностью пренебрегают.

После выноса на монтажный горизонт всех четырех осей здания для контроля измеряют стороны и диагонали контура здания или прокладывают ход по угловым точкам и, при необходимости, точки редуцируют в проектное положение. Точки базиса располагают за пределами строительной площадки и закрепляют створными знаками или откраской на соседних зданиях, сооружениях. Перенесение точек с исходного горизонта на монтажный можно выполнять с п о с о б о м в е р т и к а л ь н о г о п р о е к т и р о в а н и я с помощью специальных приборов.

При строительстве зданий и сооружений небольшой высоты для проектирования точек по вертикали используют тяжелые отвесы. Этот способ не обеспечивает высокую точность проектирования вследствие возникновения бокового прогиба в нити отвеса при ветровой нагрузке. Даже при отсутствии ветра точность перенесения этим способом составляет 10 мм на 20 м длины нити отвеса.

При строительстве высоких зданий и сооружений основным способом перенесения точек разбивочной основы на монтажные горизонты является способ оптического вертикального проектирования с помощью приборов вертикального визирования: высокоточного оптического теодолита со специальной окулярной насадкой; ОЦП – оптического центрировочного прибора; ПОВП – прибора оптического вертикального проектирования; РЗЛ – автоматического прецизионного зенит-прибора; ЛЗЦ – лазерного надира-центрира.

Оптическое проектирование выполняют непосредственно с исходного горизонта на каждый монтажный горизонт (рис.34,а) либо последовательно с горизонта на горизонт (рис.34,б). Последний способ называют шаговым проектированием.

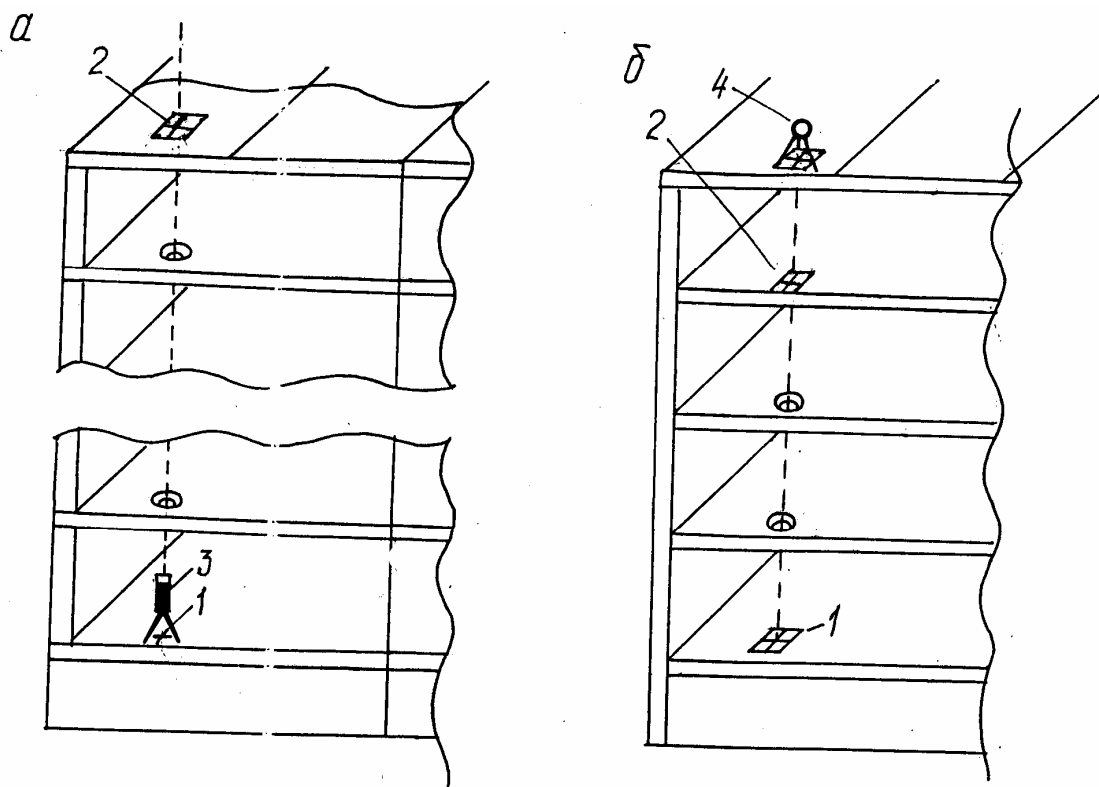


Рис.34. Способы вертикального проектирования:
 а – исходного горизонта; б – последовательно с горизонта на горизонт:
 1 – опорный знак; 2 – палетка; 3 – оптический центрир; 4 – теодолит

При использовании прибора вертикального проектирования его устанавливают над опорной точкой и приводят в рабочее положение. На соот-

ветствующем горизонте устанавливают координатную палетку. Она представляет собой две скрепленные прозрачные пластинки из оргстекла размером 30×30 см с нанесенной между ними координатной сеткой в виде взаимно перпендикулярных оцифрованных линий.

Путем четырехкратного визирования с поворотом прибора на 90° на палетке отмечают проекцию плановой опорной точки. Затем положение точки с палетки переносят и закрепляют на монтажном горизонте.

При ступенчатом проектировании теодолит устанавливают над отверстиями в перекрытии и приводят в рабочее положение по центру палетки, расположенной на опорной точке предшествующего этажа. Вторую палетку фиксируют под прибором и получают проекцию опорной точки на данном горизонте.

Створы опорных точек размещают по линиям, параллельно смещенным на 500–800 мм от проектных осей. Такое расстояние удобно для вертикального визирования и бокового нивелирования при контроле вертикальности колонн или панелей по короткой рейке. Отверстия в перекрытиях размером не менее 20×20 см предусматривают при их изготовлении. Схему привязки отверстий к проектным осям увязывают с опорными точками на фундаменте здания.

При использовании прибора PZL ошибка в определении положения опорной точки на монтажном горизонте составляет 1 мм на 100 м высоты.

В каждом конкретном случае обосновывают выбор прибора и способа вертикального проектирования, обеспечивающих требуемую точность перенесения по вертикали точек разбивочной сети.

В отдельных случаях применяют комбинированные способы перенесения опорных точек на монтажные горизонты. Например, при отсутствии сквозных отверстий в перекрытиях опорные точки на исходном и монтажном горизонтах определяют методом полярных координат относительно произвольной точки, положение которой на всех горизонтах фиксируется пересечением двух створов.

После перенесения опорных точек на монтажный горизонт выполняют контрольные измерения расстояний между этими точками и сверяют их с проектными. Точки закрепляют и относительно них выполняют построение разбивочной сети на заданном монтажном горизонте.

5.3. Детальные разбивочные работы

Детальные разбивочные работы на монтажном горизонте крупнопанельных и крупноблочных зданий включают разбивку промежуточных осей, параллелей основным осям и ориентирных рисок, фиксирующих проектное положение конструкций.

Предварительно выполняют разбивку осей или параллелей осей от точек плановой разбивочной сети с помощью мерных и оптических или лазерных приборов. Разбивку ориентирных рисок, фиксирующих плановое положение конструкций в продольном и поперечном направлениях, выполняют методом перпендикуляров, створов и линейных засечек.

Относительно вынесенных на перекрытие продольных и поперечных осей или параллелей для каждой панели (блока) наносят две риски в продольном направлении и одну-две – в поперечном (рис.35).

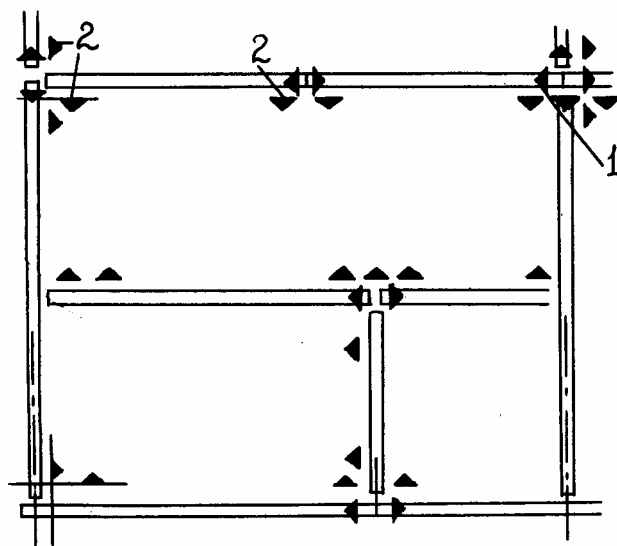


Рис.35. Разметка ориентирных рисок для монтажа панелей:
1 – ориентирная риска для стеновой панели с торца;
2 – ориентирные риски для панели в продольном направлении

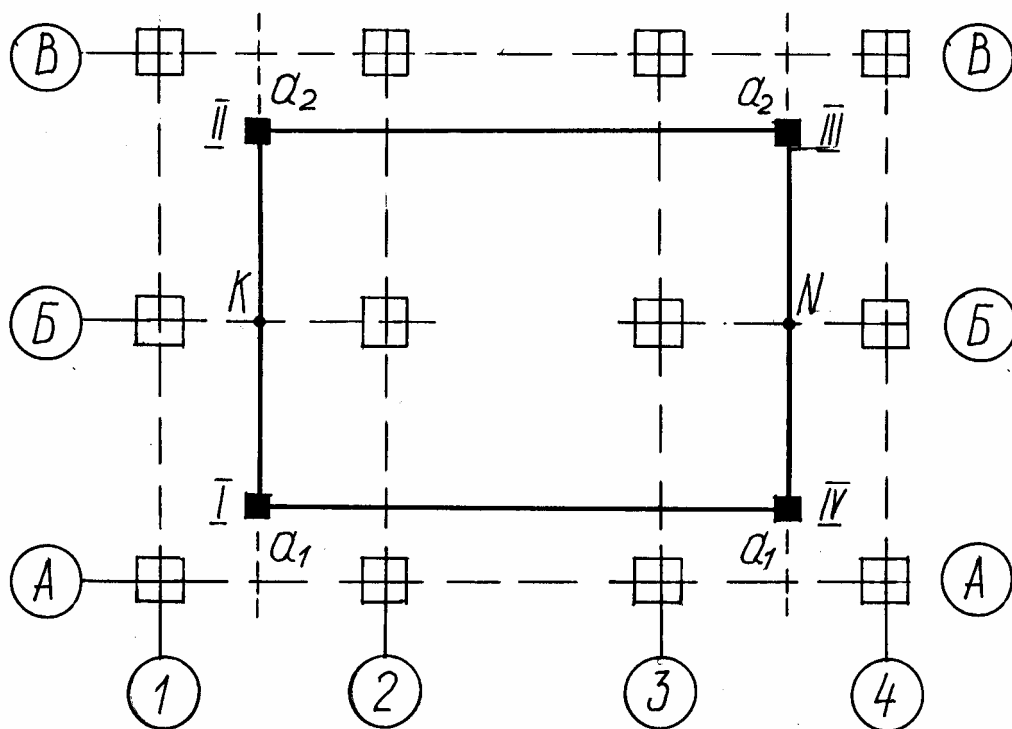
Ориентирные риски в продольном направлении наносят со смещением от разбивочной оси на расстояние, равное половине толщины стеновой панели плюс 200 мм. Ориентирные риски в поперечном направлении наносят на расстоянии 200 мм от торца устанавливаемой панели. Для рядовых панелей наружных стен ориентирные риски в поперечном направлении наносят с обоих торцов стен. Риски делают карандашом в виде черты длиной 50–100 мм и оттеняют трудносмываемой краской.

При наличии установочных рисок на внутренней поверхности наружных панелей стен разбивку продольных ориентирных рисок выполняют с таким расчетом, чтобы при монтаже ориентирные риски совпадали с установочными.

В местах для установки объемных элементов (сантехкабин и др.) наносят габаритные и ориентирные риски. Для лифтовых шахт наносят две ориентирные риски в продольном направлении и одну – в поперечном, по центру дверного проема. На объемных элементах установочные риски фиксируют по центру дверных проемов в верхнем и нижнем сечениях или проверяют заводскую разметку. Для установки ригелей чердачных поме-

При разметке ориентирных рисок на всех монтажных горизонтах соблюдают типовое их расположение относительно точек плановой разбивочной сети и монтируемых конструкций.

Например, для разбивки продольных осей А–А, Б–Б, В–В колонн здания (рис.36) по створам поперечных сторон плановой разбивочной сети I–II и III–IV откладывают отрезки a_1 , I–K, a_2 , III–N.



В полученных точках последовательно устанавливают теодолит и по линии визирования на противоположные точки продольных осей наносят риски на боковые грани оголовков колонн, выступающих над перекрытиями этажа.

Построение поперечных осей I–I, 2–2 и т.д. выполняют промерами вдоль боковых граней колонн от створов поперечных сторон плановой разбивочной сети. Для этого рулетку укладывают параллельно продольным осям здания, вплотную к боковым граням колонн и производят отсчеты в местах пересечения со створом двух поперечных сторон I–II, III–IV. Полученную разность отсчетов делят пропорционально проектным размерам между осями и вычисляют проектные отсчеты по рулетке. Используя эти отсчеты, наносят установочные риски по грани оголовков колонн и после контрольных измерений производят откраску рисков. При использовании кондукторов на оголовках колонн разбивают только продольную и одну поперечную оси для установки кондуктора.

Для **монолитных зданий** и сооружений в скользящей опалубке детальные разбивочные работы включают нанесение на опорной поверхности фундамента установочных рисков на опалубку перед её установкой в проектное положение.

Детальная высотная разбивка включает перенесение проектных отметок на конструкции от рабочих реперов монтажного горизонта. Она выполняется способом геометрического нивелирования с технической точностью. Для обеспечения горизонтальности или проектной высоты по всему монтажному горизонту по результатам геометрического нивелирования выравнивают опорные плоскости в местах установки панелей или блоков. Для этой цели используют маяки (деревянные прокладки, керамические плитки) необходимой толщины, закрепляемые раствором. Под каждую панель на расстоянии 20–30 см от торца закрепляют два маяка. При этом проектная отметка верха маяков контролируется с помощью нивелира.

5.4. Монтаж панельных и блочных зданий

В процессе строительства на геодезический контроль монтажа конструкций обращают особое внимание в связи с тем, что монтаж является основным этапом строительства и от его точности зависит долговечность эксплуатации здания. При решении вопроса о точности монтажа конструкций руководствуются допусками, установленными СНиПами и техническими условиями проекта. При этом средняя квадратическая ошибка при установке конструкции должна составлять не более $1/5$ величины допуска, то есть $m \leq 0,2\Delta$.

Геодезический контроль монтажа конструкций состоит в проверке их геометрических параметров, выполнении разметок, выверке конструкций в плане и по высоте при их установке в проектное положение, а также в проведении исполнительной съёмки установленных конструкций.

Проверку геометрических параметров поступивших на стройплощадку конструкций выполняют перед началом их монтажа. При этом проверка заключается в определении соответствия фактических размеров конструкций проектным и нормативным. Дело в том, что при изготовлении конструкций могут быть допущены значительные отклонения от их проектных размеров по форме и линейным параметрам. Наличие отклонений от допустимых значений увеличивает трудоемкость работ и сроки монтажа, а главное – снижает требуемую точность установки конструкций.

Проверка осуществляется с помощью стальной рулетки с миллиметровыми делениями и необходимых шаблонов, изготовленных применительно к типовым углам между плоскостями конструкций. При проверке геометрических параметров плоских железобетонных конструкций (панелей, стен, перекрытий) измеряют длину l , ширину или высоту h , толщину a и длины диагоналей d (рис.37).

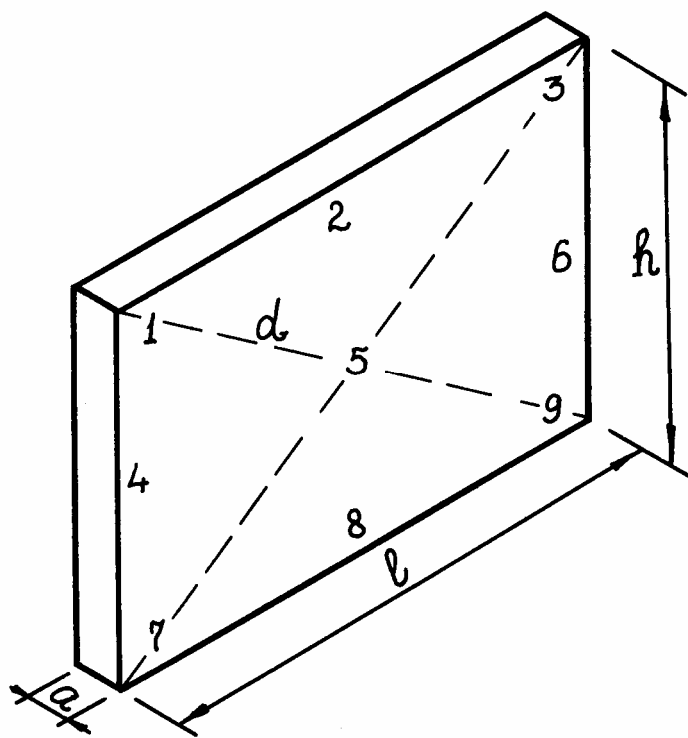


Рис.37. Схема проверки геометрических параметров плоской конструкции

Параллельность граней конструкции проверяют измерением l , h и a в трех разных местах на расстояниях 0,1; 0,5 и 0,9 от длины конструкции. Более точно проверить параллельность можно с помощью рейки-отвеса, нивелирования или бокового нивелирования по девяти точкам поверхности конструкции.

В зависимости от вида конструкции стен сборные здания разделяют на крупнопанельные, каркасно-панельные, крупноблочные, каркасные и кир-

пичные. Геодезическое обеспечение строительства каждого типа зданий имеет свои особенности.

При монтаже крупнопанельных зданий устанавливают сначала панели наружных стен. Первой ставят базовую панель на оси лестничной клетки, от неё ведут монтаж в обе стороны. Внутренние поперечные и продольные панели монтируют, начиная с базовых, в центре захватки. Такая последовательность монтажа исключает накопление погрешностей.

Установку панелей производят на проектную (горизонтальную) опорную поверхность относительно ориентирных и установочных рисок. Установку низа панелей относительно продольных рисок и их исполнительную съемку выполняют с помощью реек, метров или специальных шаблонов (рис.38).

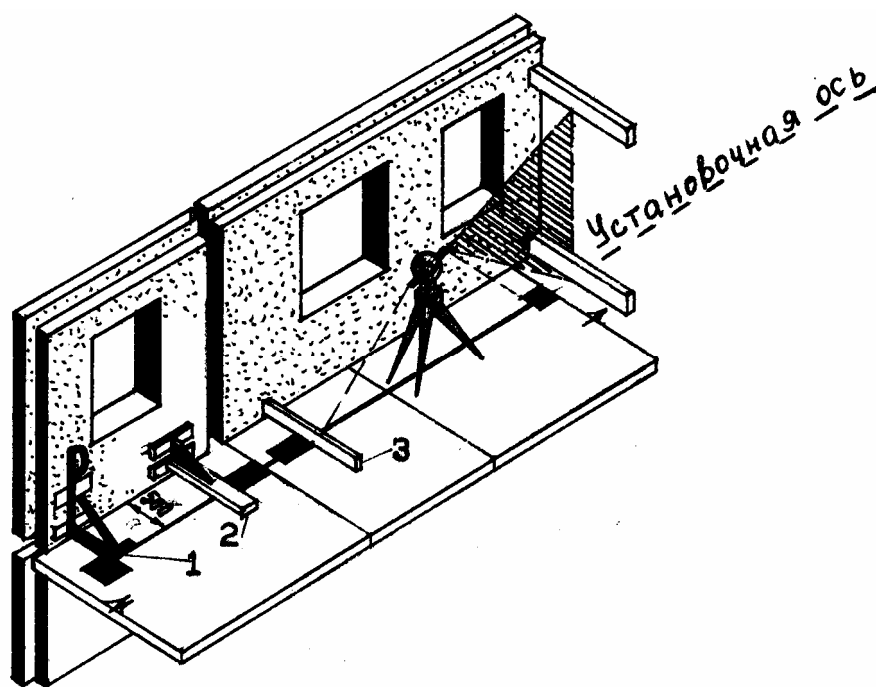


Рис.38. Контроль планового положения низа панелей при монтаже:
1 – металлический шаблон; 2 – рейка; 3 – метр

После временного закрепления панелей подкосами, стойками их устанавливают в вертикальное положение с помощью бокового нивелирования, отвеса-рейки (рис. 39) или рейки с уровнем по продольной и торцевой граням.

Отвес-рейку подвешивают на верхней грани панели. При этом верхний и нижний упоры у рейки 2 должны вплотную прилегать к поверхности панели. Сбоку отвеса-рейки (перпендикулярно к плоскости панели) прикреплена рейка со шкалой 5. Панель займет вертикальное положение тогда, когда нить отвеса 1 будет проходить через нуль шкалы. На рейке 2 нанесены горизонтальные деления, по которым с помощью нивелира контролируют горизонтальность верхней грани панели и её отметку.

Если при строительстве здания используется метод принудительного монтажа панелей внутренних стен с помощью стержневых фиксаторов, закрепленных к перекрытию снаружи панелей, то выверки панелей в плане в поперечном направлении не требуется. Если фиксаторы закреплены на верхней грани панели, то выверки панели в плане не требуется как в поперечном, так и в продольном направлениях. В этом случае фиксаторами являются два стержня с резьбой, позволяющей устанавливать шайбы на отметке монтажного горизонта.

Для более точной установки панелей рекомендуется применять кондукторы различных конструкций. Однако их использование неэффективно, так как добавляются геодезические работы по контролю при установке в плане, по высоте и вертикали самого кондуктора и его узлов.

В каркасно-панельных зданиях нагрузки передаются на колонны, а панели выполняют роль ограждающих конструкций. В поперечном направлении панели устанавливают по осевым рискам, нанесенным на оголовках колонн каркаса. Выверку установки простеночных панелей и панелей-вставок по вертикали осуществляют по проволоке, натянутой на проектном расстоянии от оси колонн по верху панелей.

При монтаже крупноблочных зданий устанавливают сначала в плане и по высоте угловые маячные блоки, а по ним – простеночные блоки. При этом производят разбивку подоконных блоков. Определение монтажного горизонта, контроль положения блоков в плане и по высоте, а также горизонтальности плит перекрытия выполняют теми же способами, что и при установке панелей. При контроле установки панелей или блоков и перекрытий в проектное положение руководствуются допустимыми отклонениями. В ходе монтажа панелей или блоков и перекрытий выполняют контроль геометрических параметров в узлах сопряжения конструкций. Для этого с помощью метра, угольника и отвеса проверяют зазоры между соединяемыми конструкциями, размеры уступов, соосность и площадки опирания.

Окончательное закрепление конструкций в проектное положение выполняют после контроля, результаты которого геодезисты отражают на схеме исполнительной съёмки и в специальном журнале.

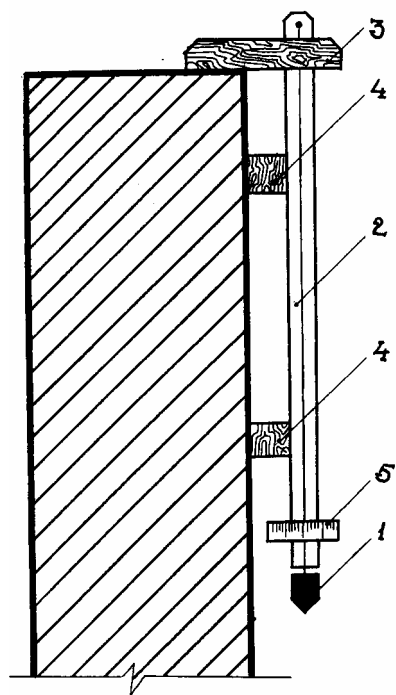


Рис.39. Отвес-рейка:
1 – отвес; 2 – рейка;
3 – кронштейн;
4 – упорные планки;
5 – шкала отвеса

5.5. Монтаж каркасных зданий

Долговечность и эксплуатационные свойства каркасных зданий в немалой степени зависят от качества и точности монтажа его конструктивных элементов.

Элементами сборного железобетонного каркаса многоэтажных зданий (рис.40) являются колонны, ригели и плиты перекрытий. Колонны имеют высоту в два этажа (один ярус). На консоли колонны опираются ригели, а на них – плиты перекрытий. Элементы каркаса, а также наружные панели между собой и с каркасом соединяются сваркой.

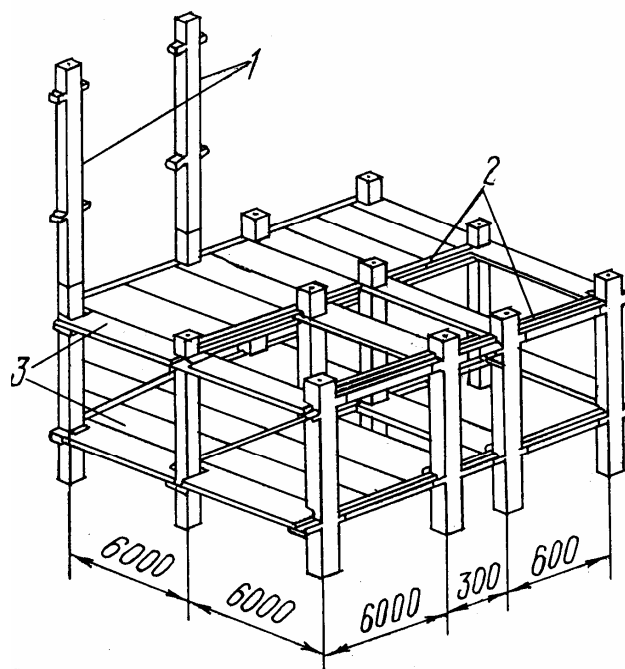


Рис.40. Схема каркаса одного яруса:
1 – колонны; 2 – ригели; 3 – плиты перекрытий

Элементами каркаса одноэтажных промышленных зданий (рис. 41) являются колонны 1, подкрановые балки 2, балки, или фермы 3, прогоны покрытий 4 и подстропильные фермы 5.

В целях облегчения контроля за монтажом элементов каркаса и для исполнительных съемок перед установкой проверяют их геометрические параметры, делают разметку и нумеруют. Например, на колоннах и ригелях измеряют высоту (длину) h , поперечное сечение a и b (рис. 42).

На боковые грани колонн сверху и внизу наносят по оси симметрии осевые риски 1. На ригелях риски наносят на те грани, по которым производят совмещение с осями при монтаже. В нижней части колонн дополнительно делают горизонтальные риски 2 на одинаковой высоте h_1 от полки консоли.

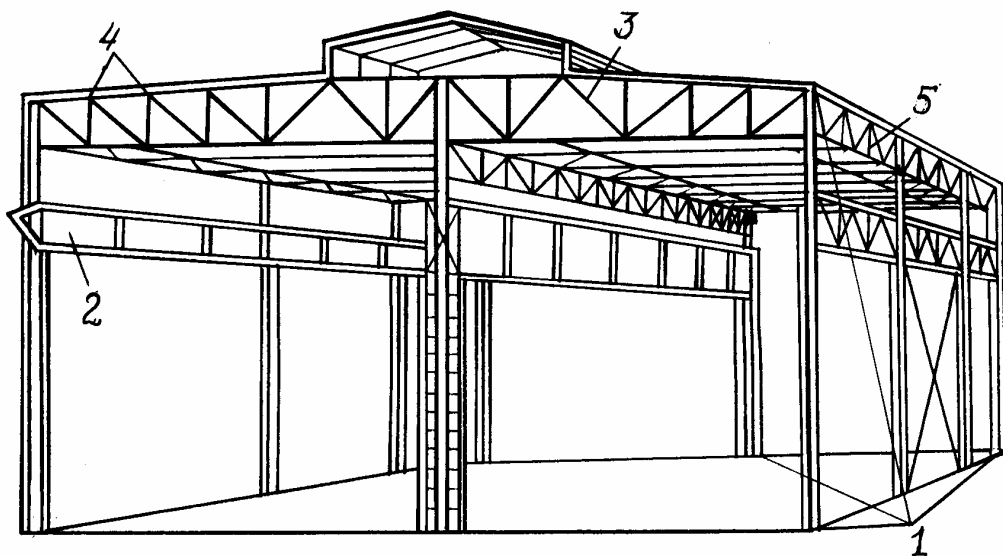


Рис.41. Схема каркаса промышленного здания:
1 – колонны; 2 – подкрановые балки; 3 – балки, или фермы;
4 – прогоны перекрытий; 5 – подстропильные фермы

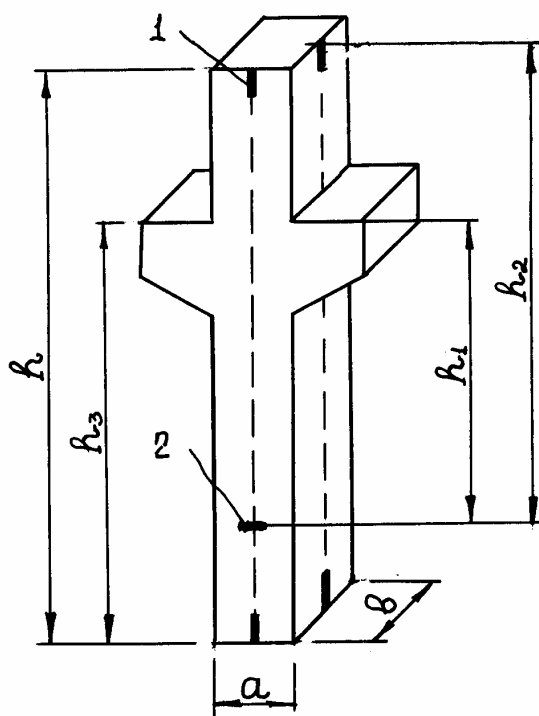


Рис. 42. Схема геометрических параметров колонны

Железобетонные колонны обычно устанавливают на фундаменты стаканного типа. По результатам нивелирования дна стаканов и измерения высоты h_3 от основания колонны до полки консоли производят наиболее удобное распределение колонн по фундаментам. В стаканы устанавливают маяки и подливают бетон.

Геодезический контроль монтажа колонн в плане состоит в проверке совмещения нижних осевых рисок монтируемой колонны с рисками разбивочных осей, нанесенными на стаканы или на грани оголовков колонны нижележащего яруса.

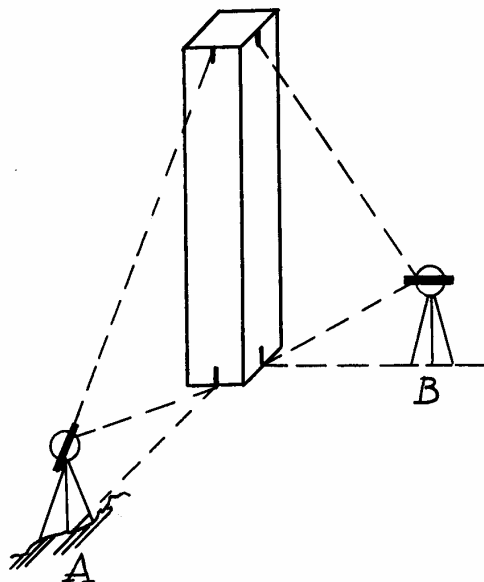


Рис. 43. Схема установки колонны в вертикальное положение

Установку колонн в вертикальное положение при высоте до 8 м выполняют с помощью тяжелого отвеса, подвешенного на приваренные для этой цели штыри. Установку высоких колонн в вертикальное положение выполняют с помощью теодолита совмещением нижней и верхней осевых рисок с коллимационной плоскостью теодолита (рис.43). Теодолит последовательно устанавливают на расстоянии $1,5 h$ колонны в точках А и В створа разбивочных осей в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Трубу теодолита при двух положениях вертикального круга наводят на нижнюю осевую риску колонны, а затем – на верхнюю часть колонны. Если вертикальная нить сетки нитей совпадает с верхней осевой риской колонны,

то вертикальность ее достигнута. Если не совпадает, то колонну рихтуют (наклоняют) до совмещения осевых рисок.

Металлические колонны устанавливают на выведенные до проектной отметки опорные металлические плиты фундамента или на забетонированные в фундамент металлические детали. Опорные плиты по высоте устанавливают с помощью трех подъемных винтов. Колонны имеют башмак, который крепят к фундаменту анкерными болтами. При установке колонн следят за тем, чтобы анкерные болты вошли в соответствующие отверстия башмаков, а нижние осевые риски колонны совпали с рисками разбивочных осей на фундаменте.

После временного закрепления колонн (деревянными или металлическими клиньями в стакане, сваркой, болтами) выполняют проверку вертикальности их установки. Это делают так же, как и при установке колонн в вертикальное положение, с отличием лишь в том, что трубу теодолита наводят сначала на верхнюю осевую риску, а затем – на нижнюю часть колонны. О вертикальности колонны судят по величине отклонения проекции верхней осевой риски от нижней.

В отдельных случаях контроль расположения ряда колонн по оси в плане вертикальной плоскости выполняют способом бокового нивелирования (рис.44).

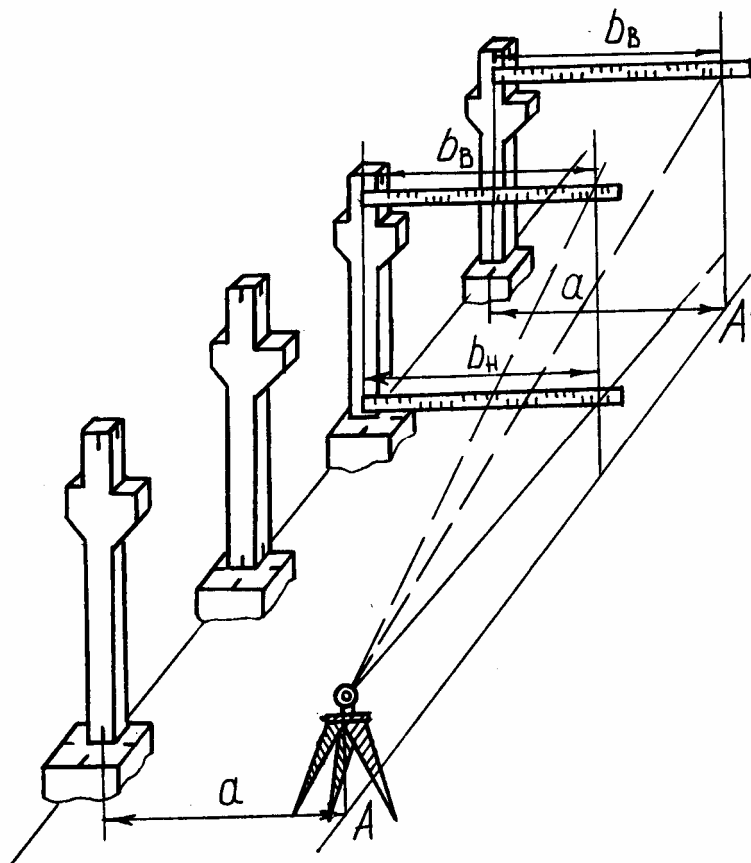


Рис.44. Контроль установки ряда колонн

Для этого разбивают и закрепляют знаками линию AA' , параллельную оси ряда колонн на расстоянии a от оси, равном 0,5–1 м. В точке A устанавливают теодолит и ориентируют его по направлению линии AA' . Прикладывая пятку рейки к осевой риске каждой колонны как вверх, так и вниз, берут отсчеты при двух положениях вертикального круга и вычисляют каждый раз среднее из двух отсчетов. По сходимости отсчетов по рейкам характеризуют точность установки колонн в плановое и вертикальное положения. Подобным образом определяют точность установки ряда колонн и в поперечном направлении. Колонны окончательно закрепляют, если их отклонения от вертикали не превышают допуска. Например, для колонны высотой до 8 м отклонение ее оси в нижнем сечении относительно разбивочной оси должно быть не более 5 мм, а в верхнем – не более 20 мм [13, с.221]. После проверки параллельности ряда колонн в пролетах контролируют расстояние между осями рядов колонн. Измерение в верхней части выполняют по методу «на весу». При большой длине пролета верхние риски сносят вниз на колонну или доску. По верху вбитых через 3–4 м колец на одинаковой высоте натягивают рулетку и измеряют расстояние между осями рядов колонн без поправки на провес. Расстояние по шагу колонн в ряду не проверяется.

При монтаже колонн контролируют фактические отметки опорных плоскостей, на которые они устанавливаются, проверяют высоту колонн в момент временного закрепления. После окончательного закрепления колонн определяют фактические отметки горизонтальных рисок, относительно которых по расстояниям h_1 и h_2 выполняют исполнительную высотную съёмку консолей и верха колонн. Отклонение отметок верха колонн от проектных для одноэтажных зданий допускается до ± 10 мм.

При установке колонн многоэтажных зданий до монтажа каждого последующего яруса выполняют планово-высотную съёмку смонтированного каркаса с целью исправления появившихся отклонений от проектного положения. Дело в том, что укладка ригелей и плит перекрытий, сварка стыков и деформация каркаса влияют на вертикальность колонн, что приводит к смещениям в плане их торцов и других конструкций каркаса. Поэтому после окончания монтажа очередного яруса планово-высотное положение каркаса отклоняется от проектного на недопустимые величины.

Отклонения колонн для одного-двух ярусов каркаса (если ригели, плиты перекрытий, связи и монтажные устройства не мешают визированию) контролируют способом бокового нивелирования или наклонным проектированием по осевым рискам с помощью прибора вертикального проектирования или теодолита.

По результатам исполнительной съёмки опорных поверхностей колонн нижерасположенного яруса определяют отметку монтажного горизонта $H_{\text{МГ}}$ и вычисляют толщину подкладок или бетонного слоя Δi для выравнивания горизонта:

$$\Delta i = H_i - H_{\text{МГ}},$$

где H_i – отметка опорной поверхности.

После закрепления и выверки колонн одноэтажных зданий выполняют монтаж подкрановых балок, стропильных и подстропильных ферм.

Геодезические работы при монтаже подкрановых балок рассматриваются отдельно в подразд.5.6.

Для монтажа ферм намечают оси на оголовках крайних колонн ряда, отмечая центры оголовков. С помощью теодолита или натянутой между крайними колоннами проволоки наносят оси на промежуточные колонны. На фермы наносят риски продольных и поперечных осей. Одновременно проверяют фактическую длину ферм. Соответствие фактических отметок опор ферм их проектным значениям контролируют с помощью нивелира.

Для стропильных и подстропильных стальных ферм производят выверку горизонтальности поясов и вертикальности плоскостей ферм. Прямолинейность поясов проверяют натягиванием шнура или проволоки между опорными узлами. Вертикальность плоскости ферм проверяют с помощью отвеса. Исправления положения производят подтягиванием

конструкции пробками и болтами через отверстия в прогонах с последующим закреплением металлическими связями.

Отклонение узла фермы в середине пролета от вертикальной плоскости, проходящей через центр опор, измеряют стальной линейкой с миллиметровыми делениями от шнура подвешенного отвеса. После монтажа всех конструкций выполняется исполнительная планово-высотная съёмка.

5.6. Устройство надземных подкрановых путей

Надземные подкрановые пути служат для передвижения грузоподъемных мостовых кранов в промышленных цехах и состоят из железобетонных или металлических подкрановых балок с рельсовыми путями, уложенных горизонтально, прямолинейно и параллельно, с соблюдением проектного расстояния между осями пути, на консоли колонн.

Геодезическое обеспечение устройства подкрановых путей состоит из выполнения следующих операций:

- разбивки осей подкрановых путей на консолях колонн;
- нивелирования опорных поверхностей консолей;
- выверки планово-высотного положения подкрановых балок;
- контроля монтажа рельсов;
- планово-высотной съёмки подкрановых путей.

Разбивку осей подкрановых путей на консолях колонн для укладки подкрановых балок в плановое положение сначала выполняют на полу цеха и в конце пролета (рис.45). Для этого рулеткой от продольных осей крайних колонн внутрь пролета откладывают отрезок a , равные проектному расстоянию от оси рельса до оси колонны, и получают точки A, A_1, B, B_1 , фиксирующие оси подкрановых путей на полу цеха. Обычно ось подкрановой балки совпадает с осью рельса. Проверяют расстояние L между A и B, A' и B' . Устанавливают теодолит последовательно в точках A, B и визируют на противоположные осевые точки A', B' . Затем при двух положениях трубы проектируют оси на скобы, предварительно замоноличенные в торцевых стенах цеха, и на поверхности консолей крайних и промежуточных колонн по каждому ряду. Аналогично работают с точек A' и B' в другом конце пролета цеха. Оси путей на скобах и консолях тщательно фиксируют тонкими рисками.

Если на промежуточные консоли видимости нет, то нанесение осевых рисков выполняют следующими способами:

- подвешивают отвесы над каждой консолью колонны на натянутые между скобами в торцевых стенах провололочные струны;
- натягивают струну через риски консолей крайних в рядах колонн и фиксируют её след на поверхности консолей промежуточных колонн;

– над осевой риской крайней в ряду колонны с помощью тяжелой подставки устанавливают теодолит и визируют на риску консоли противоположной конечной по ряду колонны. Затем прямым визированием проектируют и закрепляют рисками следы оси на поверхности консолей всех промежуточных по ряду колонн.

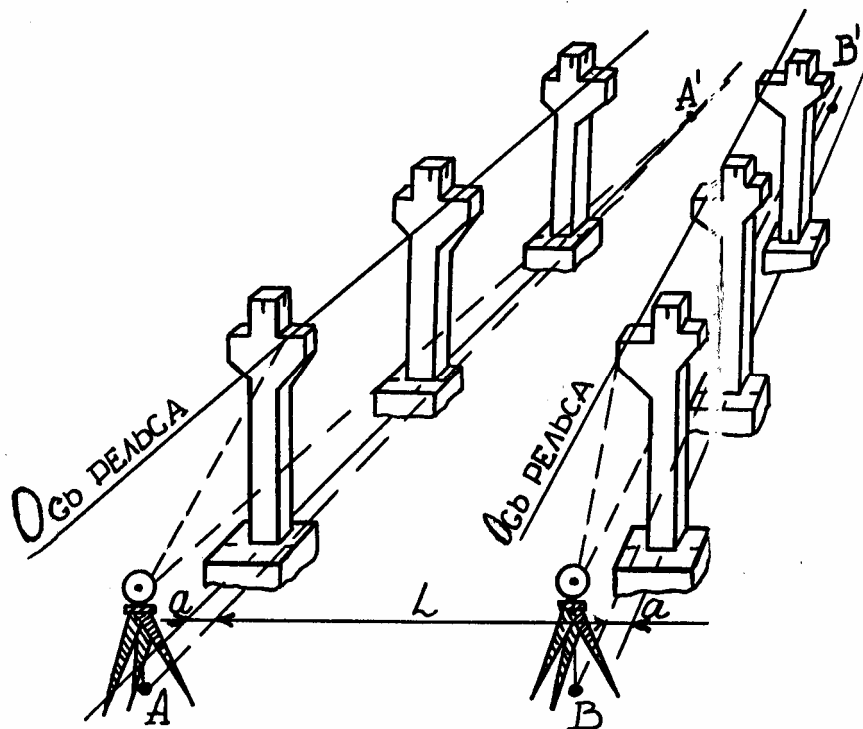


Рис. 45. Схема разбивочных работ при монтаже подкрановых путей

Нивелирование опорных поверхностей консолей колонн выполняют после нанесения на них осей подкранового пути. Для этого нивелир устанавливают на полу в центре цеха. Рейку прикрепляют к Г-образному бруску и короткое его плечо прикладывают к предварительно очищенной от строительного мусора опорной поверхности консоли.

Отметки консолей можно определить, пользуясь значениями нивелирования горизонтальных рисков в нижней части колонн и измеренных до монтажа колонн высоты h_1 от рисков до поверхности консолей (см.рис.42). Тогда пятку рейки устанавливают на рисках.

Более точные результаты дает работа с нивелиром на одной из средних консолей или на устроенных подмостках. Отметку одной из консолей определяют относительно ближайшего репера методом передачи отметки на высокую точку с помощью рулетки и нивелира, а отметки остальных – по результатам нивелирования.

Одновременно на внутреннюю грань колонны выше консоли выносят и отмечают риской некоторый условный горизонт, превышающий отметку верха подкрановой балки на 5–10 см. По этим рискам контролируют тол-

щину металлических подкладок, регулирующих положение подкрановых балок на высоте.

По результатам нивелирования вычисляют отметки основания подкрановых балок по обоим рядам колонн и составляют исполнительные чертежи – профили основания подкрановых балок по обоим рядам в масштабах 1:100 по горизонтали и 1:10 по вертикали. Руководствуясь этими исполнительными чертежами, принимают за монтажный горизонт основания подкрановых балок самую высокую отметку консоли. По разности принятой отметки и всех остальных отметок консолей определяют толщину подкладок для приведения опорных поверхностей нижнего пояса подкрановых балок до уровня монтажного горизонта.

Выверку планово-высотного положения подкрановых балок выполняют по окончании их монтажа и временного закрепления. На верхний пояс подкрановых балок переносят ось рельсов рассмотренным выше способом. Определяют фактическое положение оси подкрановых балок относительно оси рельсов. Смещение оси рельса относительно оси балки допускают до 15 мм. При необходимости, подкрановые балки рихтуют.

Выполняют контрольные измерения расстояний между рисками осей рельсов в пролете с помощью компарированной рулетки. Эти измерения можно выполнить на полу между нитями отвесов, подвешенными к балкам. Если отклонение от проектного расстояния не больше допустимого (до ± 10 мм), то балки крепят к консоли и между собой сваркой.

Высотное положение верхнего пояса балок определяют нивелированием. По данным планово-высотной съемки выполняют схему планового положения осей балок, профили балок и определяют толщину подкладок для обеспечения монтажного горизонта под рельсы.

Контроль монтажа рельсов состоит в выверке прямолинейности, горизонтальности рельсовых путей и расстояния между ними.

Рельсы укладывают по осевым рискам на верхнем поясе балок. Прямолинейность рельсов выверяют струной, натянутой между конечными точками пути, или с помощью теодолита. Его центрируют непосредственно над начальной точкой оси рельса, наводят трубу на её конечную точку и определяют отклонение рельсов от визирной линии на каждой консоли. При наличии отклонений рельс сразу же рихтуют. Плановое расположение второй оси рельсов выверяют промерами от первой оси рельсов. При этом рихтовку выполняют на второй оси. Горизонтальность рельсов обеспечивают металлическими подкладками под рельсы.

После закрепления рельсов по ним прогоняют мостовой кран под нагрузкой и выполняют исполнительную **планово-высотную съёмку подкрановых путей** (подразд.9.5).

5.7. Возведение зданий из кирпича

Геодезические работы при строительстве надземной части зданий из кирпича начинают с разбивки продольных и поперечных осей или контуров несущих стен с помощью стальной рулетки от осей на фундаменте. Если здание имеет каркас, то разбивку осей стен можно производить от осей колонн каркаса. Оси или контуры внешней и внутренней поверхностей стен намечают рисками, открашенными масляной краской.

Кладка кирпичных стен на нулевом горизонте (перекрытии над подвалом) и последующих горизонтах сопровождается разбивкой простенков, дверных и оконных проёмов, внутренних стен, междуэтажных перекрытий.

Вертикальность кирпичных стен и углов кладки, горизонтальность ее рядов проверяют не реже чем через 1 м высоты кладки. Прямолинейность и горизонтальность кладки стен контролируют причалкой-шнуром, натягиваемым по внешней плоскости стены. Неровности поверхности кладки определяют двухметровой рейкой путем наложения её на поверхность стены.

Для проверки расположения по высоте слоёв кладки используют рейку-порядовку (рис.46), прикрепляемую гвоздями к наружной плоскости стены через каждые 10 м и на углах здания. На порядовке размечают горизонтальными линиями отдельные слои кладки, в каждый из которых входят толщина кирпича и ширина шва (75 мм).

Шнуром, натянутым между соответствующими делениями порядовок, определяют горизонтальность линии кладки. Толщину стены проверяют шаблоном, а размеры в плане – промерами от продольных до поперечных осей здания.

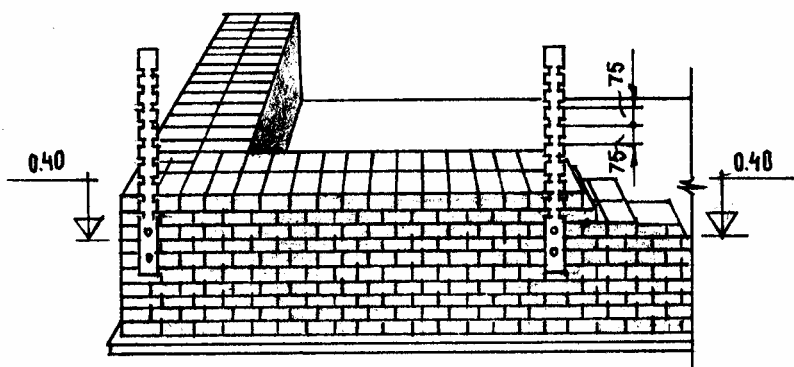


Рис.46. Контроль кирпичной кладки

Для кирпичной кладки стен многоэтажных зданий установлена допустимая величина отклонения отдельных рядов кладки от горизонта – 15 мм на 10 м длины. Если этот допуск не соблюдать, то перемычки оконных проемов, линии низа и верха оконных рам и другие части здания

окажутся не на одном уровне, что повлечет за собой переделки при наружной облицовке стен. Во избежание этого до начала кладки по периметру будущей стены на гранях фундамента выносят нивелиром высоты в принятой относительной системе. После выравнивания по этим высотам нескольких рядов кладки на внешней грани стены в некоторых местах маркируют один и тот же уровень, относительно которого прибивают рейки-порядовки.

Правильность кладки первых этажей определяет качество кладки последующих, поэтому на первых трех этажах установку порядовок проверяют геодезисты. Затем по маркированным высотам порядовки могут устанавливать мастера.

По ходу строительства здания при перенесении отметок в стены закладывают специальные марки. Оси многоэтажного здания закрепляют рисками на забетонированных скобах в стенах каждого этажа. Перенесение отметок на стену и определение отметок горизонтов этажей производят при помощи рулетки и двух нивелиров. Из рис.47 видно, что отметка точки *B* на втором горизонте будет равна:

$$H_B = H_{\text{рп}} + a + Z - в. \quad (44)$$

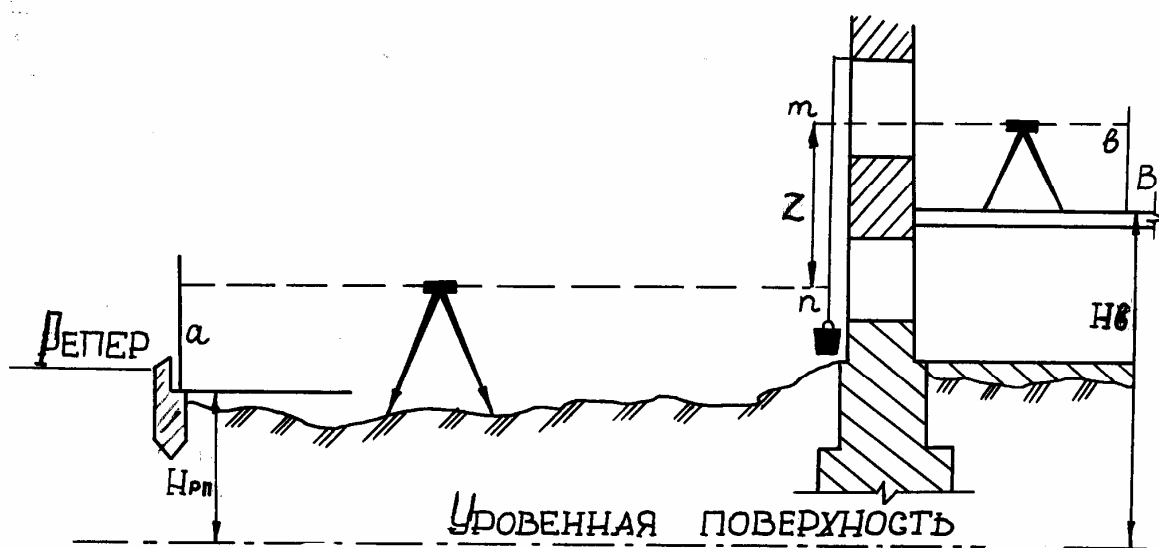


Рис.47. Схема определения отметки горизонта этажа

Во избежание накопления погрешностей отметки передают не с этажа на этаж, а на всю длину рулетки, а между высотами реперов верхнего и нижнего этажей увязывают высоты реперов промежуточных этажей. Для контроля правильности перенесения отметок нивелирование осуществляют при двух горизонтах прибора.

Вертикальность кладки стен в пределах двух этажей проверяют отвесом. По перпендикуляру к нити отвеса измеряют расстояние до стены. Измерения выполняют линейкой в наиболее характерных точках стены или через равные промежутки. Постоянство расстояний от нити отвеса до

соответствующих частей стен здания указывает на вертикальность плоскости стены. При большей этажности вертикальность определяют боковым нивелированием с помощью теодолита и нивелирной рейки. После окончания кладки каждого этажа и укладки плит перекрытия с помощью нивелирования через каждые 5 м определяют фактические отметки горизонта этажа и сверяют их с проектными. Отметки точек контролируют от рисков нулевого горизонта на фундаменте здания непосредственным измерением с помощью стальной рулетки.

Для установки оконных блоков по высоте на каждый проём переносят отметку. От неё при помощи уровня оконный блок устанавливают на проектную отметку и контролируют его вертикальность по отвесу. После возведения стен и установки оконных и дверных блоков выполняют поэтажную исполнительную съёмку стен.

Исполнительную съёмку стен в плане делают от осевых рисков, по которым производилась кладка. К этим же рискам путем промеров привязывают грани поперечных стен. Толщину поперечной стены измеряют по верху кладки или вычисляют по проектному размеру между осевыми рисками и по расстояниям от них до граней стены.

Съёмку положения кладки продольных стен, а при больших пролетах и поперечных стен, выполняют боковым нивелированием. Для съёмки стен нижних этажей теодолит устанавливают на земле, а для съёмки стен верхних этажей – на перекрытии. На схеме показывают поэтажное положение наружных граней стен. Рулеткой измеряют расстояние до всех оконных и дверных проемов.

Отклонение поверхности перекрытия этажа от горизонта допускается в пределах 1 см. До монтажа плит перекрытий проверяют расстояние между осями балок или ригелей каркаса. Это делают для того, чтобы при неправильно смонтированных балках плита перекрытия не провалилась или, наоборот, не заняла часть места, предназначенного для другой плиты. Допустимое отклонение от осей – до 5 мм.

5.8. Возведение монолитных зданий

Монолитные железобетонные здания и сооружения возводят в скользящей опалубке. За счет изменений в щитах опалубки можно выполнять любые варианты планировки здания и придавать ему индивидуальный архитектурный облик.

Перед началом строительства опалубку собирают из готовых элементов на фундаментной плите, образуя конфигурацию строящегося здания. Домкраты, опираясь на возведенную надземную часть здания и на домкратные стержни, поднимаются вверх и тянут за собой всю конструкцию опалубки.

При подъёме опалубки между её щитами укладывают арматуру, закладные детали, бетонную смесь, утеплитель и т.д., а из-под щитов выходят монолитные стены с дверными и оконными проемами.

Основной задачей геодезического обеспечения возведения монолитных зданий является проведение работ, обеспечивающих точное соответствие проекту возводимого здания, а также осуществление геодезического контроля в процессе строительства.

Наиболее ответственной частью геодезического обеспечения является разбивка осей под металлические направляющие и установка их в проектное положение. В процессе установки направляющих проверяют их горизонтальность, прямолинейность и расстояния между ними. После установки опалубки по направляющим и соединения П-образных элементов контролируют вертикальность и соосность боковых щитов элементов методом бокового нивелирования. Горизонтальность верхних щитов опалубки проверяют методом геометрического нивелирования. По окончании контрольных измерений с репера, закрепленного на исходном горизонте, переносят отметку на монтажный горизонт обычным способом.

Для бетонирования наружных стен и лестничных клеток применяют другие опалубочные щиты высотой в этаж. Геодезические работы при их установке выполняют в той же последовательности, что и при установке опалубки П-образной формы.

В комплекс геодезических измерений, выполняемых в процессе подъема опалубки, входят следующие основные виды работ:

- контроль движения опалубки по вертикали;
- перенесение отметок на рабочий пол опалубки по мере её подъёма;
- контроль горизонтальности рабочего пола опалубки;
- вынос проектных отметок под закладные детали;
- контроль вертикальности возведения стен здания и лифтовых шахт;
- контроль кручения и деформации опалубки.

Для контроля движения опалубки по вертикали применяют следующие способы: механический (нитяные отвесы); оптический как сечение двух вертикальных плоскостей, задаваемых с помощью теодолита (рис.48), и оптический с использованием приборов вертикального проектирования.

Проектирование с помощью отвеса (рис.49) в силу известных недостатков не может применяться в высотном строительстве. Наклонное проектирование с помощью теодолита часто невозможно из-за отсутствия необходимого пространства на стройплощадке. Кроме того, возрастают погрешности с увеличением высоты возведения объекта; измерения являются трудоёмкими (теодолит устанавливается дважды). Поэтому в практике строительства отдается предпочтение методу вертикального проектирования приборами PZL и ПОВП.

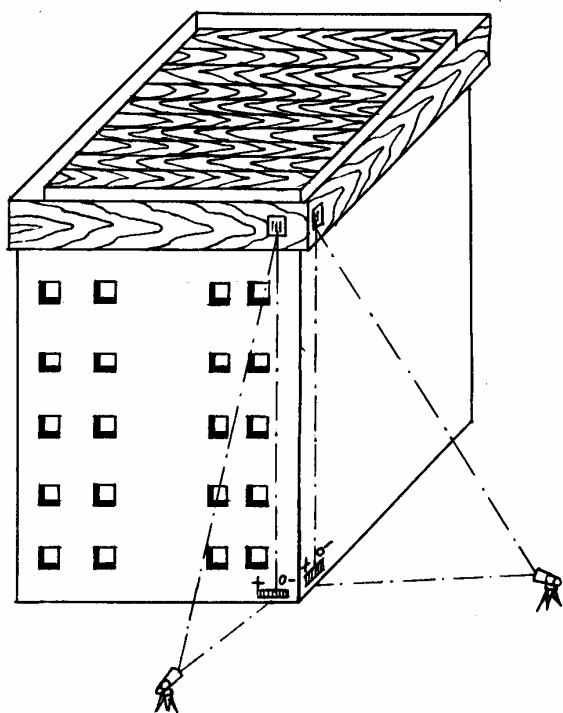


Рис.48. Метод наклонного проектирования

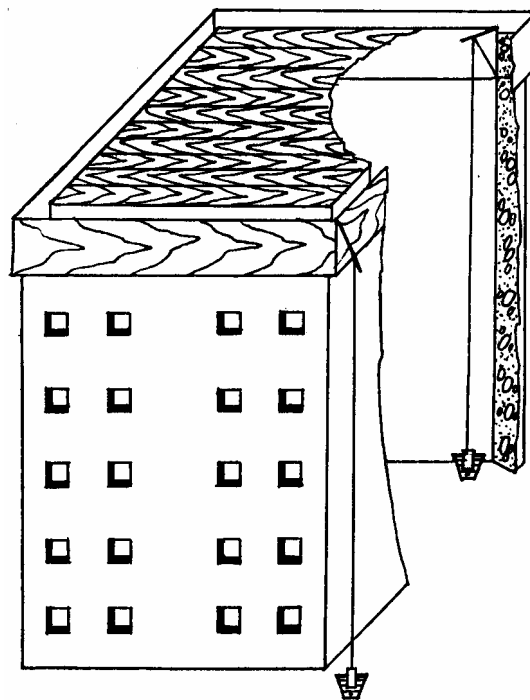


Рис.49. Механические отвесы

Для контроля вертикальности, смещения и кручения здания по углам фундамента закладывают опорные точки с учетом свободной установки над ними прибора. На полу опалубки, в углах, закрепляются на кронштейнах визирные палетки с сеткой прямоугольных координат. До начала работы центры визирных палеток на опалубке совмещают с центрами визирных палеток на фундаментной плите. Вертикальность движения опалубки контролируют приборами типа PZL и ПОВП в таком порядке:

- прибор центрируют над исходной опорной точкой;
- линию визирования приводят в вертикальное положение;
- над прибором на рабочем полу опалубки устанавливают визирную палетку;
- при четырех положениях окуляра прибора (0° , 90° , 180° и 270°) проектируют точку пересечения сетки нитей визирной трубы прибора на координатную сетку палетки;
- определяют координаты проектируемой точки на палетке при четырех положениях визирной оси;
- по координатам получают положение опорной точки на палетке как среднее значение координат из четырех измерений.

Разность между отсчетами на палетке при исходном положении опалубки (на фундаменте) и на данной высоте дает отклонение её от вертикали. Если эта разность допустимая, то движение опалубки продолжается.

В противном случае положение опалубки исправляется включением соответствующих домкратов.

Перенесение отметок на рабочий пол опалубки по мере её подъема выполняют обычным методом (двумя нивелирами и компарированной рулеткой) от репера, закрепленного на полу первого этажа. Рулетку подвешивают к рабочему полу в проеме шахты лифта.

Для перенесения отметок на рабочий пол опалубки иногда применяют 3-метровые рейки в виде деревянных брусков сечением 30×30 см с размеченными на них по рулетке сантиметровыми делениями и наращиваемыми по мере подъема опалубки. На исходном горизонте к арматуре опалубки вертикально прикрепляют рейку P_1 (рис.50). Заполнив стену бетоном на длину первой рейки, к ее верхнему торцу между щитами опалубки стыкуют следующую рейку P_2 . Рейки выполняют роль высотных реперов, с которых передают проектные отметки на рабочий пол опалубки. При этом горизонт прибора $H_{гп}$ определяют по формуле

$$H_{гп} = \sum h_i + v, \quad (45)$$

где $\sum h_i$ — сумма длин всех реек, кроме последней (верхней);

v — отсчет по верхней рейке.

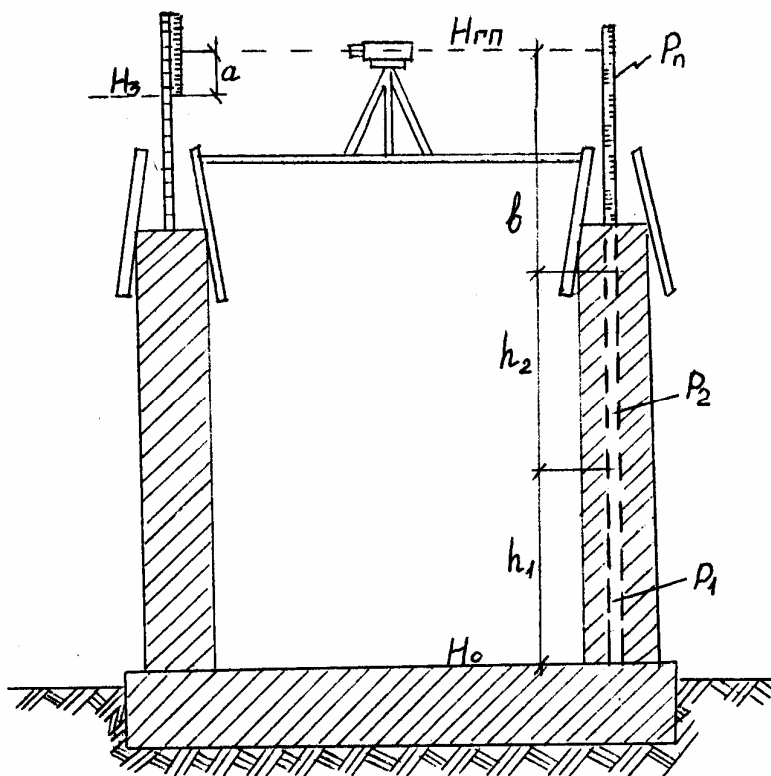


Рис.50. Перенесение отметок на рабочий пол по рейкам

Такой метод перенесения отметки значительно уступает точности выполнения аналогичных работ с помощью рулетки. Поэтому его применяют редко и с периодическим контролем обычным методом перенесения отметки.

Нивелирование рабочего пола опалубки является важной частью геодезических работ при возведении монолитных зданий и сооружений. Дело в том, что в процессе подъема опалубки возникает негоризонтальность ее рабочего пола, которая оказывает влияние на вертикальность стен возводимого здания. Отклонения точек рабочего пола от горизонтальной плоскости вызывают наклоны и скручивание его, изменение конусности щитов опалубки. Кроме того, на отклонение рабочего пола от горизонтали влияет еще и несинхронная работа домкратов.

5.9. Возведение сооружений башенного типа

Геодезическое обеспечение строительства высоких сооружений цилиндрической и конической форм типа силосных башен, дымовых труб и т.п. состоит из производства разбивочных работ в плане и контроля вертикальности по мере их возведения.

Разбивка заключается в точном фиксировании центра сооружения и проектных или параллельно смещенных осей вне контура сооружения с последующим их переносом и закреплением геодезическими знаками на фундаменте.

По мере возведения сооружения до проектной высоты производят проверку его вертикальности одним из двух следующих способов:

1. На осях сооружения конической формы или возле них на расстоянии примерно двойной его высоты устанавливают теодолит. При закрепленном лимбе и вертикальном круге отсчитывают направления с точки A (рис.51,а) по касательным к контуру сооружения a , b на высоте 0,5 м от его основания (горизонт fg , рис.51,б). Алидаду устанавливают на отсчет $\frac{a+b}{2}$ и отмечают на горизонтальной реечке с миллиметровыми делениями направление среднего отсчета точкой k .

Визируя по касательным c и d к верхней возведенной части сооружения на горизонте mn , среднее направление проектируют вниз, на ту же реечку (точка e). Отрезок $ke = \Delta i$ определяет величину отклонения фактического центра сооружения на горизонте mn от вертикальной плоскости AC , проходящей через центр нижней части сооружения. Указанные выше действия контролируют при втором положении вертикального круга.

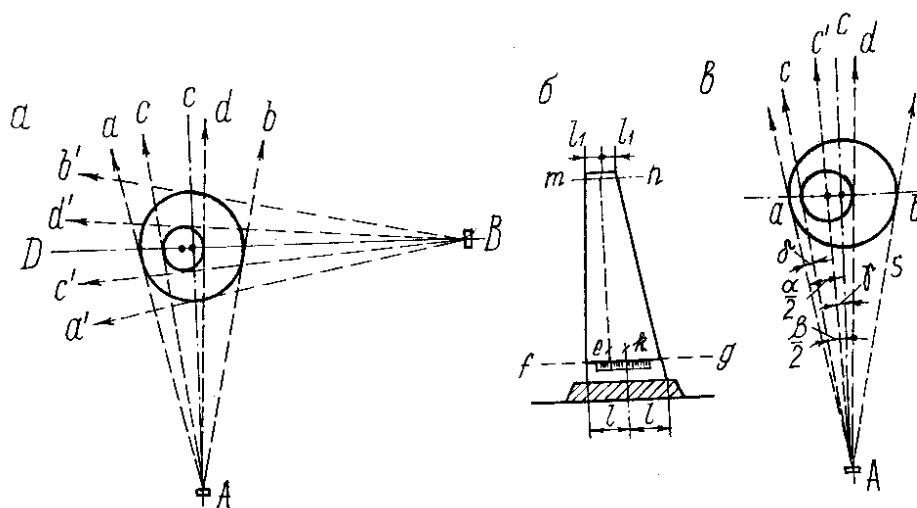


Рис.51. Контроль возведения сооружения конической формы:
а, б – способами отсчитывания направлений по касательным к нижней
и верхней частям контура сооружения; в – способом посредственного
определения смещения центров сооружения

Теодолит переносят в точку B и производят наблюдения в той же последовательности, получая отклонение Δ_2 верхнего центра по отношению к вертикальной плоскости BD , проходящей через центр нижней части сооружения. Полученные результаты фиксируют на исполнительной схеме, передаваемой строителям. Общее отклонение фактического центра сооружения от вертикали определяют по диагонали фигуры, образованной двумя измеренными векторами Δ_1 и Δ_2 .

2. Если непосредственное проектирование биссектрис углов вертикальной плоскостью и измерение расстояния между ними затруднительно, то применяют способ посредственного определения смещения центров сооружения.

В этом случае расположение станций теодолита такое же, как и при первом способе. Лимб закреплен до окончания измерения на станции. Нитяным дальномером теодолита с точностью до 2-х м измеряют расстояния $A_a \approx A_b = S$ (рис.51,в). По измеренным углам получают $\angle aAb = \alpha$; $\angle cAd = \beta$; $\angle aAc = \delta$. Отсюда:

$$\gamma = \frac{\alpha}{2} - \frac{\beta}{2} - \delta;$$

$$\Delta = \overline{Re} = \frac{S\gamma''}{\rho''}.$$
(46)

Точность определения отклонения должна обеспечиваться в пределах 5 мм. Для этого используют теодолит Т5 и измеряют углы одним приёмом. Вертикальность высоких сооружений при их возведении проверяют через 3–4 м высоты, а для дымовых труб ограничиваются измерениями через 15–20 м.

5.10. Монтаж технологического оборудования

До начала работ по устройству фундаментов под технологическое оборудование монтажная организация передает генподрядчику схему геодезического обоснования монтажа, в которой указываются все необходимые технологические оси, а также места установки стальных пластин (20×20 см) для закрепления осей. Плановое обоснование совмещают с высотным, если закладываются знаки со сферическими головками. Отметки их определяют геометрическим нивелированием II класса от фундаментальных реперов.

На схемах геодезического обоснования указывают контрольные и рабочие оси, а также реперы.

Контрольными называются реперы, установленные на отдельных монолитах вне фундаментов под оборудование. Отметки контрольных реперов проверяют по отметкам реперов опорной сети строительной площадки. Контрольные реперы и оси служат только для проверки реперов и осей.

Рабочие реперы и оси располагают непосредственно на фундаментах под оборудование, в местах, которые не закрываются основаниями машин. Рабочие реперы и оси делятся на основные и вспомогательные. На каждом фундаменте располагают (обычно у базовой машины) один основной репер, привязанный к контрольному. Все остальные реперы на этом фундаменте привязывают и проверяют относительно основного репера. Их называют вспомогательными.

К основным осям относятся оси технологических линий, основных агрегатов и машин, к вспомогательным – все прочие оси (многоопорных валов, рабочих клеток и др.), которые разбивают и проверяют относительно основных осей.

Отметки основных реперов относительно контрольных и вспомогательных определяют с точностью до 0,5 мм. Разбивка основных осей относительно контрольных и вспомогательных производится с точностью до 1 мм.

Генподрядная строительная организация производит разбивку и кернение основных рабочих осей и одновременно устанавливает один высотный репер на каждом фундаменте. Все остальные разбивки выполняет монтажная организация.

На фундаментах, предназначенных для установки оборудования поточных и автоматических линий, агрегатов и комплексов машин, требующих высокой точности установки (например, прокатные станы, вращающиеся печи, бумагоделательные машины, разливочные машины, линии пищевых производств, конвейеры большой протяженности, паротурбинные агрегаты, компрессоры, комплектные блоки оборудования), оси

наносят на закладные металлические детали, а высотные отметки фиксируют на реперах.

Оси и реперы, закрепленные на фундаменте, должны быть расположены вне контура опорных конструкций устанавливаемого оборудования.

Монтажная организация при приемке фундаментов под монтаж оборудования контролирует правильность разбивки осей и высотных отметок, а также соответствие фактических размеров фундаментов проектным. Одновременно проверяется расположение закладных деталей, анкерных болтов или колодцев для них. Если имеются отклонения между осями в плане или по высоте при сравнении с данными исполнительных схем, то монтажная организация с участием представителей строительной организации осуществляет перемаркировку металлических пластин или корректуру отметок реперов и вносит соответствующие исправления в исполнительную схему. При этом отклонения от проектных размеров не должны превышать установленных допусков.

К монтажу технологического оборудования приступают после подписания актов о готовности здания или сооружения к монтажным работам и о готовности фундаментов к установке оборудования. К актам приемки фундаментов под монтаж оборудования прилагаются исполнительные схемы геодезического оборудования, основных и привязочных размеров и отметок фундаментов и анкерных болтов. Эта техническая документация готовится строительной организацией и предоставляется монтажной организации.

При монтаже технологического оборудования и его конструкций осуществляют следующие операции:

- приведение конструкций и узлов оборудования в проектное положение при помощи монтажных приспособлений, с одновременным геодезическим контролем;
- закрепление конструкций и оборудования, установленных в проектное положение;
- геодезический контроль положения закрепленных конструкций и установленного оборудования.

Геодезический контроль при монтаже включает определение действительного планового, высотного и вертикального положений конструкций и частей оборудования относительно проектного.

Перед началом монтажа оборудования и конструкций на их гранях, плоскостях и сферических поверхностях наносят установочные риски, фиксирующие геометрические оси, высоты и центры симметрии.

Для производства монтажных работ необходимо иметь следующую документацию: планы осей зданий, сооружений, фундаментов, расположения оборудования, конструкций; разрезы характерных частей фундаментов и оборудования; схему исполнительной съёмки фундаментов под

оборудование и других опорных поверхностей; схему разбивочной сети на опорных поверхностях с указанием мест заложения осевых металлических пластин и высотных реперов.

Контроль планового положения монтируемых элементов оборудования и конструкций осуществляют линейными промерами от плоскостей и осей монтируемых элементов до осей, нанесенных на фундаменте. Контроль взаимного положения монтируемых элементов в плане производят шаблонами, металлическими рулетками и теодолитами способом бокового нивелирования.

Горизонтальность плоскостей выверяется методами геометрического или гидростатического нивелирования с использованием соответствующих приборов или специальных контрольных уровней. Контроль вертикальности смонтированных конструкций и оборудования свыше 5 м производят с помощью теодолита, оптических центриров и приборов вертикального проектирования. Высотный контроль при монтаже осуществляют геометрическим или тригонометрическим нивелированием. Для контроля створов, наклонных линий и плоскостей целесообразно и экономично применять лазерные приборы.

Результаты геодезической проверки при монтаже оборудования и конструкций записывают в журнал геодезического контроля монтажных работ.

В период монтажа оборудования осуществляют систематические наблюдения за осадкой фундамента. Для этого в характерных местах фундамента и конструкций закладывают осадочные марки, которые нивелируют по программе III класса. Наблюдения за осадками осуществляет геодезическая служба заказчика. Периодичность нивелирования, схемы размещения осадочных марок и передачи на них отметок указывают в проекте производства геодезических работ.

Вопросы для самоконтроля знаний

1. Понятие об исходном и монтажном горизонтах.
2. Порядок построения плановой разбивочной сети на исходном горизонте.
3. Сущность способа наклонного проектирования точек с исходного на монтажный горизонты.
4. Перенесение точек с исходного горизонта на монтажный способом вертикального проектирования.
5. В каком случае для проектирования точек по вертикале используют тяжелые отвесы?
6. Содержание детальной плановой разбивки на монтажном горизонте при строительстве крупнопанельных и крупноблочных зданий.

7. Содержание детальной высотной разбивки по всему монтажному горизонту.

8. В чем состоит геодезический контроль монтажа конструкций панельных и блочных зданий?

9. Содержание геодезического контроля монтажа элементов каркаса промышленных зданий.

10. Контроль установки колонн в вертикальное положение.

11. Способы контроля расположения ряда колонн по оси в плане и в вертикальной плоскости.

12. Содержание геодезических работ при устройстве надземных подкрановых путей.

13. В чем состоит контроль монтажа рельсов подкрановых путей?

14. Назовите основные виды геодезических работ при строительстве зданий из кирпича.

15. Укажите наиболее ответственную часть геодезических работ при строительстве монолитных зданий.

16. Порядок контроля вертикальности возведения сооружения башенного типа.

17. Суть геодезического контроля при монтаже технологического оборудования.

6. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

6.1. Состав геодезических работ

Наряду со строительством зданий и сооружений осуществляют прокладку к ним сооружаемых подземных коммуникаций. По функциональному назначению их разделяют на три основные группы: напорные и самотечные трубопроводы, кабельные сети и коллекторы. К группе трубопроводов относят водопровод, канализацию, тепловые сети, газопровод, водостоки, дренаж, другие технологические трубопроводы, причем канализация, водостоки и дренаж являются самотечными трубопроводами.

Кабельными считают электросети, телеграфные и телефонные сети, а также кабели радиовещания. К коллекторам относят трубопроводы большего диаметра, которые используются для совместной прокладки трубопроводов различного назначения и кабелей или служат для размещения однотипных сетей канализации, водостока и кабелей. Проектирование трасс подземных коммуникаций осуществляют по материалам инженерно-геодезических изысканий.

В комплекс геодезических работ при прокладке трасс подземных коммуникаций входят:

- создание съёмочного обоснования;
- перенесение в натуру и закрепление соответствующими знаками осей трасс и отдельных сооружений на них;
- контроль при открытии траншей, укладке труб, устройстве колодцев и т.д.;
- исполнительная съёмка трасс, вводов, колодцев, аварийных выпусков и т.д.

В комплекс геодезических работ, выполняемых геодезической службой при прокладке трасс подземных коммуникаций, входят:

- приемка в натуру и по акту от заказчика закрепленных соответствующими знаками трасс и отдельных сооружений на них (начальных, конечных и основных промежуточных точек, углов поворота и других характерных точек трассы);
- детальный вынос в натуру осей трасс;
- наблюдение за отметками при рытье траншей, укладке труб, устройстве колодцев и др.;
- исполнительная съёмка трасс, вводов, колодцев, аварийных выпусков и артезианских колодцев.

Исходной проектной документацией для производства геодезических работ являются генеральный план застройки участка; рабочие чертежи, на которых показаны красные линии и линии застройки; оси проектируемых

зданий и сооружений; координаты углов поворота и пересечения трасс, координаты центров колодцев и других наружных частей сооружения; расстояния между отдельными элементами коммуникаций; привязки трасс к опорной сети, зданиям и сооружениям; уклоны между смежными колодцами; отметки дна лотков и верха колодцев; профиль трассы.

Перенесение в натуру проектов подземных коммуникаций заключается в определении на местности относительно пунктов опорной геодезической сети проектного положения элементов коммуникаций в плане и по высоте. Вынос в натуру проекта трасс подземных коммуникаций выполняют в такой последовательности:

- разбивка основных осей трассы;
- разбивка смотровых колодцев, центров опор, ввода в здания и других элементов коммуникаций;
- исполнительная съемка.

6.2. Перенесение на местность проекта подземных коммуникаций

Перенесению на местность проекта должно предшествовать создание планового и высотного съёмочных обоснований. **Плановое** съёмочное обоснование представляет собой сеть теодолитных ходов, проложенных между пунктами опорной сети.

Теодолитные ходы прокладывают вдоль трасс строящихся коммуникаций с учетом удобства выполнения разбивочных работ с пунктов хода и обеспечения их максимальной сохранности. **Высотное** обоснование на участках строительства подземных коммуникаций создают путем проложения системы ходов, опирающихся на грунтовые и стенные реперы нивелирования II, III, IV классов.

Точность создания высотного обоснования зависит от величины уклона самотечных сетей на участке строительства. Если уклоны самотечных линий не меньше 0,001, то создают нивелирную сеть IV класса; если меньше 0,001, то создают нивелирную сеть III класса. Расстояние между смежными реперами выбирают из расчета передачи отметок на точки трассы при одной установке нивелира. При недостаточной густоте пунктов геодезического обоснования вдоль трассы закладывают постоянные или временные реперы, отметки которых определяют нивелированием не ниже IV класса точности.

Перенесению на местность подлежат начальные, конечные и промежуточные точки трассы, углы поворота, характерные точки трассы, места подключений и присоединений, колодцы, камеры, а для совмещенных прокладок (дополнительно) – ось основной сети. Обязательному перенесению подлежат места пересечения с другими коммуникациями. На прямо-

линейных участках трасс точки выносят на местность не реже чем через 100 м.

Для перенесения на местность подземных коммуникаций составляют на основе генерального плана и продольного профиля разбивочный чертеж, на котором показывают оси и размеры проектных трасс, пункты опорной сети, схему привязки трассы коммуникации к существующей застройке или к пунктам опорной сети. Кроме того, на него наносят ближайшие пункты геодезического разбивочного обоснования, относительно которых указывают положение переносимого на местность участка коммуникаций с углами поворота трассы, пикетами, колодцами. Около узловых колодцев на чертеже выписывают их координаты, а между колодцами – расстояния.

Для составления разбивочного чертежа необходимы координаты и отметки точек опорной геодезической сети на район трассы; координаты точек начала и конца трассы, вершин её углов поворота; длины прямых участков трассы; элементы привязки.

Выбор способа расчета элементов привязки для перенесения на местность подземных коммуникаций зависит от характера застройки, протяженности, заданной точности, наличия точек опорной сети и геодезического обоснования. Если трасса имеет большое число поворотных точек, то удобен графический способ. При этом способе в качестве данных для перенесения трассы на местность используют угловые и линейные величины, непосредственно взятые с топографического плана.

В качестве исходных контуров используют углы и выступы капитальных зданий, точки вдоль фасадов зданий и др. (рис.52). Линейные промеры a , b , c , d , e , f берут только от контуров, снятых с помощью геодезических приборов.

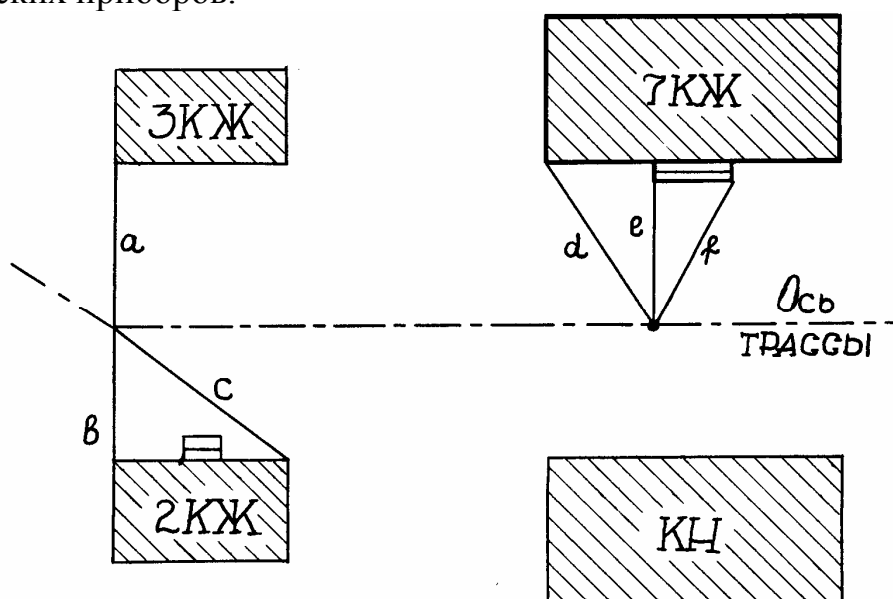


Рис.52. Схема перенесения трассы на местность от твердых контурных точек

При отсутствии четких контуров вблизи трассы прокладывают теодолитный ход таким образом, чтобы после его нанесения на план (по координатам) точки трассы могли быть перенесены на местность с помощью угловых и линейных измерений.

Аналитический способ применяют тогда, когда на участке сохранилось недостаточное число геодезических пунктов и проектные точки удалены от них на расстояние более 300 м.

При аналитическом способе перенесение трассы на местность осуществляют от опорных сетей, красных линий, точек теодолитных ходов, от оси проезда или строительной сетки.

Необходимые данные для перенесения трассы – полярные расстояния и углы поворота – вычисляют по координатам точек поворота трассы и геодезической основы. Промежуточные точки выносят как створные. Дирекционные углы и длины сторон между точками поворота вычисляют по координатам, полученным графически.

Перенесение отрезков линий на местность выполняют с относительной ошибкой не более $1/2000$ [24]. При построении на местности отрезков заданной длины, полученной по координатам или непосредственно взятой с плана, в неё вводят поправки за наклон, температуру и компарирование.

Геодезические работы по перенесению точек проекта подземных коммуникаций на местность начинают с выноса точек поворота продольной оси прокладки.

Перенесение в натуру выполняют следующими способами: полярных или прямоугольных координат, линейных или створных засечек. Полярный способ применяют при разбивках на открытой местности, где возможно производство угловых и линейных измерений с одной точки стояния прибора (рис.53), и наличии элементов привязки, полученных аналитическим способом.

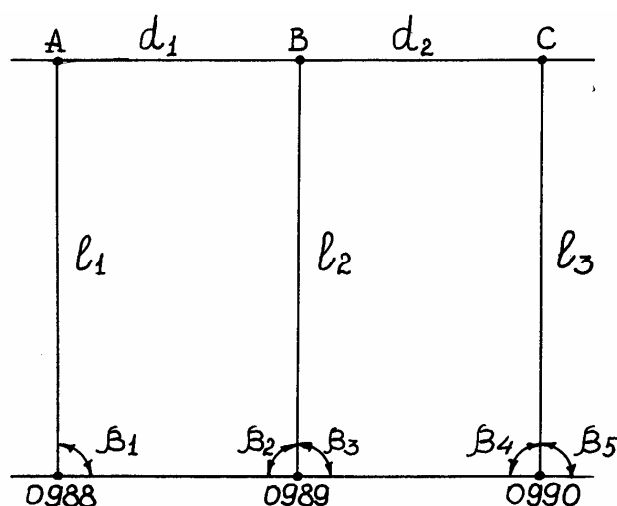


Рис.53. Схема перенесения трассы на местность полярным способом:
0,988, ..., 0,990 – точки теодолитного хода;
A, B, C – точки трассы коммуникации; l_i , β_i – расстояния и углы, откладываемые на местности; d_i – контрольные замеры

При пересечении точек трассы, близко расположенной к пунктам опорной сети, съёмочному обоснованию или капитальной застройке, применяют **способ линейных засечек**. При достаточном числе точек с известными координатами может быть применен **способ створных засечек**.

Способ прямоугольных координат применяют в случае, когда трасса проходит вдоль теодолитного хода съёмочного обоснования или створной линии. Длина перпендикуляра не должна превышать 4 м, в противном случае вынос в натуру контролируют засечкой.

Ось трассы, углы поворота и места пересечения их с существующими подземными сетями и сооружениями на местности закрепляют штырями, кольями через каждые 5–10 м, а их положение фиксируют параллельными выносками или створными знаками. Прямолинейные участки трассы провешиваются теодолитом, по направлению визирной оси которого мерной лентой откладывают расстояние. Одновременно с этим отмечают грани траншеи откладыванием в обе стороны от оси трассы половины ширины траншеи.

Закрепление положения оси прокладок можно выполнять с использованием обноски, устраиваемой на прямолинейных участках трассы, на расстоянии 40–50 м друг от друга в местах будущих колодцев, а также в местах поворота трассы.

Разбивка котлована колодца включает закрепление центра колодца, относительно которого намечают бровки котлованов, установку обноски, закрепленной на расстоянии 0,6–0,7 м от бровки траншеи, и передачу отметок и осей на обноску. Правильность выполнения разбивки трассы контролируют от красной линии, осей проездов, существующих твердых контуров точек или специально проложенных ходов.

Перенесение в натуру горизонтальных углов, линий и проектных отметок выполняют с использованием теодолитов, стальных рулеток, мерных лент, дальномеров и дальномерных насадок, обеспечивающих измерение линий с точностью не ниже $1/2000$, нивелиров Н-3. После перенесения и закрепления трассы на местности (но до разработки траншеи) выполняют контрольные измерения всех характерных точек трассы, а также контрольное нивелирование трассы. По их результатам вычисляют координаты и отметки точек трассы и сравнивают с их проектными значениями.

6.3. Контроль устройства траншей

При устройстве траншеи осуществляют контроль уклона дна и глубины её разработки. Для этого используют визирки, геометрическое нивелирование и в отдельных случаях автоматическое регулирование глубины разработки траншеи.

При использовании визирок к обрезной доске обноски, прибиваемой на высоте до 1 м от земли к двум столбам по обеим сторонам траншеи (рис.54), прикрепляют Т-образные постоянные визирки 1, 2 таким образом, чтобы их высота над проектной отметкой дна траншеи в точках установки была одинаковой. Тогда прямая линия, проходящая по верху постоянных визирок, будет параллельна проектному дну траншеи. Для этого с помощью нивелира от ближайшего репера определяют фактическую отметку первой закрепленной постоянной визирки. Вторую постоянную визирку закрепляют на отметке, вычисленной по формуле

$$H_2 = H_1 + id ,$$

где i – проектный уклон;

d – расстояние между постоянными визирками.

В том случае, когда глубину разработки контролирует машинист экскаватора (по заметке на рукояти, вертикально поставленной в проверяемой точке дна траншеи), устанавливают промежуточные постоянные визирки через каждые 15–20 м на линии, параллельной оси траншеи и отстоящей от неё на величину, равную половине расстояния между внутренними гранями гусениц экскаватора.

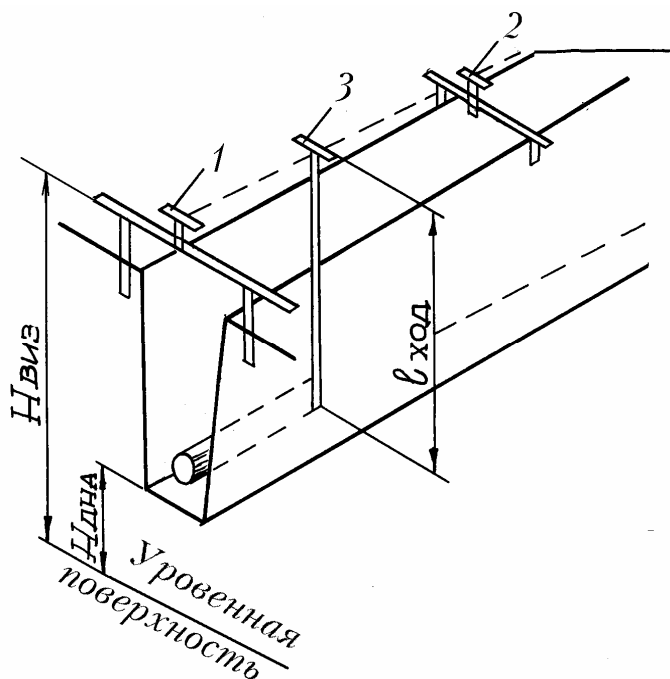


Рис.54. Способ разбивки траншей по высоте при помощи визирок:
1, 2 – постоянные визирки; 3 – ходовая визирка

Глубина копания может контролироваться с помощью шарнирно соединенного с рабочим органом уклоноуказателя в виде стержня, уравновешенного грузом. При этом уклоноуказатель должен находиться на одной линии с верхними гранями визирок.

Для того, чтобы не допустить перебора грунта, периодически контролируют глубину траншеи с помощью ходовой визирки 3. Она так же, как и постоянная визирка, имеет Т-образную форму. Её длина $l_{\text{ход}}$ определяется как разность отметки верха постоянной визирки $H_{\text{виз}}$ и дна траншеи $H_{\text{дна}}$:

$$l_{\text{ход}} = H_{\text{виз}} - H_{\text{дна}}.$$

Обычно ходовые визирки изготавливают длиной 3; 3,5 и 4 м с таким расчетом, чтобы при установке на проектное дно траншеи она возвышалась над поверхностью земли не менее чем на 1 м.

В процессе контроля ходовую визирку перемещают по дну траншеи и визируют невооруженным глазом по верху постоянных визирок. Если верх ходовой визирки окажется на прямой, соединяющей постоянные визирки, то её пятка будет находиться на проектной отметке дна траншеи.

Способ контроля с помощью визирок довольно трудоемок и не всегда обеспечивает требуемую точность разработки траншеи с заданным уклоном, а также требует применение геометрического нивелирования при закреплении постоянных визирок, зачистке дна траншеи и укладке труб. Поэтому при устройстве траншей с небольшими уклонами (менее 0,001) высотный контроль осуществляют геометрическим нивелированием. При этом сначала на местности намечают ось траншеи, параллельно которой на расстоянии 1,4 м через каждые 20 м забивают колышки. Затем их нивелируют и указывают на них глубину траншеи. Следом за экскаватором выполняют контрольное нивелирование дна траншеи.

Способы автоматического регулирования глубины разработки траншеи и соблюдения проектного уклона включают в себя применение датчиков уклонов, установленных отдельно от землеройной машины (луч лазера) или непосредственно на ней (уровень, маятник, гироскоп). Регулируемым параметром является отклонение по высоте или угловое отклонение режущей точки машины от линии заданного уклона или заданного направления.

Чтобы не нарушить естественный слой грунта ковшом экскаватора, разработку траншеи прекращают с недобором грунта до проектной отметки дна на 5–10 см. Оставшуюся часть выбирают вручную зачисткой дна траншеи непосредственно перед укладкой труб.

После зачистки центры колодцев проектируют на дно траншеи с помощью отвеса, подвешенного к осевой проволоке, и в этой точке забивают штырь-маяк до проектной отметки дна колодца с помощью нивелира. После устройства колодцев приступают к укладке труб.

6.4. Контроль укладки труб в траншеи

Точность планового положения трассы коммуникаций определяется точностью разбивки траншеи, а точность высотного положения – точностью подготовки основания (ложа) трубопровода. Поэтому до укладки труб выполняют контрольное нивелирование дна траншеи. Отклонения фактических отметок от проектных не должны превышать ± 5 см за исключением канализации с уклоном менее 0,001. Проектные глубину и уклон траншеи проверяют нивелированием от ближайших реперов или с помощью постоянных и ходовых визирок.

Ось прокладки трубопровода контролируют проектированием её в траншею теодолитом или отвесом от натянутой проволоки между створными точками оси или точками поворота.

Укладку труб по высоте осуществляют различными способами: по уровню, с помощью постоянных и ходовых визирок, по маякам и с применением лазерных уклонофиксаторов.

Укладку труб **по уровню** выполняют для каждой трубы в отдельности. Для этого между трубой и уровнем (рис.55) помещают деревянный вкладыш 2. Его размер определяется длиной d оправы и высотой h вкладыша, которую вычисляют из выражения $h = id$.

Если наклонять трубу вместе с установленным на ней уровнем до тех пор, пока пузырек уровня окажется на его середине, то лоток трубы будет расположен по проектной линии.

Укладку напорных труб с допустимой ошибкой по высоте до 2 см выполняют **с помощью визирок 2** (рис.56). Они закрепляются на обноске 3 в местах колодцев и в поворотных точках. На обноску выносят ось трассы 1 и между смежными обносками натягивают проволоку, с которой отвесами 4 ось проектируют на дно траншеи.

При укладке труб применяют ходовую визирку с башмаком в виде уголка в нижней части. Во время контроля башмак вставляют внутрь трубы. Длину ходовой визирки по отношению к той, которая использовалась при контроле дна траншеи, уменьшают на величину, равную внешнему диаметру укладываемой трубы. Если труба уложена правильно, то верх ходовой визирки и двух постоянных визирок должен находиться на одной прямой.

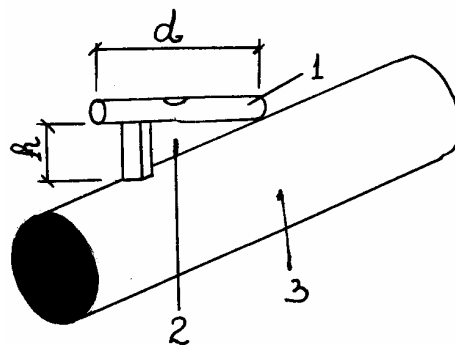


Рис.55. Схема укладки трубопровода по уровню:
1 – уровень; 2 – вкладыш;
3 – трубопровод

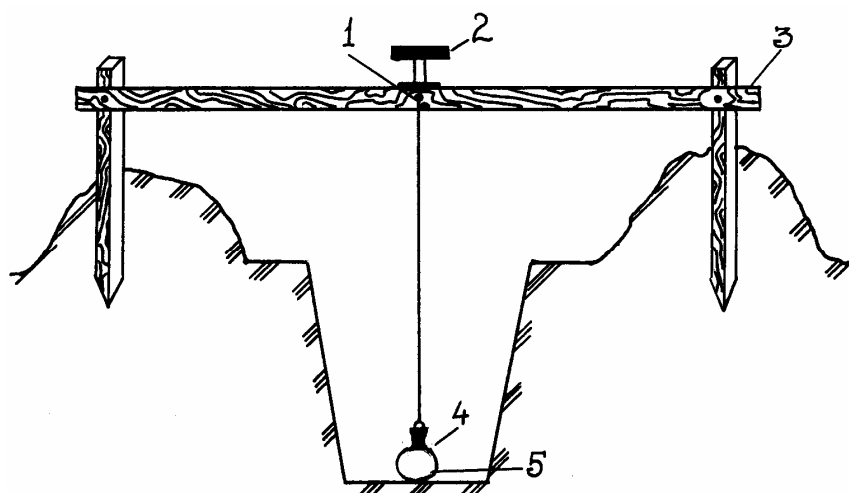


Рис.56. Схема проектирования оси трубопровода на дно траншеи:
1 – ось траншеи; 2 – постоянная визирка; 3 – обноска; 4 – отвес; 5 – трубопровод

В случаях, когда требуется большая точность укладки трубопроводов по высоте (до 5 мм для самотечных трубопроводов с уклонами менее 0,001), применяют геометрическое нивелирование.

Способ маяков применяют при укладке труб больших диаметров самотечных коллекторов с повышенной точностью. Для этого на дне траншеи через каждые 5–20 м закрепляют колышки с шурупами в торцах примерно на проектной отметке с помощью нивелирования. Изменением высоты головки шурупа с применением отвертки добиваются получения отсчета по рейке, установленной на головке шурупа, вычисленного с учетом проектного уклона. По этим головкам-маякам устраивают бетонное основание или выравнивают грунт, после чего укладывают трубы.

Укладка трубопроводов в траншее может быть осуществлена с использованием лазерных геодезических приборов, луч которых выполняет роль визирного луча нивелира. При этом могут проводиться следующие операции: выравнивание дна траншеи бульдозером по лучу лазера и контрольной марке; устройство основания трубопровода по лучу лазера и нивелирной рейке; укладка трубопровода.

Перед засыпкой траншей с трубопроводами осуществляют исполнительную съёмку и приёмку, которые сопровождаются проверкой прямолинейности с помощью теодолита, соблюдения проектного положения в горизонтальной и вертикальной плоскостях, проверкой отметок дна лотков в колодцах с помощью нивелира. Отклонение отметок дна лотков не должно превышать ± 5 мм.

Укладка трубопроводов «змейкой» в вертикальной и горизонтальной плоскостях не допускается.

При определении точности нивелирования подземных коммуникаций для строительства и исполнительной съёмки исходят из погрешности уклона, которая не должна превышать 10 % [16, с.258].

Допустимые отклонения положения осей в плане одинаковы для всех типов коммуникаций и зависят от способа определения элементов привязки. При аналитическом способе точность перенесения планового положения не должна быть более 0,1 м, при графическом – 0,2 м.

Верх решетки дождеприёмного колодца располагают на 20 мм ниже отметки верха проезжей части. Уклон присоединения от дождеприёмников принимают равным 0,02.

Если коммуникации пересекают полотно автомобильных, железных дорог или другие препятствия, то выполняют скрытую проходку. В этом случае, в зависимости от конкретных условий, прокладку осуществляют следующими способами: продавливанием с выемкой или без выемки грунта; горизонтальным бурением; вибровакuumным способом; щитовой проходкой. Во всех случаях, кроме последнего, определяют точки прохода и выхода коммуникаций у препятствия. Между этими точками вычисляют расстояния и данные для задания направления и уклона механизму, осуществляющему проходку.

В точках подхода и выхода коммуникаций проходят вертикальные шахты, размеры которых зависят от способа проходки. На местность выносят точки, определяющие направления коммуникаций. Их закрепляют на стенах котлованов, шахты или на близко расположенных стенах домов, а также на предметах местности.

Геодезический контроль в плане и по высоте выполняют через каждые 2 м проходки первой трубы и каждой последующей. Контроль за положением труб в плане и по высоте осуществляют с помощью теодолита и нивелира.

Вопросы для самоконтроля знаний

1. Назовите комплекс геодезических работ при прокладке трасс подземных коммуникаций.
2. Что является исходной проектной документацией для производства геодезических работ при прокладке подземных коммуникаций?
3. Какие основные элементы проекта подземных коммуникаций подлежат перенесению на местность?
4. Какие данные необходимы для составления разбивочного чертежа по перенесению элементов трассы подземных коммуникаций?
5. Какие вы знаете способы перенесения элементов трассы на местность и в каких случаях они применяются?
6. Каковы способы разбивки устройства траншей по высоте при помощи нивелира и визирок?
7. Как изготовить кодовую визирку и порядок её использования для периодического контроля глубины траншей?

8. Какие существуют способы автоматического регулирования глубины разработки траншеи и соблюдения проектного уклона?
9. Способы контроля прокладки оси трубопровода в траншее?
10. Какими способами можно контролировать укладку труб в траншее по высоте?
11. Назовите значения погрешности уклона при определении точности нивелирования подземных коммуникаций для строительства и исполнительной съемки.
12. Геодезические работы при выполнении скрытой проходки коммуникаций под автомобильными и железными дорогами.

7. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЁМКИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

7.1. Назначение и содержание исполнительных съёмок

Исполнительные съёмки строительства зданий и сооружений занимают в геодезических работах особое место. Они завершают каждый этап строительно-монтажных работ и геодезических построений. В процессе исполнительных съёмок определяют плановое и высотное положения выверенных и окончательно закрепленных конструкций и элементов здания, а также разбивочных осей, от положения которых зависит соблюдение необходимых требований к точности осуществляемых работ на последующих этапах. Поэтому выполнение исполнительных съёмок предназначено для решения следующих основных задач:

- обеспечения систематического контроля и учета объемов выполненных строительно-монтажных работ;
- выявления соответствия выполненных строительно-монтажных работ проектным данным с целью своевременного устранения отклонений;
- определения степени точности перенесения проекта в натуру и выявления всех отступлений от проекта;
- установления фактического положения зданий, сооружений и инженерных коммуникаций после завершения строительства.

Для обеспечения систематического контроля и учета объемов выполненных строительно-монтажных работ проводят геодезические измерения, по результатам которых осуществляют оперативный контроль за ходом земляных и монтажных работ, укладкой инженерных коммуникаций и т.п.

Для выявления соответствия выполненных строительно-монтажных работ проектным данным используют те же геодезические методы и приборы, которые применяли в ходе строительства. По результатам контрольных измерений определяют величину отклонений от строительных допусков и принимают соответствующее решение по устранению сверхдопустимых отклонений. На тех участках строительства, где вносят исправления и коррективы, исполнительную съёмку повторяют.

Для определения точности перенесения проекта в натуру и выявления отступлений от него выполняют плановую и высотную съёмки практически завершённых строительных объектов. Установление фактического положения зданий и сооружений, инженерных коммуникаций после завершения строительства заключается в окончательной обработке и систематизации результатов ранее выполненных текущих исполнительных съёмок и составлении последней исполнительной документации, называемой исполнительным генеральным планом.

Порядок, очередность и способ выполнения исполнительных съёмок, технические средства и требуемую точность измерения определяют в проекте производства геодезических работ.

В состав исполнительной съёмки входят следующие работы:

- создание съёмочного обоснования;
- контурная съёмка;
- планово-высотная детальная съёмка элементов сооружений, их узлов и отдельных конструкций, а также поэтажные съёмки;
- планово-высотная съёмка наземных и подземных коммуникаций, проездов, площадей, скверов и др.;
- составление планов, профилей и разрезов.

Плановой опорой для выполнения исполнительных съёмок являются: в пределах стройплощадок – закрепленные разбивочные оси и их параллели; на промышленных площадках – пункты строительной сетки; за пределами стройплощадок – пункты геодезического обоснования и специально проложенные теодолитные ходы. При этом точность плановой основы на площадке должна соответствовать съёмке масштаба 1:500. Плановая геодезическая опора оформляется Актом приёмки геодезической разбивочной основы для строительства зданий и сооружений (прил. 1).

Плановую съёмку обычно выполняют различными методами: промерами по ординатам и створам, линейными и угловыми засечками, способами прямоугольных и полярных координат. Высотную исполнительную съёмку осуществляют геометрическим нивелированием от пунктов высотного геодезического обоснования.

Определение вертикальности конструкций высотой до 5 м производят рейкой-отвесом, а высотой более 5 м – способами наклонного проектирования и бокового нивелирования, а также используют приборы вертикального визирования.

Точность результатов исполнительной съёмки должна быть не ниже точности выполнения разбивочных работ. Результаты исполнительных съёмок подлежат выборочному контролю путем измерения в натуре и сравнения их с данными съёмки. Особое внимание обращают на съёмку скрытых сооружений, то есть фундаментов, подземных трубопроводов, которые затем засыпают землей. Съёмку этих сооружений заканчивают до засыпки котлованов и траншей землей. Съёмка же зданий и сооружений может быть произведена и после завершения строительства. При съёмке зданий все их углы привязывают к геодезической основе для определения их координат, а также производят промеры по всем сторонам цоколя здания.

Исполнительную съёмку вертикальной планировки выполняют нивелированием поверхности и проложением отдельных ходов по характерным точкам. Нивелируют также отмостки зданий, дно открытых лотков, кюветов, решеткиждеприёмников и т.д.

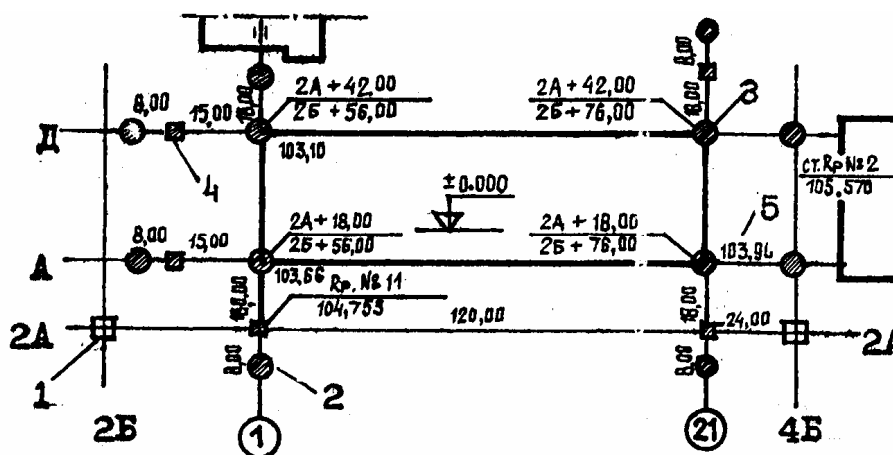
Точность исполнительных съёмок обуславливается допусками, соблюдаемыми при приемке в эксплуатацию зданий и сооружений. В промыш-

Данные исполнительных съемок конструкций зданий и сооружений наносят на специальные схемы и чертежи, на которых указывают фактические и проектные размеры или величины отклонений от проектных данных. Такие исполнительные схемы составляют после выполнения каждого этапа строительно-монтажных работ.

В зависимости от конструктивных особенностей здания или сооружения при осуществлении строительно-монтажных работ составляют исполнительные схемы.

Исполнительные схемы по подземной части зданий и сооружений: готового котлована, земляного полотна дорог и других земляных сооружений, свайных полей, всех видов фундаментов, стен подвала, фундаментов под оборудование (анкерных болтов, закладных деталей, колодцев).

На рис.57 приведен пример исполнительной схемы разбивки и закрепления основных осей здания.



1 – пункт строительной сетки; 2 – постоянный знак закрепления осей;
3 – металлический штырь; 4 – временный знак закрепления осей;
5 – фактическая отметка поверхности земли

Исполнительную съемку котлована выполняют после зачистки дна откосов. При этом определяют положение осей, внутренний контур, отметки дна котлована по результатам нивелирования поверхности по квадратам и их отклонения от проектного значения (рис.58).

Предельное отклонение отметок дна котлована от проектных в местах устройства фундаментов и укладки конструкций после окончательной его доработки должно быть не более ± 5 см.

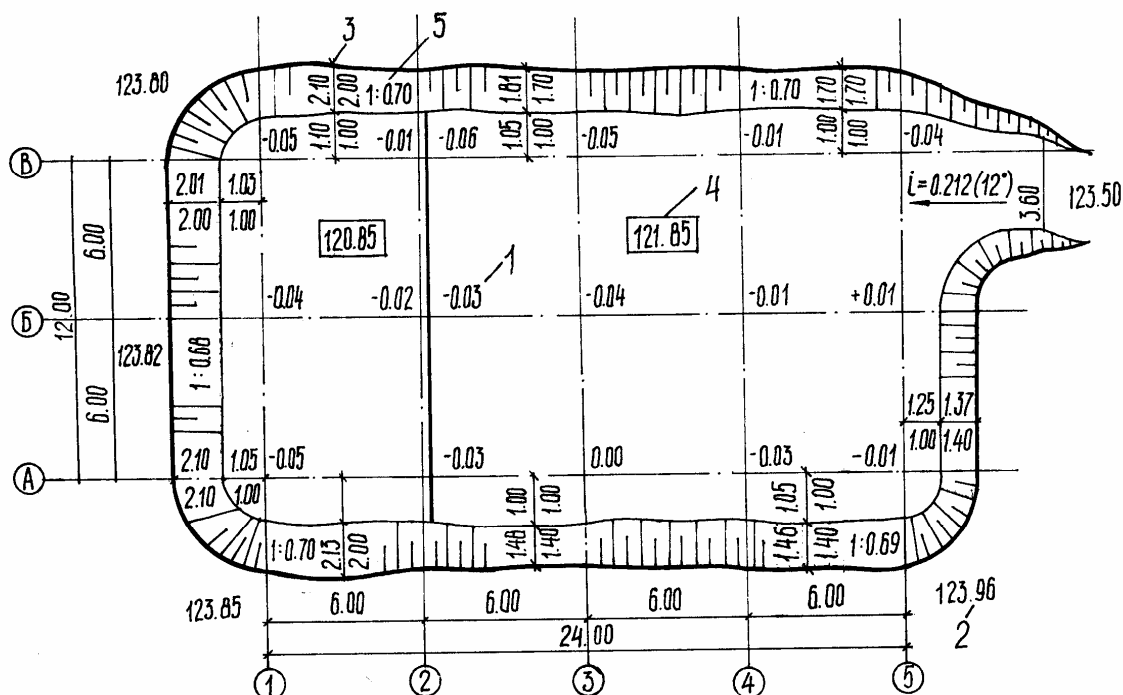


Рис.58. Исполнительная схема плано-высотной съемки котлована:
1 – отклонение отметки дна котлована от проектной; 2 – отметка верхней бровки котлована; 3 – ширина бровки котлована;
4 – проектная отметка котлована ; 5 – крутизна откоса

При исполнительной съемке ленточных фундаментов в плане на верхние и боковые грани вновь переносят оси, от которых выполняют замеры, а также определяют отклонение отметок верха фундамента от проектной (рис.59,а). **При исполнительной съемке фундаментов стаканного типа** определяют отклонение отметки дна стакана от проектной и фактические размеры стакана в нижнем сечении (рис.59,б).

Предельное отклонение по смещению установочных ориентиров ленточного фундамента и осей стаканов фундаментов относительно разбивочных осей – 12 мм. Предельное отклонение отметок дна стаканов фундаментов от проектных – 20 мм, а при устройстве выравнивающего слоя по дну стакана – 5 мм.

Исполнительную съемку свай-колонн выполняют после их окончательного погружения и обрубки (рис.60,а). При этом определяют направление и величину смещения центра свай-колонн от планового проектного положения 1, а также отклонение оголовков свай от проектной отметки 2.

внизу. Отклонения верха и низа отвеса от оси стеновой панели вычисляют по формулам:

$$\begin{aligned}\delta_{\text{в}} &= S_0 - (S_{\text{в}} + d/2); \\ \delta_{\text{н}} &= S_0 - (S_{\text{н}} + d/2),\end{aligned}\tag{47}$$

где d – толщина стеновой панели;

S_0 – расстояние от середины панели до нити отвеса на уровне перекрытия;

$S_{\text{в}}, S_{\text{н}}$ – расстояния от нити отвеса до грани панели соответственно в верхней и нижней её частях.

Отметки определяют в точках пересечения осей между осевыми точками примерно через 5 м. Результаты исполнительной съемки по завершении подземной части сооружения отражают на схемах осей, вынесенных на перекрытие над подвалом, с указанием их проектных и фактических размеров, на схемах нивелирования поверхности перекрытия над подвалом с указанием проектной и фактической отметок в углах плит перекрытий, а также схемах планового положения смонтированных элементов цокольного этажа.

При возведении надземной части производят поэтажную исполнительную съемку, фиксирующую точность создания разбивочной сети на монтажном горизонте, точность положения монтируемых конструкций и их элементов.

На исполнительной схеме стеновых панелей показывают направление и величину отклонения плоскости стеновой панели в верхнем сечении от вертикали 1 (рис.61,а), а также смещение оси панели или её грани в нижнем сечении от разбивочной оси 2. Предельные отклонения в плане – 8 мм, по вертикали – 10 мм.

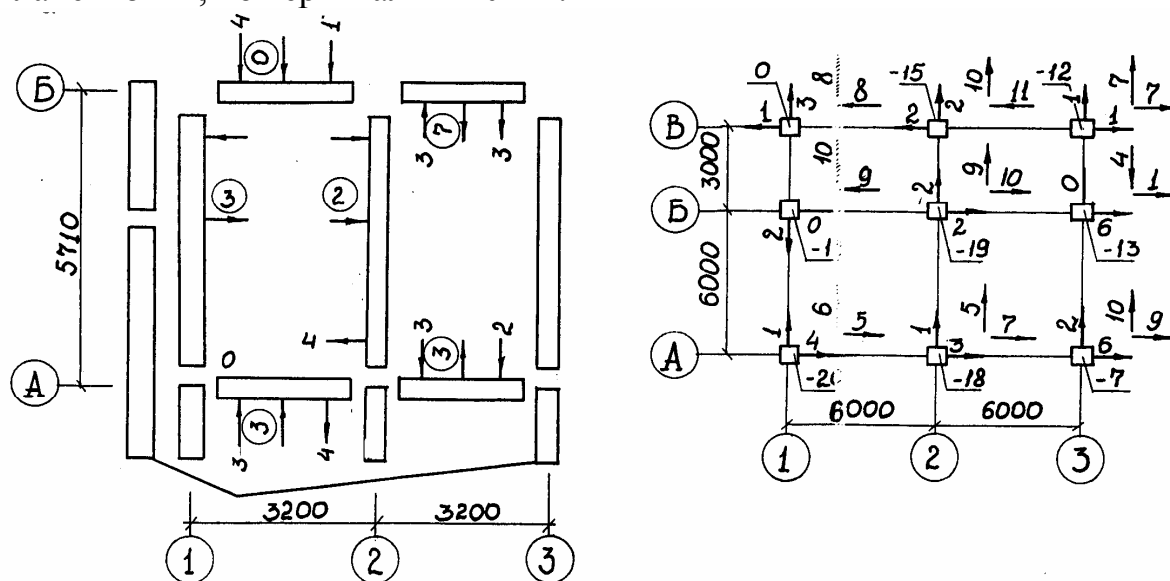


Рис.61. Фрагменты исполнительных схем:
а – стеновых панелей; б – колонн многоэтажного здания

На исполнительной схеме съемки колонн многоэтажного здания (рис.61,б) показывают направление и величину смещения осей колонн от разбивочных осей в нижнем 1-м и верхнем 2-м сечениях, а также отклонение отметки верха колонны относительно «0» мм. При этом за «0» принимают отметку колонны, имеющей наибольшую абсолютную величину. Величина предельного отклонения в плане для колонн 1-го яруса – 8 мм, а для последующих ярусов зависит от длины колонн и составляет 12–25 мм. Величина предельной разности отметок верха колонн каждого яруса составляет $12 + 2n$, где n – номер яруса колонн.

Плановые отклонения могут быть получены непосредственными промерами от осей или их параллелей, разбитых на монтажном горизонте. Отклонение от вертикали определяют рейкой-отвесом, простым отвесом или боковым нивелированием. Отклонение по высоте получают техническим нивелированием.

При устройстве лифтовых шахт определяют величину разности диагоналей шахты в плане и отклонения стен от вертикали. Длины диагоналей находят путем промеров, отклонения от вертикали – по отвесу.

Исполнительную съемку кирпичных зданий выполняют на каждом этаже после возведения стен и установки оконных и дверных проемов. На исполнительной схеме (рис.62) показывают отклонения от проектных размеров по толщине стен (допуск ± 15 мм), по отметкам опорных поверхностей (допуск ± 10 мм); плановые и высотные положения оконных и дверных проемов, плит, перегородок; отклонение по смещению осей конструкций от разбивочных осей (допуск ± 10 мм), поверхностей и углов кладки по вертикали на один этаж (допуск ± 10 мм) и на всё здание высотой более двух этажей (допуск ± 30 мм).

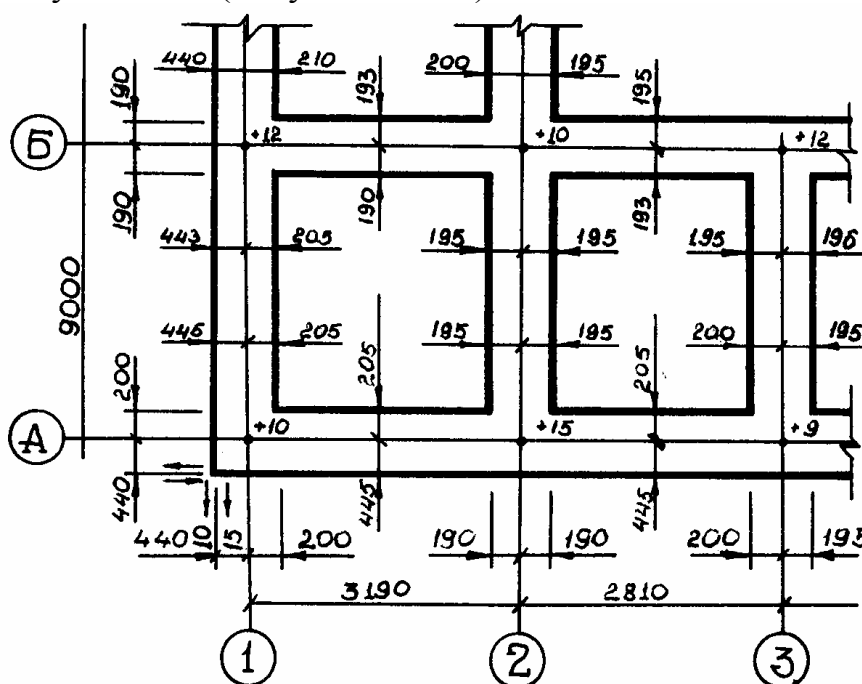


Рис.62. Фрагмент исполнительной схемы кирпичной кладки под перекрытие этажа

Контроль планового положения кладки стен осуществляют линейными промерами от продольных и поперечных разбивочных осей. Толщину стен в процессе кладки контролируют шаблоном-рейкой, при исполнительной съемке – непосредственным их промером. Вертикальность кладки определяют измерением линейкой расстояния от нити отвеса до стены в наиболее характерных её точках или через равные промежутки. Геометрическим нивелированием точек через каждые 5 м определяют соответствие полученного горизонта законченной кирпичной кладки каждого этажа проектному значению.

7.3. Исполнительная съемка инженерных коммуникаций

Исполнительная съемка подземных инженерных коммуникаций производится по мере их готовности, но до засыпки траншей. Исключение составляет самотечная канализация, исполнительную съемку которой выполняют после засыпки траншей и гидравлических испытаний труб.

Исполнительную съемку инженерных коммуникаций производят от планово-высотного обоснования. При наличии четко выраженных контуров капитальных зданий, каменных фундаментов, железобетонных заборов на застроенной территории они могут использоваться в качестве обоснования.

От твердых точек капитальной застройки горизонтальную съемку выполняют линейными засечками, способом перпендикуляров и способом створов. Линейные засечки делают не менее чем с трех точек. Линии засечек не должны превышать длину мерной ленты. Углы между смежными направлениями должны быть в пределах 30–120°. Длина перпендикуляра не должна превышать 4 м, а в случае применения эккера – 20 м.

При съемке створным методом створные точки рекомендуется определять промерами в прямом и обратном направлениях при расхождении между ними не более $1/2000$.

В обязательном порядке производят контрольные измерения расстояний между точками. Плановое положение элементов инженерных сетей определяют с точностью, обеспечивающей погрешность не более 0,2 м.

Масштаб съемки зависит от характера снимаемой территории, плотности размещения сетей, назначения создаваемых планов и, как правило, составляет 1:5000–1:500, в исключительных случаях – 1:200.

Исполнительной плановой съемке подлежат углы поворота, точки на прямолинейных участках не реже чем через каждые 50 м, точки начала, середины и конца сетей, пересечение трасс, места присоединений ответвлений, элементы подземных сетей (люки, колодцы, камеры, компенсаторы и т.д.).

Обязательной съемке подлежат все подземные сооружения, пересекающие прокладку или идущие параллельно с ней, вскрытые траншеи. Одновременно со съемкой элементов инженерных коммуникаций должны быть сняты все здания, прилегающие к проезду или трассам прокладок. В процессе съемки собирают данные о количестве прокладок, отверстий, материале труб, колодцев, каналов, о размерах диаметров труб и каналов, давлении в газовых и напряжении в кабельных сетях. При съемке колодцев и камер производят обмер внутренних и внешних габаритов сооружения, его конструктивных элементов, труб и фасонных частей с привязкой к отвесной линии, проходящей через центр крышки колодца.

Для газовых и тепловых сетей фиксируют расположение стыков трубопроводов относительно люков колодцев или камер с указанием типа стыка. Результаты измерений заносят в абрис, где зарисовывают элементы ситуаций и схему прокладываемого теодолитного хода, показывают привязки к опорной застройке, линейные размеры сооружения, сечения и т.д.

Высотное положение подземных сетей и сооружений определяют техническим нивелированием с привязкой к двум реперам. При проложении нивелирных ходов и замкнутых полигонов невязка не должна превышать величин, равных $\pm 50\sqrt{L}$ или $\pm 10\sqrt{n}$ мм, где L – длина, км; n – число станций в ходе.

Нивелируют люки колодцев, лотки канализационных, водосточных и дренажных колодцев, пол каналов теплофикаций, телефонной и электрокабельной сетей, в бесколодезных прокладках – углы поворота трассы и точки излома профиля. Для трубопроводов определяют отметки верха труб во всех колодцах и камерах.

По окончании обработки материалов исполнительных съемок инженерных сетей составляют исполнительный чертеж (схему), основой которого является копия согласованного проекта в масштабе 1:500 или план масштаба 1:500, составленный по результатам исполнительных съемок (рис.63). Исполнительные схемы сопровождаются исполнительным продольным профилем по оси сооружения (рис.64).

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 принимают равным масштабу плана, а вертикальный – 1:100, в отдельных случаях 1:50 (для теплотрассы).

План трассы включает в себя схему привязки всех элементов сети, подлежащих съемке. На профиле указывают вертикальный и горизонтальный масштабы и отметки точек трассы, а также величины отклонений от проекта.

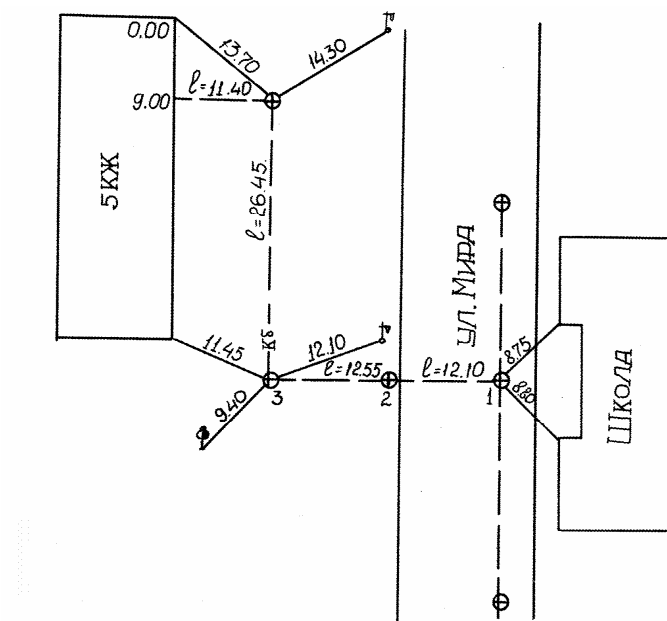


Рис.63. Исполнительная схема канализации

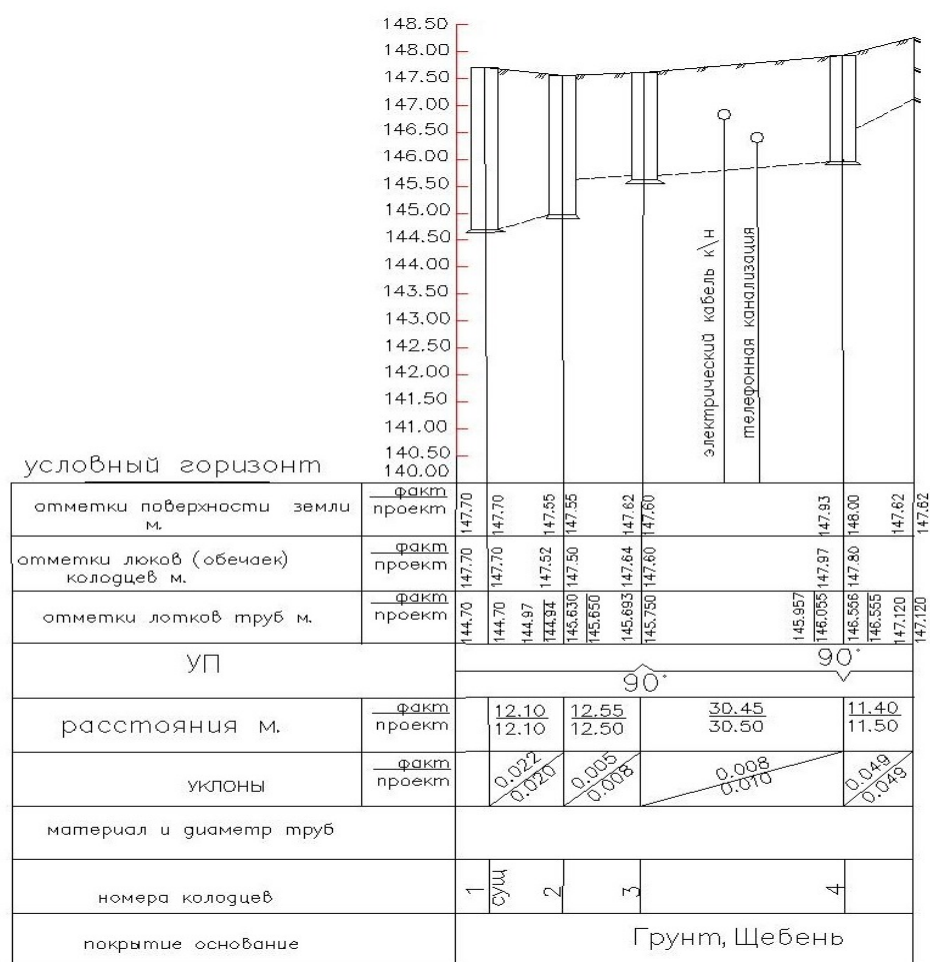


Рис.64. Исполнительный продольный профиль канализации

7.4. Исполнительная документация

Выполненный геодезический контроль в процессе возведения здания и сооружений оформляют в виде отчетной технической документации. К ней относят схемы геодезической исполнительной съемки, чертежи, профили, разрезы, каталоги координат и отметок пунктов разбивочного основания и осевых знаков, акты геодезической проверки, полевые журналы и т.п.

Исполнительная геодезическая документация бывает внутренней и приёмосдаточной. При возведении подземной части зданий и сооружений составляют следующую внутреннюю исполнительную документацию: исполнительные схемы по разбивке промежуточных осей; исполнительные схемы по разбивке контуров котлована; акты разбивки свайных полей; акты и исполнительные схемы по подготовленным к бетонированию опалубкам. По надземной части также составляют акты детальной геодезической разбивки на монтажных горизонтах под монтаж яруса, цоколя, этажа с приложением исполнительных схем; исполнительные схемы нивелирования бетонной подготовки под полы; рабочие схемы по установке маяков.

Внутреннюю исполнительную документацию подготавливают на незавершенный строительно-монтажный этап. На основании её анализа главный инженер строительного управления даёт разрешение на переход от одного этапа строительно-монтажных работ к другому. Порядок её оформления устанавливает главный инженер строительно-монтажной организации. Пример оформления актов на геодезическую разбивку здания (сооружения) на местности представлен в прил. 2, 3 [10].

Внутренняя исполнительная документация не предъявляется рабочей и государственной комиссиям при сдаче объекта в эксплуатацию.

Приёмосдаточную исполнительную документацию составляют на завершённый этап строительно-монтажных работ. К ней относят акты на приемку готового котлована с приложением схемы исполнительной съемки; акт сдачи-приемки исполнительной подземной части с результатами контрольных измерений и т.п. Пример оформления акта сдачи-приемки результатов геодезической разбивки при строительстве здания (сооружения) представлен в прил. 4.

Акт сдачи-приемки предъявляется авторскому надзору, органам Госархстройконтроля, генподрядным (субподрядным) организациям, заказчику, рабочим и государственным комиссиям по приемке объекта в эксплуатацию с приложением исполнительных схем на все завершённые виды строительно-монтажных работ. Акт составляют в пяти экземплярах, два из которых остаются в генподрядной организации.

Исполнительную геодезическую документацию подписывают геодезист, производитель работ и главный инженер строительного управ-

ления. Она является юридическим документом и хранится в производственно-техническом отделе, в геодезической службе строительно-монтажной организации и у заказчика.

При сдаче-приемке в эксплуатацию построенного здания или сооружения предъявляют экземпляр исполнительной документации, находящейся в производственно-техническом отделе.

Исполнительная документация по геодезической съемке возведенных конструкций должна быть полноценной, так как она является исходной основой для габаритного обмера законченных строительством зданий и сооружений.

После окончания работ по устройству подземных и надземных коммуникаций составляют следующую исполнительную документацию: исполнительный план трассы коммуникаций; исполнительный продольный профиль по оси сооружения; рабочие чертежи с планами и размерами колодцев, камер, труб и т.п., исправленные по результатам обмера, выполненного во время исполнительной съемки. Эту документацию передают эксплуатирующей организации.

7.5. Исполнительный генеральный план

После завершения строительства и благоустройства территории выполняют исполнительную съемку контуров застройки и спланированного рельефа. Эта съемка является единственной и окончательной проверкой правильности перенесения проекта зданий и сооружений на местность в соответствии с требованиями строительных допусков. На её основе в условных знаках по общепринятым инструкциям составляют исполнительный генеральный план расположения капитальных зданий и сооружений, подземных и надземных коммуникаций, подъездных путей.

Исполнительный генеральный план представляет собой комплекс документов. Например, для большого промышленного предприятия в его состав входят:

- 1) исполнительный генеральный план территории площадки в масштабе 1:500 на отдельных планшетах стандартного размера;
- 2) исполнительные планы отдельных сложных участков застройки, узлов и установок в масштабе 1:200;
- 3) сводный план инженерных коммуникаций в масштабе 1:1000 или 1:2000 с приложением каталога координат сетей, эскизов подземных колодцев и опор надземных сетей;
- 4) сводный план железнодорожных путей и автодорог в масштабе 1:2000;
- 5) сводный план (с координатами) зданий и наземных сооружений в масштабе 1:2000 с приложением альбома обмерных чертежей;

б) технический отчет о геодезических работах, выполненных на площадке, с приложением пояснительной записки, схем опорных сетей, каталога координат и высот пунктов геодезического обоснования, альбома зарисовок местоположения геодезических знаков, центров и привязок их к постоянным предметам местности. Для небольших предприятий часть отчетной документации объединяют.

При составлении исполнительного генерального плана координаты большинства характерных точек определяют аналитическим методом. К ним относятся углы капитальных зданий и сооружений, центры сооружений круглой формы, точки пересечения осей здания, сооружений и проездов, углы поворота сетей коммуникаций и т.п.

Плановое положение их определяют способами прямоугольных и полярных координат, угловых, линейных и створных засечек, створных промеров. Линейные измерения выполняют стальной лентой или рулеткой, угловые измерения – теодолитами технической точности. Способом створных промеров производят съемку прямолинейных участков дорог и сетей коммуникаций на площадках промышленного и гражданского строительства.

При горизонтальной съемке составляют абрис, в котором делают зарисовку каждого снимаемого объекта, а также указывают точки съемочного обоснования, с которых ведут съемку. Координаты точек вычисляют в процессе съемки и записывают в специальный журнал.

Высотную съемку на застроенной территории выполняют геометрическим нивелированием от реперов опорной сети с взятием двойных отсчетов по рейке как на связующих, так и на характерных точках объекта (уровни полов зданий, лотков канализации и т.п.). При съемке зданий определяют отметки входов, цоколя, пола, земли по углам зданий и других характерных точек по фасаду здания.

Съемка подземных коммуникаций производится с использованием ранее выполненных планов, по данным которых составляется предварительная схема размещения сетей. По этой схеме осуществляют рекогносцировку участка местности с обследованием подземных сетей и их выходов на поверхность. По данным обследования, схема корректируется, затем выполняются поиск и съемка скрытых точек подземных коммуникаций. Исполнительная схема, составленная по данным обследования, поиска и съемки подземных коммуникаций, согласовывается с организацией, эксплуатирующей эти сети.

Определение места расположения и съемку подземных коммуникаций, особенно в случае отсутствия ранее составленных планов, осуществляют с помощью специальных электронных приборов – трубок кабелеискателей, трассоискателей, кабелеискателей. В основу устройства и работы этих приборов положен закон электромагнитной индукции.

Фиксацию планового положения отыскиваемой трассы выполняют на углах поворота и прямолинейных участках (через 20, 30, 50 м при съемках в масштабе 1:500, 1:1000, 1:2000).

Средняя квадратическая ошибка определения положения коммуникаций в плане и глубины её заложения трубокабелеискателем составляет 10 см [13, с.240]. Точность поиска зависит от глубины заложения коммуникаций и определяется по формулам:

$$m_l = 0,075h; m_h = 0,13h, \quad (48)$$

где m_l, m_h – средние квадратические погрешности определения положения коммуникаций в плане и по высоте, м;

h – глубина заложения оси коммуникаций, м.

По формулам (48) определяют точность положения коммуникаций при глубине их заложения до 3 м и благоприятных условиях поиска.

Исполнительный генеральный план построенных капитальных зданий и сооружений, инженерных коммуникаций и транспортных путей используется в период эксплуатации предприятия. При его расширении или реконструкции исполнительный генеральный план обновляют.

Вопросы для самоконтроля знаний

1. Для решения каких основных задач предназначено выполнение исполнительных съемок?
2. Какие виды геодезических работ входят в состав исполнительных съемок?
3. Что является плановой опорой для выполнения исполнительных съемок и их точность?
4. Назовите виды исполнительных съемок в зависимости от конструктивных особенностей здания или сооружения.
5. Какие данные исполнительных съемок конструкций зданий и сооружений должны наноситься на исполнительные схемы?
6. Какие элементы подземных инженерных коммуникаций подлежат исполнительной съемке в обязательном порядке?
7. Какие чертежи входят в состав исполнительной документации инженерных сетей?
8. В чем состоит отличие внутренней исполнительной документации от приемосдаточной?
9. Какую документацию составляют после окончания работ по устройству подземных и надземных коммуникаций?
10. Какие документы входят в состав исполнительного генерального плана расположения зданий и сооружений, подземных и надземных коммуникаций, подъездных путей?

8. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

8.1. Общие сведения о деформациях

Здания и сооружения в процессе их возведения и эксплуатации подвергаются вертикальным и горизонтальным смещениям, приводящим строения к деформации, которая возникает по причинам, связанным с инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями и физико-механическими свойствами грунта, а также с ошибками при изысканиях, проектировании, строительно-монтажных работах и эксплуатации зданий, сооружений.

Смещение в горизонтальном направлении называют **сдвигом**, вертикальные смещения, направленные вверх, – **подъемом** (выпучиванием), а вниз – **осадкой**. На практике, когда направление вертикального смещения неизвестно, употребляют слово «осадка» в обобщенном смысле, аналогично тому, как слово «превышение» понимают и в случае «понижение»

Равномерная осадка происходит в случаях, когда давление, вызываемое массой здания, и сжимаемость грунта во всех частях основания под фундаментом одинаковы. Равномерная осадка не снижает прочности и устойчивости здания или сооружения. Но если её величина значительно превышает расчетную, то это может вызвать изменение физико-механических свойств грунта и привести к нарушению взаимосвязи здания или сооружения с инженерными коммуникациями, а также к неравномерной осадке.

Неравномерная осадка возникает в результате различного давления частей здания или сооружения и неодинаковой сжимаемости грунта под фундаментом. Это приводит к неравномерным смещениям надфундаментных конструкций, то есть к их деформации. Эту деформацию называют **просадкой** (она не прогнозируется). По действию такая осадка является более опасной для здания или сооружения и опасность тем больше, чем значительней разность осадок его частей и чувствительней к ним конструкции и технологические элементы.

Для своевременного выявления величины, направления и интенсивности деформации зданий (сооружений), а также причин, вызывающих этот процесс, выполняют геодезические наблюдения с соответствующими измерениями. При этом получают следующие характеристики деформации основания и здания (сооружения):

- **абсолютную (полную) осадку** отдельных точек основания, здания (сооружения);
- **среднюю осадку** основания, здания (сооружения);

– **перекос** – относительную неравномерность осадки здания (сооружения) или его конструкций, измеряемую разностью вертикальных перемещений характерных точек здания (сооружения), отнесенною к расстоянию между ними;

– **крен** – отклонение конструкции или здания (сооружения) от вертикальной плоскости в результате неравномерной осадки, без нарушения целостности и геометрических параметров, измеряемое отношением разности осадок крайних точек фундамента к его ширине или длине;

– **относительный прогиб** (выгиб) – отношение величины прогиба (выгиба) к длине изогнувшейся части конструкции или здания (сооружения);

– **кручение** – явление, когда два параллельных фундамента или две грани железобетонной плиты имеют неравномерную осадку, направленную в противоположные стороны;

– **трещины** – разрывы в плоскостях или конструкциях здания (сооружения) в результате неравномерных осадок или недопустимых напряжений.

Вышеуказанные характеристики, влияющие на прочность и долговечность зданий (сооружений), прямо или косвенно связаны с осадками. Обработку результатов измерения осадок выполняют специалисты в области механики грунтов, проектировщики, геодезисты с учетом конкретных условий строительства и эксплуатации зданий (сооружений).

В ряде случаев результаты наблюдений используют для оценки методов расчета осадки или прогнозирования осадки здания (сооружения). Предельно допустимую величину осадки основания здания (сооружения), соответствующую пределу эксплуатационной пригодности здания (сооружения) по технологическим или архитектурным требованиям, устанавливают нормами проектирования зданий (сооружений), правилами технической эксплуатации оборудования или заданием на проектирование.

8.2. Состав процесса наблюдения за деформациями

Наблюдение за деформациями вновь строящихся зданий и сооружений начинают с момента окончания работ нулевого цикла и заканчивают после достижения стабилизации осадок фундаментов, но не ранее двух лет после сдачи здания или сооружения в эксплуатацию. Весь процесс наблюдения за деформациями зданий и сооружений состоит из двух основных этапов: организационного этапа подготовительной работы и непосредственных измерений с камеральной обработкой полученных данных.

На этапе подготовительной работы осуществляют:

- составление рабочей программы наблюдений;
- проектирование конструкций геодезических опорных знаков и осадочных (деформационных) марок, их закладку;
- подбор приборов и всего необходимого для выполнения измерений.

На втором этапе выполняют:

- непосредственные измерения по методике, принятой в рабочей программе наблюдений;
- обработку результатов измерений, определение величин деформаций с оценкой точности их вычисления, составление ведомостей по каждому циклу измерений, графическое оформление полученных результатов измерений;
- составление технического отчёта с анализом полученных данных.

Составление рабочей программы наблюдений за деформациями осуществляют проектная организация совместно с организацией, производящей работу, и утверждают её до начала работы. Рабочая программа наблюдений разрабатывается на основании технического задания, утвержденного организацией – заказчиком, нормативных документов по наблюдению за деформациями, рекогносцировки объекта и включает в себя следующее:

- изложение цели и задачи наблюдений;
- составление схемы размещения геодезических знаков и их привязки к пунктам исходной геодезической сети;
- разработку календарного плана выполнения работ;
- выбор метода измерения деформаций;
- указание периодичности и продолжительности измерения, а также необходимой точности геодезических построений при наблюдениях за деформациями.

На основании рабочей программы определяется объём работ по наблюдению за деформациями. Геодезические работы по измерению деформаций зданий и сооружений выполняет подрядная организация. После завершения работ она передает организации – заказчику или генподрядной организации следующие материалы:

- схему размещения знаков опорной сети и осадочных марок;
- журналы измерений и сводные ведомости результатов измерений;
- ведомости уравнивания и вычисления отметок, плановых координат марок и т.п.;
- краткую пояснительную записку.

В пояснительной записке приводят геологическую и топографическую характеристики работ, описание наблюдаемого объекта, план фундаментов, сведения по циклам о нагрузках на основание, описание причин возникновения неравномерных осадок, методики и анализ точности результатов измерений.

8.3. Размещение и закрепление геодезических знаков для наблюдения за осадками

Данные о процессах деформации получают на основе измерения смещения точек наблюдаемого здания или сооружения относительно опорных геодезических знаков. При этом достоверность данных измерения во многом зависит от устойчивости опорных знаков, доступности и удобства пользования ими во всех циклах наблюдений.

Устойчивость опорных знаков зависит от выбора места размещения и надёжности их закрепления на местности. Опорные знаки размещают на участках с устойчивыми грунтами, расположенными вне зоны осадочных воронок и производства строительных работ, но как можно ближе к точкам наблюдаемого здания или сооружения. Опыт показывает, что зона активных деформаций грунтов может распространяться на расстояние, равное шестикратной ширине фундамента здания или сооружения.

Для промышленных и гражданских зданий опорные высотные знаки располагают не ближе 80 м от здания, а для крупных гидротехнических сооружений – на расстоянии до 1 км. Границей зоны распространения напряжений в грунтах, создаваемых весом здания или сооружения, считают плоскость, проходящую через грань фундамента и наклоненную к вертикали под углом 25–30°.

Для предохранения от повреждений машинами и других воздействий внешней среды опорные знаки защищают металлической оградой или колодцем, курганом и канавой.

В качестве опорных высотных знаков при наблюдениях за осадками зданий и сооружений служат фундаментальные глубинные реперы, закладываемые в коренные породы в виде железобетонных монолитов (рис.65,а) или других жёстких конструкций. В целях удобства выполнения контроля за устойчивостью их размещают кустами. Каждый куст состоит из двух-трех реперов, размещенных таким образом, чтобы превышения между ними могли быть определены с одной установки нивелира при длине визирного луча до реперов не более 50 м. При наблюдениях за осадками по данным превышений между реперами в текущем и предшествующем циклах измерений устанавливают наиболее устойчивый репер, относительно которого определяют величину осадки.

Устойчивость глубинных реперов контролируют и по их координатам, которые определяют через десять дней после закладки и в начале каждого цикла измерений. Изменения в координатах опорных знаков в различных циклах измерений говорят об их неустойчивости и обязывают исполнителя к принятию соответствующих мер.

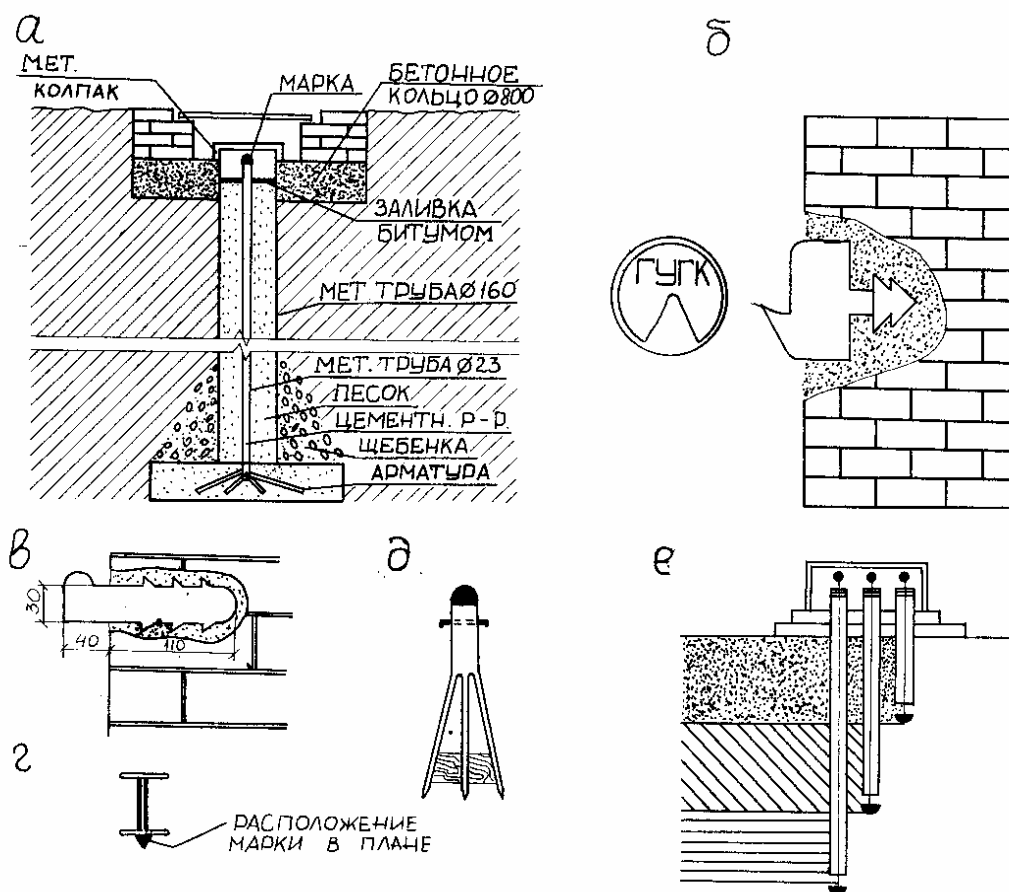


Рис.65. Геодезические знаки для наблюдения за осадками:
а – глубинный репер; б – стенной репер; в – осадочная марка, закрепляемая в кирпичные или бетонные стены; г – осадочная марка, закрепляемая сваркой к металлической колонне; д – глубинная марка, закрепляемая в земляные сооружения; е – куст марок для определения величины послойного сжатия грунта

Глубинные реперы закладывают при наблюдениях за деформациями ответственных сооружений нивелированием I класса. При нивелировании II и III классов используют грунтовые или стенные реперы (рис.65,б).

Грунтовые реперы закладывают ниже уровня промерзания грунта. По конструкции они могут быть трубчатыми или свайными, со сферической головкой в верхней части. При удалении наблюдаемого объекта более чем на 2 км от пунктов исходной геодезической сети, затрудняющем привязку к ним заложенных на объекте реперов, применяют условную систему высот.

Обоснованию мест размещения точек наблюдений уделяют перво-степенное значение и осуществляют это на основе анализа особенностей грунта, нагрузки на него, чувствительности конструкций к осадкам и предположений о характеристике деформаций. Опыт показывает, что информативность результатов наблюдений за деформациями зданий и сооружений в большей мере зависит от правильного размещения точек наблюдений, в меньшей – от их количества. Точки обычно размещают в

нижней части несущих конструкций, примерно на одном уровне, в местах, чувствительных к осадкам и изменяющейся нагрузке, то есть там, где ожидаются наибольшие стоки воды: в углах зданий, на стыках капитальных стен, в зонах наибольших напряжений несущих конструкций, по обе стороны осадочных и температурных швов.

На кирпичных жилых и общественных бескаркасных зданиях с ленточным фундаментом точки наблюдений размещают по периметру через каждые 10–15 м. Для промышленных сооружений и каркасных жилых и общественных зданий точки наблюдения размещают на колоннах по продольным и поперечным осям (не менее трех в каждом направлении). На бескаркасных крупнопанельных жилых и общественных зданиях на сборных фундаментах точки наблюдений размещают по периметру через каждые 6–8 м, а на свайных фундаментах – через каждые 10–15 м по продольным и поперечным осям. На сооружениях типа дымовых труб, доменных печей и т.п. размещают по периметру не менее четырех точек наблюдений. На гидротехнических сооружениях, разделенных на секции, размещают не менее трех точек наблюдений на каждую секцию, а при ширине секции более 15 м – не менее четырех точек. На причальных и подпорных стенах точки наблюдений размещают по периметру через каждые 15–20 м [13, с.243].

Для определения крена и стрелы прогиба ведут наблюдения за тремя-десятью точками, расположенными вдоль исследуемой оси.

Точки наблюдений закрепляют на зданиях и сооружениях осадочными или контрольными марками. Осадочные марки изготавливают в виде штырей, болтов, отрезков угловой стали и костылей длиной до 15 см при креплении к каменным стенам и до 5 см при креплении их к металлическим конструкциям (рис.65,б,г).

Для более четкой фиксации марок и удобства установки на них рейки концам штырей, болтов или костылей предварительно придают сферическую или полусферическую форму. При закреплении в стену они выступают из неё на расстояние до 4 см.

В отдельных случаях, например, при долговременных наблюдениях за осадками сооружений, памятников истории архитектуры, применяют марки с предохранительными колпачками и марки скрытого типа с заворачивающимися болтами.

При наблюдениях за деформациями земляных сооружений (котлована, дамбы, плотины и т.п.) применяют специальные глубинные марки, позволяющие измерять смещения скрытых точек. Например, для определения величины подъема дна котлована применяют марку длиной 0,5 м (рис.65,д), закладываемую в пробуренные скважины на 0,8 м ниже проектной отметки дна котлована. Марки закладывают до начала земляных работ. Для этого обсадные трубы скважины поднимают на 0,5 м и затем в скважину заливают слой бетона толщиной 0,25 м, в который вдавливают марку.

Высоту марок определяют до начала земляных работ по отвесной рулетке с гирей на нижнем конце, а затем скважину засыпают мелкими кусками алебаstra или кирпича и извлекают обсадную трубу. После разработки котлована убирают засыпку над марками и вновь определяют их высоту. Разность высот первого и второго результатов представляет величину подъема дна котлована.

Для вычисления величины послойного сжатия грунтов закладывают куcты марок на различную глубину с основаниями на границах пластов грунта (рис.65,е). Все закрепленные геодезические знаки сдают на хранение производителю работ строящегося объекта или эксплуатирующей его организации по отдельному акту.

8.4. Периодичность и точность измерения деформаций

При разработке методики наблюдений за деформациями зданий и сооружений обоснованию периодичности и точности измерений уделяют особое внимание.

Измерение осадки строящихся зданий и сооружений начинают сразу после начала возведения фундаментов или кладки цоколя. Если первый цикл измерений выполнен с опозданием, то последующие измерения будут обесценены в связи с невыясненными причинами уже произошедшей осадки.

Частоту измерения осадок в основном увязывают с возрастанием нагрузки на грунт основания и развитием его деформации во времени. Как отмечалось выше, продолжительность осадки грунта основания зависит от его строения, состава и физического состояния и может колебаться в широких пределах. Во многих случаях она завершается по окончании строительства, но может продолжаться в течение многих лет. Быстрее завершаются деформации скальных и песчаных грунтов, значительно медленнее – глинистых.

Первый цикл измерения обычно начинают тогда, когда давление фундамента на грунт составляет 25 % от веса здания или сооружения. Последующие циклы измерений осадок выполняют при достижении нагрузки в 50, 75, 100 % от веса здания и сооружения или после возведения каждого этажа.

При строительстве крупнопанельных зданий измерение осадок выполняют после возведения фундамента, монтажа второго этажа, коробки здания и перед сдачей его в эксплуатацию.

При выполнении повторных циклов измерений учитывают действие различных факторов – проведение подземных работ, возведение в непосредственной близости больших сооружений, изменения температурного режима грунта основания, уровня грунтовых вод, динамических нагрузок. В таких случаях выполняют измерение осадок до и после проявления и

учета указанных факторов. По полученным данным корректируют график работ по измерению осадок.

Промежутки между циклами измерений уменьшают при возрастании скорости осадок и появлении трещин, недопустимых кренов и других опасных деформаций. После окончания строительства здания или сооружения периодичность измерений осадок изменяется. В период первых двух лет эксплуатации измерения выполняют не менее четырех раз, приурочивая их к различным сезонам года. Осадку сооружения, возведенного на песчаном грунте, рекомендуется измерять через 5–6 месяцев. Наблюдения за деформациями прекращают только тогда, когда скорость осадки не превышает 1–2 мм в год. Наблюдения возобновляют при появлении причин, способных вызвать новые осадки и деформации зданий, сооружений.

Определение точности измерения деформаций производят в зависимости от ожидаемых конечных предельных значений величин перемещений, установленных проектной документацией, по форме табл.3 (Гост 24846-81).

Т а б л и ц а 3

Определение точности измерения деформаций

Расчетная величина вертикальных или горизонтальных переме- щений, предусмотренная проектом, мм	Допустимая погрешность измерения перемещения, мм, для различных грунтов			
	при строительстве		при эксплуатации	
	песчаные	глинистые	песчаные	глинистые
До 50	1	1	1	1
50-100	2	1	1	1
100-250	5	2	1	2
250-500	10	5	2	5
500	15	10	5	10

По данным табл.3. устанавливают класс точности измерения вертикальных и горизонтальных перемещений фундаментов зданий и сооружений (табл.4).

Т а б л и ц а 4

Установление класса точности измерений

Класс точности измерения	Допустимая погрешность измерения перемещений, мм	
	горизонтальные	вертикальные
I	2	1
II	5	2
III	10	5
IV	15	10

В случае отсутствия расчетных величин вертикальных или горизонтальных перемещений рекомендуется устанавливать следующий класс точности измерения деформаций для зданий и сооружений:

I – длительное время находящихся в эксплуатации, а также возводимых на скальных и полускальных грунтах;

II – возводимых на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах;

III – возводимых на насыпных, просадочных и других сильно сжимаемых грунтах,
а также:

IV – для земляных работ.

Как правило, при наблюдениях за осадкой грунта под особо ответственными и уникальными зданиями и сооружениями (высотные здания, ГЭС, АЭС, элеваторы и т.п.) применяют нивелирование I класса точности измерения. Наблюдения за другими гражданскими и промышленными сооружениями выполняют нивелированием II и III классов.

Нивелирование III класса точности измерения осадок применяют в тех случаях, когда средняя скорость осадки здания или сооружения превышает 5 мм в месяц. При меньших скоростях осадки этот метод нецелесообразен из-за недостаточной точности.

Для зданий из кирпича, блоков и панелей допустимую погрешность измерения можно установить по предельной величине относительного прогиба несущих стен $S_{\text{пред}} = 0,001 \dots 0,0013$ от длины изгибаемого участка. Так, для участка стены длиной 80 м $S_{\text{пред}} = 80 \dots 104$ мм.

Допустимую погрешность измерения деформаций принимают равной $0,1 S_{\text{пред}}$, то есть в нашем примере $S_{\text{доп}} = 8 \dots 10$ мм. Отсюда средняя квадратическая погрешность измерений составляет 4–5 мм.

Обоснование точности измерения деформаций необходимо увязывать с частотой измерений, потому что от этого зависят как полнота и достоверность полученных данных, так и стоимость геодезических работ. Разреженные наблюдения не могут обеспечить получения данных, характеризующих действительный ход деформаций, а слишком частые и высокоточные приведут к излишним затратам средств на измерения.

8.5. Методы измерения деформаций

Измерения деформаций зданий и сооружений выполняют геодезическими и негеодезическими методами. Геодезические методы дают возможность определять **абсолютные** и **относительные** величины осадки зданий (сооружений) или их элементов.

За **абсолютные** осадки принимают вертикальные смещения, измеренные от реперов, не изменяющих своего высотного положения во все периоды наблюдения. За **относительные** осадки принимают вертикальные

смещения, измеренные относительно произвольно выбранной точки здания (сооружения) или репера.

Негеодезическими методами определяют только относительные осадки элементов здания или сооружения. При этом используют отвесы, клинометры, деформетры, микрокренометры и другие средства измерения. Эти приборы закрепляются на здании (сооружении) или внутри него и позволяют измерять смещение элементов здания (сооружения) практически непрерывно. Процесс измерений может быть автоматизирован.

Геодезические методы измерения осадок позволяют получать полные и достоверные данные об осадках здания (сооружения) в целом или его элементов в единой системе координат. К этим методам относятся: геометрическое, гидростатическое и тригонометрическое нивелирование, микронивелирование, фотограмметрия. Основным из них является метод геометрического нивелирования.

Метод геометрического нивелирования позволяет выполнять наблюдения за осадками зданий и сооружений по программам I–IV классов точности измерения. Высокоточное нивелирование короткими лучами позволяет определять разность высот двух точек, расположенных на расстоянии 10–15 м, со средней квадратической погрешностью 0,03–0,05 мм. Превышение между точками, удаленными на несколько метров, определяется с погрешностью 0,1–0,2 мм.

Этот метод позволяет выполнять измерения с высокой точностью в сложных условиях строительной площадки, со сравнительно небольшими материальными затратами.

К основным недостаткам метода геометрического нивелирования относятся трудность автоматизации измерений, сложность нивелирования в труднодоступных местах, отсутствие системы дистанционного съема информации, размещение осадочных марок на зданиях и сооружениях, насыщенных оборудованием не в местах осадок, а в местах, наиболее доступных для наблюдений.

От этих недостатков свободен **метод гидростатического нивелирования**, который обеспечивает при благоприятных внешних условиях более высокую точность определения превышений: средняя квадратическая погрешность 0,01–0,02 мм при расстоянии между точками до 40 м.

Широкому применению переносных гидростатических нивелиров препятствует ограничение диапазона измеряемых величин и существенное влияние на точность измерения внешних условий (температуры, изменений атмосферного давления, ветра). Гидростатическое нивелирование используют в основном при измерении осадок фундаментов, элементов конструкций или технологического оборудования в труднодоступных для геометрического нивелирования местах, расположенных на одном уровне внутри здания или сооружения.

Метод тригонометрического нивелирования уступает по точности геометрическому и гидростатическому, но в отличие от них имеет достоинство – позволяет определять осадки точек, расположенных на различных высотах в труднодоступных местах. Наиболее высокая точность определения осадок (0,5 мм) может быть достигнута нивелированием короткими лучами (до 20 м). В сравнении с геометрическим этот метод позволяет измерять с одной станции значительные превышения, отпадает необходимость в рейках и осадочных марках. Вместо марок можно использовать откраски и другие облегченные знаки.

Тригонометрическое нивелирование применяют в том случае, когда измерение осадок зданий и сооружений методами геометрического или гидростатического нивелирования выполнить не представляется возможным.

Микронивелирование не заменяет, а лишь дополняет геометрическое или гидростатическое нивелирование. Оно широко применяется при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений, для которых характерны высокие требования к точности монтажа и выверке технологического оборудования. Использование микронивелирования целесообразно при определении осадок только близко расположенных точек с расстоянием между ними в пределах 1 м. Например, при наблюдении за стабильностью различного рода направляющих и отдельных конструкций (балок, ферм, фундаментов), а также при определении наклонов и деформаций технологического оборудования. Этот метод отличается простотой и высокой точностью процесса измерения.

Фотограмметрический метод применяют при определении вертикального и горизонтального смещений наблюдаемых точек на различных уровнях сооружения в двух и трех координатах. Этот метод позволяет выполнять наблюдение с высокой точностью и производительностью труда за большим числом компактно расположенных точек на открытых обзору стенах сооружения. При необходимости, все измерения можно повторить по фотоснимкам.

При наблюдениях за деформациями получает развитие применение лазерных устройств, основанных на измерении смещений точек относительно светового луча. Например, для определения деформаций крупных сооружений уже используют лазерные интерферометры, позволяющие измерять смещения с ошибкой порядка 10^{-7} – 10^{-8} . Для определения деформаций небольших объектов и отдельных конструкций могут быть использованы методы лазерной голографии, позволяющие записывать изображение предмета на фотопластинку.

8.6. Измерение осадки методом геометрического нивелирования

Измерение осадки зданий или сооружений методом геометрического нивелирования состоит из периодических определений отметок осадочных марок относительно реперов.

Сначала нивелируют ходы I–II классов точности, проложенные между фундаментальными реперами. Если реперы расположены кустами по 2–3 репера в группе, то предварительно реперы нивелируют с одной станции в каждой группе. Расхождение высот для реперов одной группы не должно превышать 0,3–0,5 мм. В дальнейшем в нивелирный ход включают лишь один репер группы, наиболее устойчивый и удобный для выполнения работ. Затем для определения отметок осадочных марок прокладывают нивелирные ходы II–IV классов точности, соединяющие все осадочные марки и репер.

Нивелирование выполняют в соответствии с основными техническими характеристиками и допусками, указанными в табл.5.

При этом соблюдают следующую технологию для различных классов геометрического нивелирования:

I класс – двойным горизонтом, способом совмещения, в прямом и обратном направлениях или замкнутым ходом;

II–III класс – одним горизонтом, способами совмещения и наведения, а также замкнутым ходом;

IV класс – одним горизонтом, способом наведения.

Другие характеристики и допуски геометрического нивелирования представлены в табл.5.

Т а б л и ц а 5

Технические характеристики и допуски геометрического нивелирования

Приборы, технические характеристики и допуски геометрического нивелирования	Класс нивелирования			
	I	II	III	IV
Нивелиры	Н-05	Н-1, Н-2	Н-3	–
Рейки	РН-05 (односторонние инварные штриховые)		РН-3 (двусторонние шашечные)	
Число станций незамкнутого хода, не более	2	3	5	8
Длина визирного луча, м, не более	25	40	50	100
Высота над препятствием, м, не менее	1	0,8	0,5	0,3
Неравенство плеч на станции, м, не более	0,2	0,4	1	3
Накопление неравенства плеч в замкнутом ходе, м, не более	1	2	5	10
Допустимая невязка в замкнутом ходе при числе станций n , мм	$0,15\sqrt{n}$	$0,5\sqrt{n}$	$1,5\sqrt{n}$	$5,0\sqrt{n}$
Предельная ошибка превышения на одной станции, мм, не более	0,3	1	2	4

При нивелировании места установки прибора закрепляют штырями в грунте или гвоздями в асфальте. При повторном нивелировании прибор устанавливают над этими же знаками. При нивелирных ходах одни осадочные марки являются связующими, а другие – промежуточными. На рис.66 представлена схема нивелирного хода, в котором марки 1, 3, 5, 6, 8, 10 являются связующими точками хода, а марки 2, 4, 7, 9 – промежуточными. В кружках показаны номера станций.

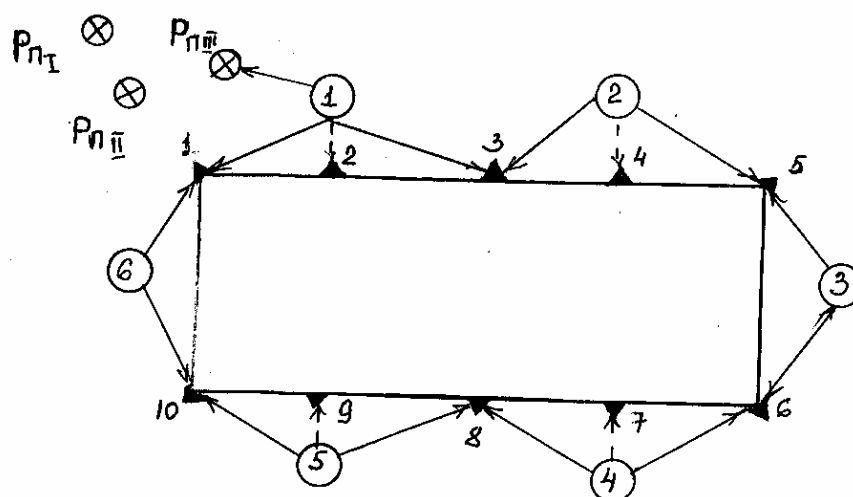


Рис.66. Схема нивелирного хода и расположения осадочных марок

При большом числе осадочных марок, особенно промежуточных, выдержать требование равенства плеч практически невозможно. Уменьшение влияния неравенства плеч выполняют следующими способами:

- соответствующим выбором нивелирных станций;
- введением поправок за угол наклона оси визирования в отсчеты;
- тщательной проверкой главного условия геометрического нивелирования (визирная ось должна быть горизонтальной);
- наблюдением осадочной марки с двух станций.

При окончании нивелирования приступают к камеральной обработке. Определяют превышения между связующими марками на всех станциях хода. По сумме превышений вычисляют невязку всего нивелирного хода и сравнивают её с допустимой. После распределения невязки по исправленным превышениям вычисляют отметки связующих осадочных марок по формуле

$$H_i = H_{i-1} + h_i, \quad (49)$$

где H_i и H_{i-1} – отметки последующей и предшествующей осадочных марок;

h_i – исправленное превышение между этими марками.

Отметки промежуточных марок вычисляют через горизонт прибора соответствующей станции. Отметки осадочных марок данного цикла

измерения выписывают в специальную ведомость осадок (табл.6) и в ней же вычисляют величину осадки каждой марки по формуле

$$S_i = H_0 - H_i, \quad (50)$$

где H_0 – отметка марки в нулевом цикле измерения;

H_i – отметка марки в i -м цикле измерения.

Т а б л и ц а 6

Ведомость отметок и осадок осадочных марок

Номер осадочной марки	Периоды наблюдения				
	нулевой цикл 4.09.10	20.12.10	S , мм	10.03.11	S , мм
	фундамент	1 цикл		2 цикл	
1	88.320	88.305	15	88.283	37
2	88.305	88.292	13	88.271	34
3	88.118	88.091	27	88.081	37
4	88.411	88.390	21	88.372	39
5	88.335	88.319	16	88.300	35
10	87.983	87.965	18	87.950	33

Для наглядного отображения процесса осадки здания или сооружения работу завершают составлением эпюр или графика осадок (рис.67).

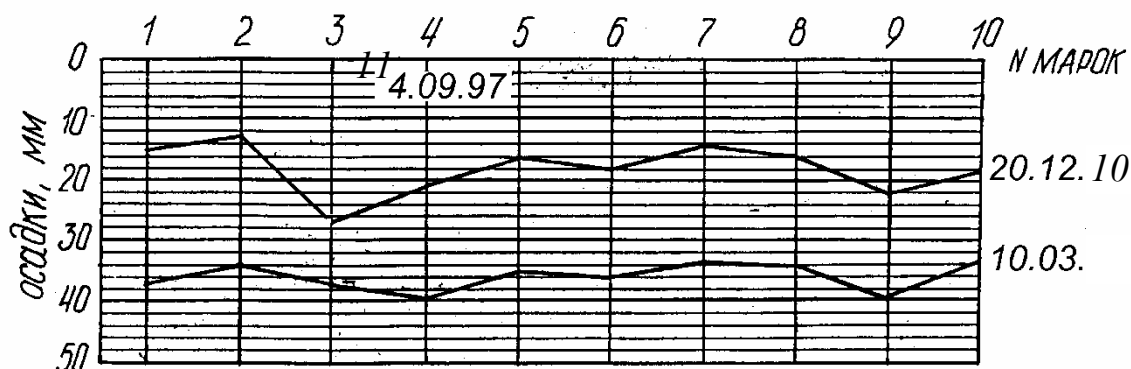


Рис.67. График осадки фундаментов

По вычисленным осадкам определяют основные характеристики деформации зданий и сооружений.

Среднюю осадку здания или сооружения вычисляют по формуле

$$S_{cp} = \sum S/n,$$

где $\sum S$ – сумма величин осадки всех марок;

n – число всех марок.

Относительное значение прогиба (выгиба) вытянутого отрезка фундамента находят по формуле

$$f = \left[(S_2 - S_1) - \frac{l}{L}(S_3 - S_1) \right] / 2, \quad (51)$$

где S_1, S_3 – осадки крайних марок, расположенных на прямой линии, мм;

S_2 – осадка промежуточной марки, мм;

l, L – расстояния от первой крайней марки, соответственно, до промежуточной и второй крайней марок, мм.

Если промежуточная марка расположена посередине между крайними, то $l/L = 1/2$ и $f = (S_2 - S_1 - S_3)/2L$.

При обнаружении на зданиях и сооружениях трещин или швов наблюдения за осадками возобновляют.

8.7. Наблюдения за трещинами

Неравномерные осадки и деформации вызывают появление трещин и швов в несущих конструкциях. Наблюдение за трещинами и швами позволяет определить взаимные перемещения отдельных частей зданий или сооружений и выявить причины, способствующие их появлению.

Для измерения трещин в строительстве пользуются различными приспособлениями и способами для фиксирования удлинения трещин, их глубины и ширины.

Удлинение трещин является основным показателем развития деформаций. При этом характерны небольшие трещины, начало и конец которых должны быть зафиксированы. Определение концов трещин требует особого внимания, так как волосяные трещины без помощи лупы зачастую трудно установить.

При наблюдении концы трещин периодически отмечают поперечными к ним штрихами, сделанными краской или острым инструментом. Рядом со штрихом пишут дату наблюдения. В следующем цикле наблюдений такими же штрихами отмечают новые границы трещин. С помощью миллиметровой линейки измеряют расстояние между смежными поперечными штрихами, то есть фиксируют удлинение трещины.

На рис.68. представлен процесс затухания **а** и развития **б** трещин.

Наряду с этим измеряют ширину раскрытия трещин и с помощью металлического щупа – их глубину.

Измерение ширины трещин выполняют следующими способами:

1. Перпендикулярно трещине наносят прямую линию и короткие штрихи – царапины через каждые 10 мм, идущие параллельно трещине (рис.69). По нанесенным штрихам производят замеры миллиметровой

линейкой в циклах наблюдений и делают выводы о происходящем процессе. Точность измерений составляет 0,3-0,4 мм. Этот способ применяют тогда, когда закрепление всяких заметных приспособлений нежелательно.

2. Наиболее распространено наблюдение за трещинами с помощью маяков различных конструкций, чаще в виде плиток из гипса, алебаstra или цемента, которые закрепляют поперек трещин. Рядом или на маяке пишут дату и номер, а затем через определенное время проверяют. На активной трещине появится разрыв. Дату разрыва отмечают в журнале наблюдения и закрепляют новый маяк. Использование маяков дает только качественные показатели того, что деформации продолжаются или закончились. Недостаток способа – требуется много времени, а данные характеризуются малой точностью.

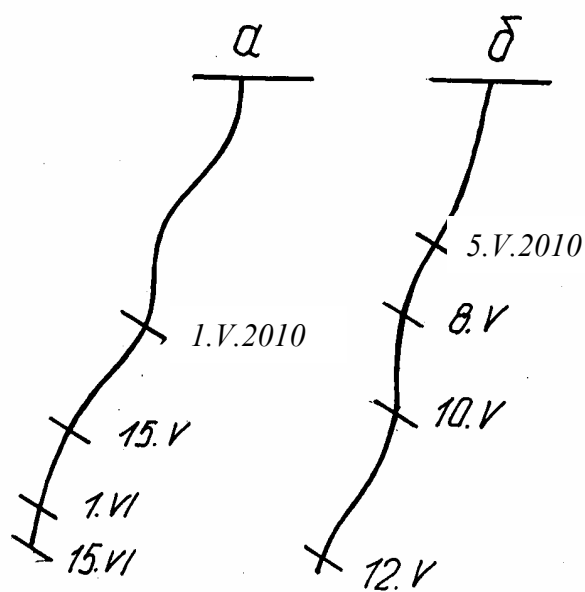


Рис.68. Наблюдения за удлинением трещин

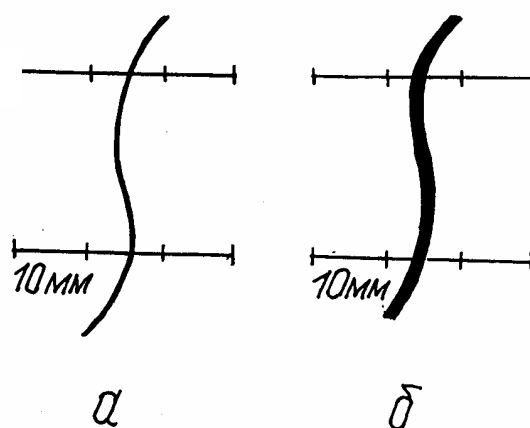


Рис.69. Наблюдения за раскрытием трещин

Для получения количественной характеристики поведения трещин закрепляют более сложные маяки: металлические, снабженные закладными частями для точных измерений; маяки конструкции И.М.Литвинова, которые позволяют наблюдать за раскрытием трещин как на стене, так и в углах конструкций, а также фиксировать вертикальное смещение одной грани трещины по отношению к другой; маяки Ф.А.Беликова, позволяющие определять взаимное смещение сторон трещины в трех направлениях.

Для измерения деформаций в несущих конструкциях зданий и сооружений применяют жесткие шаблоны – деформаторы. Они позволяют измерять расстояние до двух метров между закрепленными марками с точностью от 0,01 до 0,001 мм.

Для измерения ширины деформационных швов применяют щелемеры, а также дилатометрические скобы, разработанные разными авторами.

Наблюдения за трещинами вышеуказанными способами просты и удобны, но они имеют и существенные недостатки: сложность измерений в труднодоступных местах и тяжелых условиях, а также отсутствие возможности автоматизации процесса измерений. Поэтому в отдельных случаях наблюдения за изменением трещин выполняют методом фотограмметрии. Периодические фотоснимки позволяют с высокой достоверностью определять состояние трещин и их развитие.

8.8. Измерение осадки методом гидростатического нивелирования

При измерении осадки методом гидростатического нивелирования используют гидростатический нивелир или стационарную гидростатическую систему. В принципе гидростатическое нивелирование основано на свойстве свободной поверхности жидкости устанавливаться в сообщающихся сосудах на одном уровне.

Гидростатический нивелир состоит из двух стеклянных сосудов цилиндрической формы, соединенных между собой резиновым шлангом (рис.70).

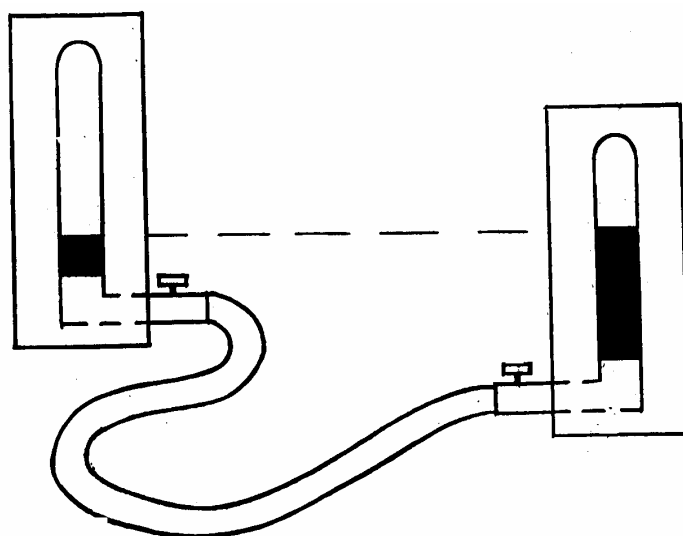


Рис.70. Гидростатический нивелир

Стеклянные сосуды и резиновый шланг заполнены кипяченой подкрашенной водой или спиртом так, что жидкость заполняет лишь половину сосудов при установке их на одинаковой высоте. На оправе сосудов нанесены миллиметровые деления с началом шкал у оснований оправы. В том случае, когда основания сосудов находятся на разных уровнях, превышение будет равно разности отсчетов по шкалам.

Перед использованием нивелир проверяют путем двукратного нивелирования двух точек при установке оснований разных сосудов. Оба результата в пределах точности отсчета должны быть одинаковыми.

Стационарная гидростатическая система (рис.71) состоит из стеклянных трубок-пьезометров 1, закрепляемых к нивелируемой конструкции; переносных измерительных устройств 2, фиксируемых в трубках-пьезометрах; напорного резервуара 3 с контрольным пьезометром и измерительным устройством 4, устанавливаемого в середине гидростатической системы в закрытом помещении на устойчивом фундаменте 5.

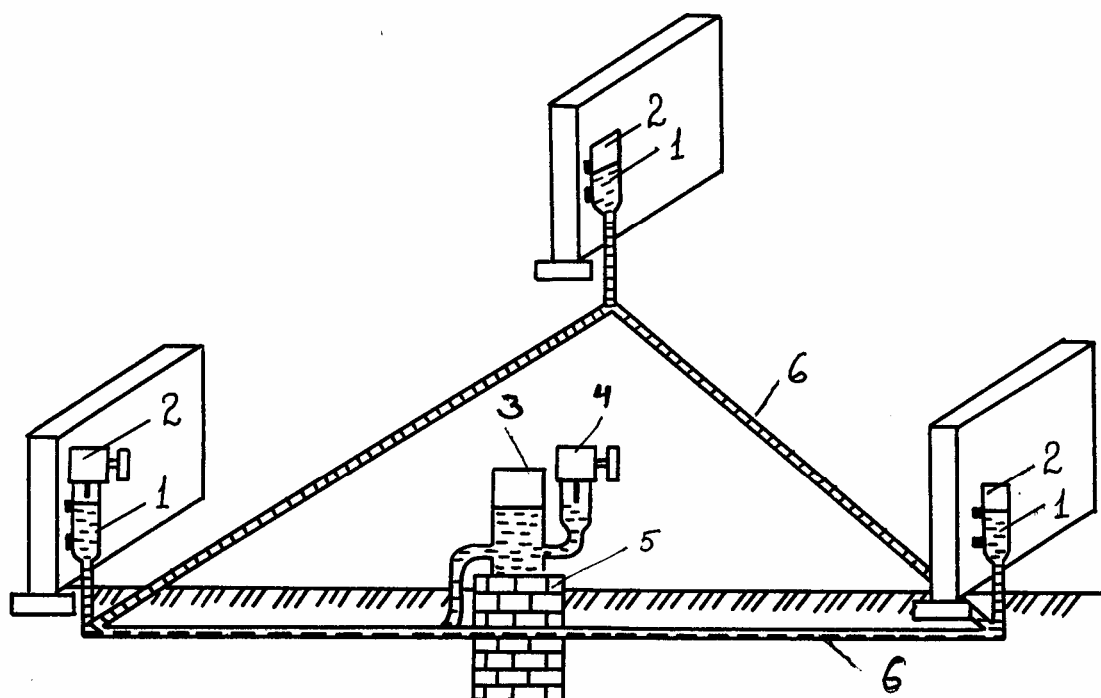


Рис.71. Стационарная гидростатическая система

Пьезометры соединены между собой и с напорным резервуаром резиновыми шлангами 6, уложенными в защитные водопроводные трубы ниже глубины промерзания грунта.

При определении осадки напорный резервуар служит в качестве опорного репера. В резервуар наливается подкрашенная вода, которая по шлангам заполняет всю гидростатическую систему. По измерительным устройствам 4 и 2 берут отсчеты и вычисляют превышения между наблюдаемыми точками. Величину осадки определяют как разность превышений в первоначальном и последующем циклах измерений.

Гидростатическая система позволяет автоматически фиксировать предельные осадки. Для этого измерительные устройства устанавливают на всех пьезометрах, а их иглы закрепляют над жидкостью на расстоянии, соответствующем предельному значению осадки. Иглы соединяют с постоянным источником тока. Во время осадки наблюдаемой точки пьезометр опускается и игла измерительного устройства, соприкасаясь с жидкостью, замыкает электрическую цепь. В это время на пульте загорается сигнальная лампочка.

Гидростатический нивелир, кроме определения осадок, применяют для перенесения отметок в стесненных условиях, приведения плоскостей конструкций и деталей в горизонтальное положение, построения нулевых горизонтов сооружений и технологического оборудования.

Стационарные гидростатические системы применяют при необходимости постоянных наблюдений за осадками крупных промышленных зданий, гидротехнических сооружений и сложного оборудования.

8.9. Наблюдения за горизонтальными смещениями зданий и сооружений

При организации наблюдения за горизонтальными смещениями закрепляют опорные пункты, наблюдательные столбы и деформационные марки.

Опорные пункты размещают за пределами подвижек грунта. По конструкции и закладке они идентичны фундаментальным реперам (см.рис.65,а). Центр сферической головки обозначают насечкой или отверстием небольшого диаметра.

Наблюдательные столбы (рис.72,а) располагают на створе и в триангуляции. В качестве столбов применяют трубы, залитые бетоном, или бетонные монолиты в виде усеченных четырехгранных пирамид 2. Высота выступающей части столба над землей составляет до 1,2 м. В верхние грани столбов 1 вделываются металлические пластинки с тремя пазами-бороздками или концентрическими окружностями для однообразной установки теодолита и визирной марки. Центром столба является точка пересечения пазов. Глубина закладки столбов определяется в каждом конкретном случае, с учетом глубины промерзания грунта и его физико-механических свойств.

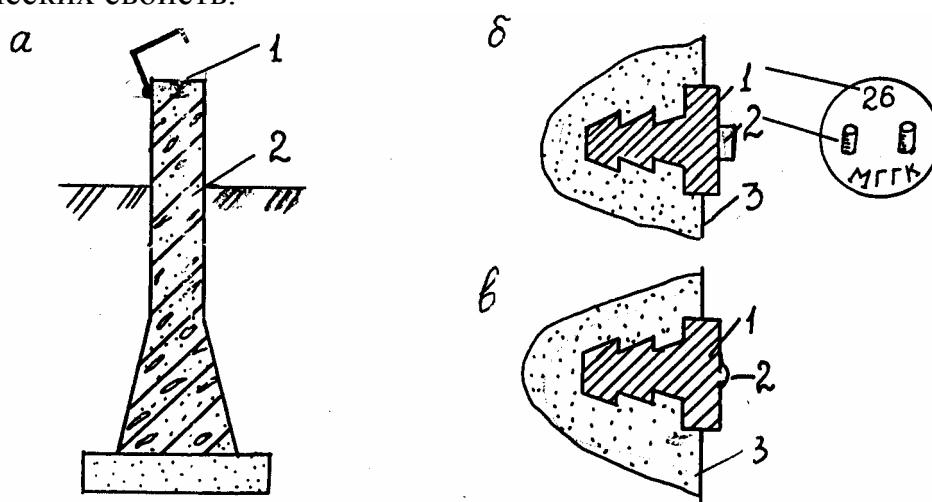


Рис.72. Знаки закрепления точек при наблюдениях за смещениями:
а – наблюдательный столб; б – деформационная марка с ушками для горизонтальной установки линейки; в – деформационная марка с головкой для упора линейки или пятки рейки

Деформационные марки (рис.72,б,в) размещают на зданиях или сооружениях для закрепления наблюдаемых точек. Марки изменяют свое пространственное положение при смещении здания или сооружения.

Деформационная марка представляет собой металлический диск 1, закладываемый в стену 3. Если марка предназначена для горизонтальной установки измерительной линейки, то она имеет специальные ушки 2 (см.рис.72,б) для упоров линейки или полусферическую головку 2 (см.рис.72,в) для упора пятки линейки или рейки.

Марки для визирования теодолитом оборудуются визирными цилиндрами или щитками с раскрашенными симметричными фигурами. Визирные приспособления устанавливают так, чтобы ось цилиндра или линия симметрии фигуры щитка совпадала с отвесной линией точки наблюдения, зафиксированной на марке пересекающимися штрихами или центром небольшой окружности.

Допустимая погрешность измерения горизонтальных смещений зданий или сооружений зависит от их типа, свойств грунта, скорости смещения и класса точности измерения (см. табл.4).

Наблюдения за смещениями, так же, как и за осадками, выполняют циклами. В период строительства первый цикл проводят до воздействия на здание или сооружение горизонтальных сил. Последующие циклы осуществляют по программе наблюдений, а в период эксплуатации зданий или сооружений – не менее двух раз в год (весной и осенью).

Наблюдения прекращают, когда скорость смещения становится менее 2 мм в год, но возобновляют при появлении деформаций.

Горизонтальные смещения чаще всего определяют следующими геодезическими методами: створным, тригонометрическим – триангуляции и засечек, а также комбинированным.

Створным методом определяют смещение прямолинейных контуров зданий и сооружений – ряда фундаментов или колонн зданий, плотин и т.п., а также смещение оползневых пород, то есть в тех случаях, когда наблюдаемые точки можно закрепить на одной линии створа. Сущность створного метода заключается в измерении методом бокового нивелирования величин C_1 , C_2 и C_3 (рис.73), представляющих собой отклонения наблюдаемых точек 1, 2, 3 от створа опорных знаков A и B . Отклонения часто определяют по рейке с миллиметровыми делениями, поставленной перпендикулярно к створу AB . При этом над опорным пунктом A (рис.73,а) устанавливают теодолит и наводят крест сетки нитей на визирную цель марки над опорным пунктом B . Берут отсчеты C_1 , C_2 и C_3 при двух положениях круга теодолита по измерительной рейке, приставленной пяткой к наблюдаемой точке. По полученным отсчетам определяют средние значения и записывают их в ведомость смещений (табл.7). После дальнейших аналогичных измерений вычисляют величину смещения как разность отсчетов по рейке в начальном и наблюдаемом периодах времени.

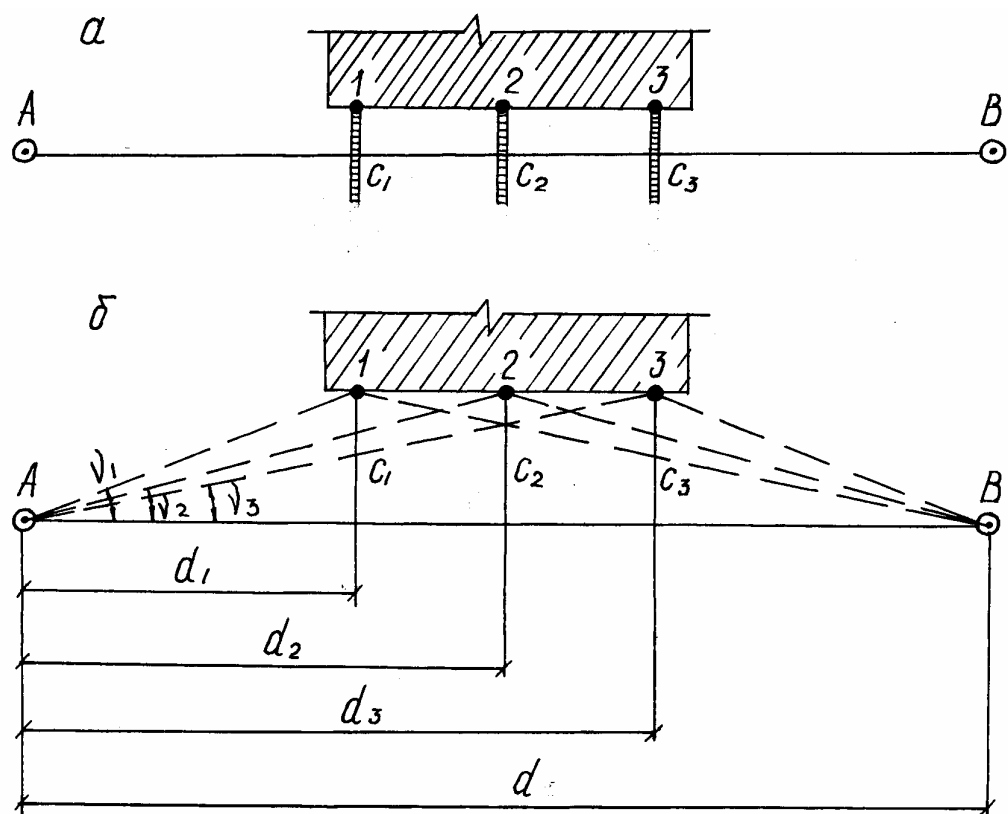


Рис.73. Схема наблюдения за смещениями створным методом:
а – с помощью измерительной рейки;
б – путём измерения малых углов

Т а б л и ц а 7

Ведомость горизонтальных смещений

Номер марки	Периоды наблюдения				
	10.05.10	5.09.10		16.04.11	
	отсчет по рейке, мм	отсчет по рейке, мм	смещение, мм	отсчет по рейке, мм	смещение, мм
1	403,5	410,0	–6,5	414,0	–10,5
2	388,0	392,5	–4,5	396,5	–8,5
3	396,0	391,0	+5,0	387,0	+9,0

При небольшой длине створов (до 250 м) можно использовать горизонтальные шашечные или штриховые реечки и прибор с плоскопараллельной пластинкой. Прибор, установленный в одном конце створа, наводится на марку другого конца створа, а в промежуточных точках ставится реечка, по которой определяется величина отклонения точки от створа.

Для повышения точности измерений линию створа закрепляют от наблюдаемых точек на расстоянии до 0,6 м. С этой же целью для точности взятия отсчета используют подвижную визирную марку. В этом случае отсчеты берут по шкале марки, установленной на наблюдаемых точках, а

величиной отклонения считают разность отсчетов по индексу при установке марки в створе AB и в наблюдаемых точках 1, 2, 3.

Иногда отклонение C_i определяют путем измерений малых углов ν_i и расстояния d_i (рис.73,б) по формуле

$$C_i = d_i \operatorname{tg} \nu_i \approx d_i \frac{\nu_i''}{\rho''}. \quad (52)$$

При измерении малых углов ν_i в контрольных точках устанавливают неподвижную марку. Измерения углов, близких к 180° , выполняют оптическими теодолитами Т1, Т2 и др.

Надежность определений в последнем случае зависит от точности измерения малого параллактического угла ν_1 , а расстояние d_1 может быть измерено нитяным дальномером. При расчете необходимой точности измерения параллактического угла ν_1 нужно учитывать, что ошибка в $1''$ вызывает ошибку в величине поперечного смещения (0,5 мм на каждые 100 м расстояния).

Результаты наблюдений по створам, расположенным по верху сооружений, искажаются из-за изменения температуры воздуха, поэтому наблюдения следует вести по нескольким створам на верху сооружения, расположенным симметрично оси верхней его грани или на разных горизонтах сооружения.

Наблюдения створным методом отличаются удобством, простотой, производительностью и достаточной точностью результатов измерений. Этому методу присущи недостатки в том, что смещения определяются только в одном направлении (по оси X), перпендикулярном к створу AB , а близкое к наблюдаемым точкам расположение опорных пунктов не дает полной уверенности в их неподвижности, а значит, и надежности результатов измерений.

При большом уклонении наблюдаемых точек от створа, больших разностях их высот или при расположении точек в различных местах сооружения горизонтальные смещения определяют методами триангуляции и направлений, а также комбинированным методом (рис.74).

В каждом цикле наблюдений относительно опорных пунктов A и B методом триангуляции (рис.74,а) определяют координаты наблюдательных столбов I, II, III, закрепленных на сооружении (например плотине). По разности координат вычисляют горизонтальное смещение столбов I, II, III по направлениям осей X и Y . Длину базиса AB измеряют с высокой точностью (например светодальномером).

Вектор смещения вычисляют как диагональ прямоугольника (рис.74,б) со сторонами ΔX и ΔY , то есть $\Delta = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$.

При наблюдениях за смещением наблюдаемых точек методом отдельных направлений (рис.74,в) выполняют повторные измерения горизонталь-

ных углов в опорных пунктах A и B , а координаты точек 1, 2 и 3 вычисляют угловыми засечками.

При отклонении направлений $A1$ и $B1$, $A2$ и т.д. от здания до 8° ошибка в определении смещения не будет превышать 1:100 её значения.

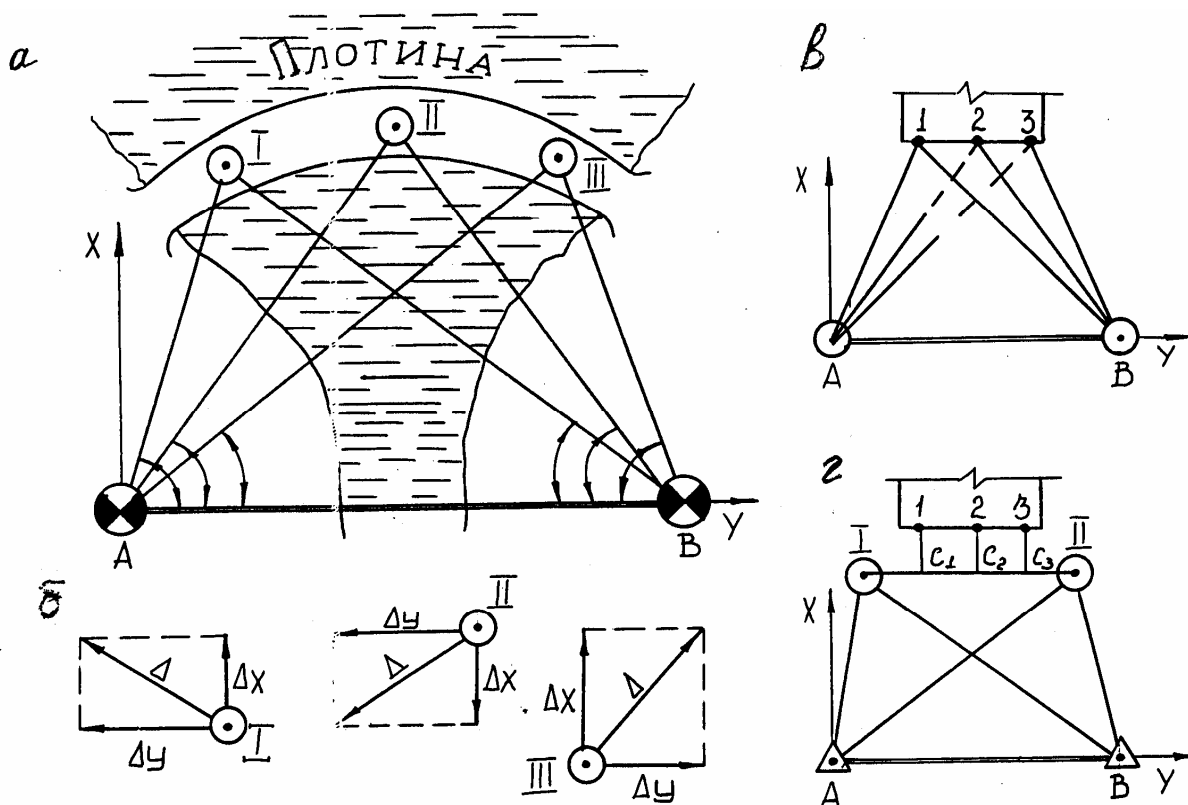


Рис.74. Схема наблюдений за горизонтальными смещениями:
а – метод триангуляции; б – схема смещения наблюдательных столбов;
в – метод отдельных направлений; г –комбинированный метод

Метод отдельных направлений применяют в тех случаях, когда на здании или сооружении невозможно закрепить створ. Этот метод не такой точный, как метод триангуляции, но он менее трудоёмок. Оба метода позволяют определять смещения точек по осям X и Y с высокой достоверностью, но по сравнению с методом створов они отличаются большим объемом измерений и их обработкой.

Если концевые точки створа включают в триангуляционную сеть, то применяют комбинированный метод наблюдения за смещениями (рис.74,г). Этот метод совмещает в себе надежность метода триангуляции и простоту створного метода. Каждый цикл створных наблюдений сопровождается определением координат концевых точек вспомогательного створа I–II и измерением отклонения C_1 , C_2 и C_3 от него наблюдаемых точек 1, 2 и 3.

Если смещения концевых точек створа по оси X не превышают погрешностей определения координат в триангуляции, то смещения наблюдаемых точек находят створным методом по формуле (52). В противном

случае в результаты измерения отклонений наблюдаемых точек от створа вводят поправки.

При комбинированном методе наблюдений в сравнении с методом триангуляции уменьшается объём измерений, в сравнении со створным методом – выше достоверность результатов измерений за счет определения возможных смещений концевых точек вспомогательного створа.

Традиционные методы контроля смещения, например плотины, очень трудоёмки. Использование же лазерной автоматической системы (ЛАС) позволяет автоматизировать процесс измерений и обеспечить оперативность получения информации в текущий момент времени.

8.10. Измерение кренов зданий и сооружений

Крен зданий и сооружений измеряют несколькими способами: вертикального проецирования с использованием отвеса, теодолита или прибора оптического вертикального визирования; горизонтальных углов, угловых засечек.

Общая схема измерения крена (отклонения) способом вертикального проецирования состоит в перенесении по отвесной линии верхней точки B здания (рис.75,а) на исходную горизонтальную плоскость. Отклонение точки B' от исходной точки A здания характеризует линейную l и угловую α величины крена.

Самым простым способом проецирования является использование тяжёлого отвеса. Его закрепляют в точке B , а отклонения нити отвеса от исходной точки A здания измеряют миллиметровой линейкой в двух взаимно перпендикулярных плоскостях здания и вычисляют общую линейную величину крена по формуле

$$l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}. \quad (53)$$

Относительную величину крена вычисляют по формуле

$$i = \frac{l}{h}, \quad (54)$$

где h – высота здания, м.

Угловую величину крена α , которая определяет его направление, вычисляют по формуле

$$\alpha = \arctg \frac{\Delta y}{\Delta x}. \quad (55)$$

В связи с неудобствами, связанными с закреплением отвеса в верхних точках, а также влиянием действия ветра на величину отклонения нити отвеса от вертикали, его используют при высоте зданий и сооружений до 15 м.

При большей высоте, а также для повышения точности измерения крена вертикальное проецирование верхних точек выполняют с помощью теодолита. Его устанавливают над постоянным знаком на продолжении стены здания примерно на расстоянии двойной его высоты. Выбирают в верхней части стены хорошо различаемую точку B (рис.75,б), наводят на неё зрительную трубу, которую затем опускают вниз. По вертикальной нити зрительной трубы на миллиметровой линейке берут отсчет, измеряя тем самым отклонение точки B' от исходной точки A на величину ΔY . Аналогично измеряют отклонение ΔX в другой вертикальной плоскости и вычисляют общую линейную l и угловую α величины крена по формулам (53) и (55).

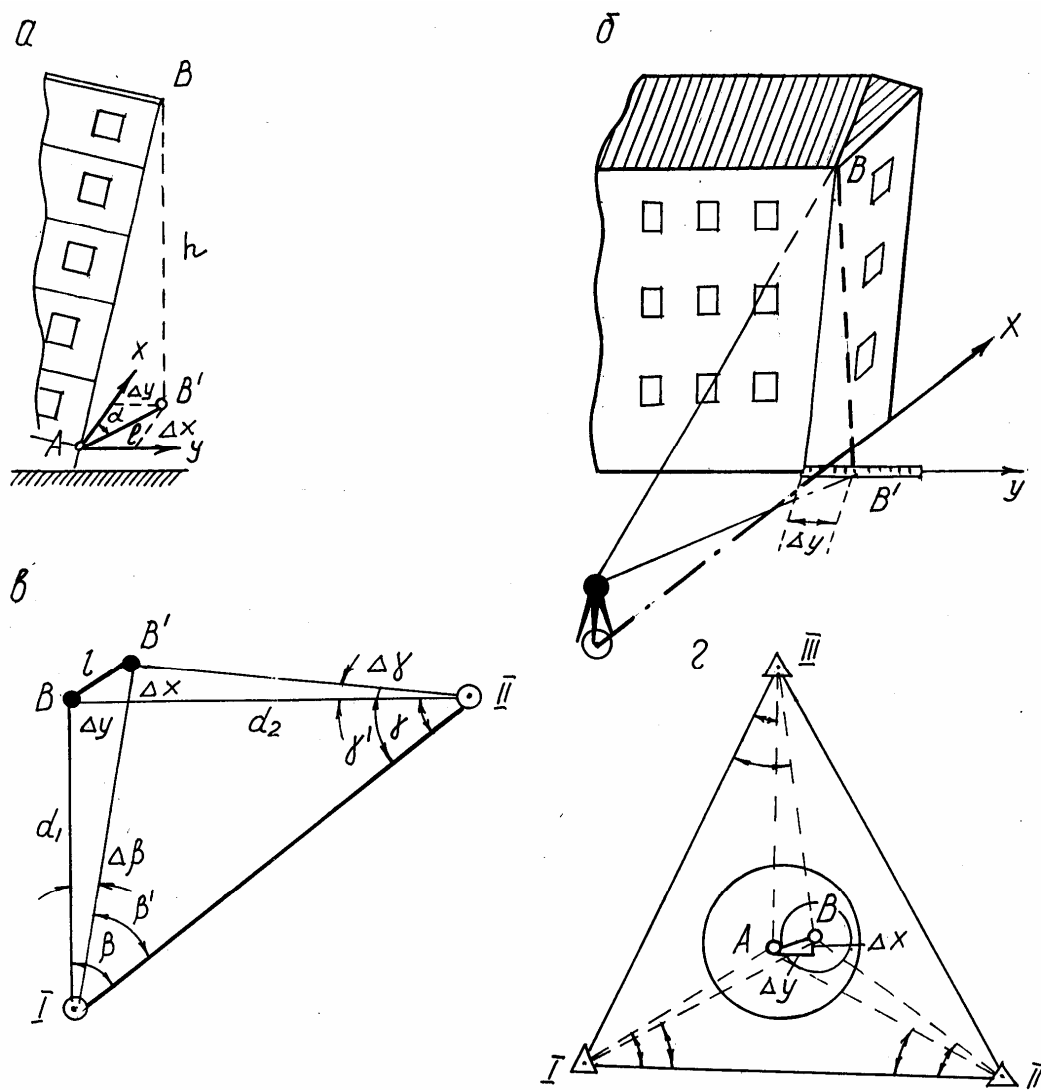


Рис.75. Схема измерения кренов зданий и сооружений:
а – общий случай способа вертикального проецирования;
б – с помощью теодолита; в – способом горизонтальных углов;
г – способом угловых засечек

Наблюдения за изменениями величины крена и его направлением выполняют периодическими измерениями с одних и тех же постоянных знаков.

При измерении кренов зданий и сооружений высотой до 100 м используют приборы оптического вертикального визирования, которые позволяют определять составляющие крена с точностью до 1 мм.

При измерении кренов способом горизонтальных углов (рис.75,в) с закрепленных постоянных знаков I–II высокоточным теодолитом периодически измеряют горизонтальные углы β и γ между опорными направлениями I–II, II–I (или другими постоянными точками на местности) и направлениями на наблюдаемую верхнюю точку здания B . По разности углов β и γ между циклами измерений вычисляют составляющие крена ΔX и ΔY по формулам:

$$\Delta X = \frac{d_1 \Delta \beta}{\rho''}; \quad \Delta Y = \frac{d_2 \Delta \gamma}{\rho''}, \quad (56)$$

где d_1 и d_2 – горизонтальные проложения от теодолита до наблюдаемой точки B ;

$$\Delta \beta = \beta - \beta'; \quad \Delta \gamma = \gamma - \gamma'.$$

Общий крен и его направление вычисляют по формулам (53) и (55).

При измерении крена способом угловых засечек (рис.75,г) вокруг сооружения на расстоянии не менее одной и не более двух его высот закрепляют опорные пункты I, II и III, прокладывают полигонометрический ход и методом триангуляции вычисляют их координаты. С этих пунктов прямой угловой засечкой определяют координаты точек A и B по оси сооружения у его основания и на вершине (или только на вершине).

При измерении углов принимают во внимание, что ошибка в одну секунду создает погрешность в определении крена до 0,5 мм на каждые 100 м расстояния. Для определения направления на наблюдаемую точку около измеренных углов ставят букву «Л» или «П», обозначающую расположение точки A слева или справа относительно створа со станции на точку B .

По разности координат точек A и B (или одной точки B) в начальном и последующих циклах наблюдений вычисляют составляющие отклонения ΔX и ΔY за данный промежуток времени:

$$\Delta X = X_i - X_o; \quad \Delta Y = Y_i - Y_o. \quad (57)$$

Общие линейную l и угловую α величины крена определяют по формулам (53) и (55).

Способ угловой засечки в основном применяют при определении кренов сооружений башенного типа (дымовых труб, силосных башен, мачт и других вертикальных линий).

При наблюдениях за кренами зданий и сооружений предельная погрешность измерений составляет: для стен гражданских и промышленных зданий – 0,0001 h ; для дымовых труб, башен, мачт – 0,0005 h , где h – высота здания или сооружения.

Для измерения крена колонн высотой до 5 м используют отвес, а для более высоких – теодолит (рис.76). Его устанавливают на двух взаимно перпендикулярных направлениях разбивочных осей колонны на расстоянии $1,5h$ её высоты. Наводят вертикальную нить зрительной трубы на верхнюю монтажную риску колонны A' . Проецируют её на миллиметровую линейку, горизонтально приложенную началом шкалы к нижней монтажной риске A , и устанавливают величину отклонения ΔY . Эту операцию повторяют при другом положении круга теодолита и находят среднее значение ΔY . Таким же образом устанавливают среднее значение ΔX с другой станции. Общую величину крена l и направление его (относительно оси A) определяют по формулам (53) и (55)

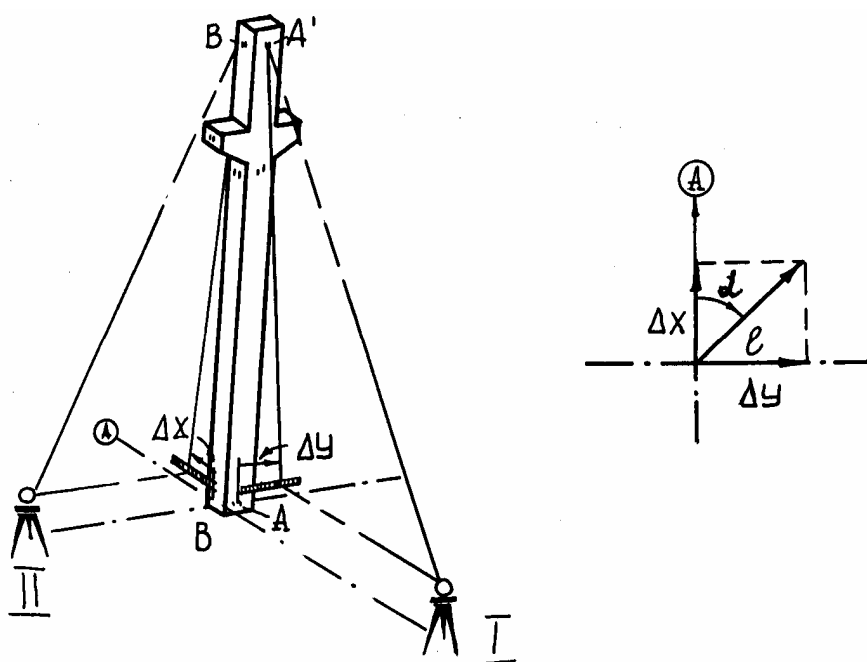


Рис.76. Схема измерения крена колонны

8.11. Измерение деформаций фотограмметрическим методом

Недостатком всех рассмотренных методов измерения осадок, горизонтальных смещений и кренов является то, что измеряется лишь одно смещение – вертикальное или горизонтальное. В отличие от применяемых методов измерения метод фотограмметрической съемки дает возможность одновременно и, что важно, одним прибором измерять смещения неограниченного количества наблюдаемых точек здания или сооружения по двум направлениям координатных осей: по вертикали Z и слагающей горизонтального смещения X , а стереофотограмметрический метод – по трём направлениям: Z , X и Y (рис.77).

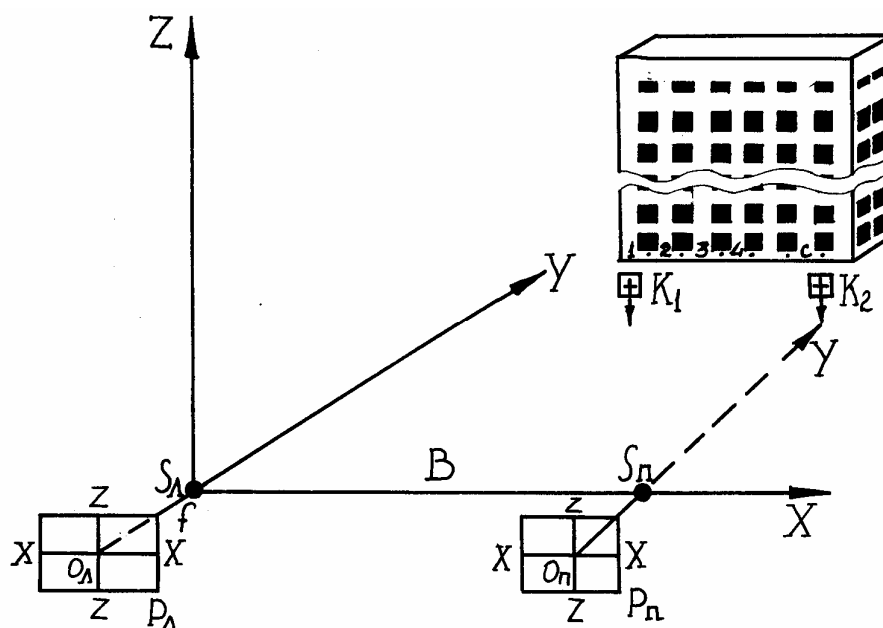


Рис.77. Схема измерения смещений фотограмметрическим методом

Определение деформаций зданий и сооружений фотограмметрическим методом выполняют с помощью фототеодолита и стереофотограмметрических приборов. Наблюдаемые точки $1, 2, 3 \dots n$ периодически фотографируют с концов одного и того же базиса фотографирования при одном и том же положении оптических осей фотокамеры.

Для определения смещений наблюдаемых точек в вертикальной плоскости фотосъемку выполняют с одной станции базиса S_A и S_B . Тогда смещение наблюдаемых точек в вертикальном ΔZ и горизонтальном ΔX направлениях будет равно:

$$\begin{aligned}\Delta Z_i &= Z_i - Z_o = \frac{\Psi}{f} Z_i - \frac{\Psi}{f} Z_o = \frac{\Psi}{f} \Delta Z; \\ \Delta X_i &= X_i - X_o = \frac{\Psi}{f} X_i - \frac{\Psi}{f} X_o = \frac{\Psi}{f} \Delta X,\end{aligned}\tag{58}$$

где X_i, Z_i, X_o и Z_o – координаты i -й точки здания в последующем и начальном циклах измерений;

X_i, Z_i, X_o и Z_o – координаты i -й точки здания на фотоснимке в последующем и начальном циклах измерений;

$\Delta X, \Delta Z$ – смещения точки вдоль осей X и Z на фотоснимке между циклами измерений;

Ψ – расстояние фототеодолита от наблюдаемых точек;

f – фокусное расстояние фотокамеры.

П р и м е ч а н и е . ΔX и ΔZ измеряются по фотоснимкам на стереокомпараторе, а Ψ – стальной лентой или рулеткой.

Для определения смещения наблюдаемых точек по трем направлениям координатных осей фотосъемку выполняют с двух станций $S_{\text{л}}$ и $S_{\text{п}}$ базиса B . На стереокомпараторе по двум перекрывающимся фотоснимкам (стереопаре) измеряют фотограмметрические координаты наблюдаемых точек и их горизонтальный параллакс, по которым затем вычисляются пространственные координаты и их смещения. При этом в левую кассету всегда закладывают начальный фотоснимок, а в правую – фотоснимок последующего наблюдения и тем самым определяют величину суммарного смещения на момент последнего наблюдения.

Смещение наблюдаемой i -й точки по направлению осей Y , X и Z , будет равно:

$$\begin{aligned}\Delta Y_i &= Y_i - Y_o = Bf \left(\frac{1}{P_i} - \frac{1}{P_o} \right); \\ \Delta Z_i &= Z_i - Z_o = B \left(\frac{Z_i}{P_i} - \frac{Z_o}{P_o} \right); \\ \Delta X_i &= X_i - X_o = B \left(\frac{X_i}{P_i} - \frac{X_o}{P_o} \right),\end{aligned}\tag{59}$$

где P_i и P_o – горизонтальные параллаксы точек в последующем и начальном циклах измерений, равные разностям абсцисс одноименных точек на левом и правом фотоснимках.

Погрешность определения величин смещения ΔX , ΔY и ΔZ в основном зависит от неизменности положения станций фотографирования $S_{\text{л}}$ и $S_{\text{п}}$, правильности ориентирования оптической оси фотокамеры в пространстве, величины отстояния базиса фотографирования от наблюдаемых точек, а также от длины базиса B . Поэтому фотокамеру закрепляют на стационарных штативах или тумбах, обеспечивающих точную её установку в ту же точку.

Правильность установки камеры контролируют сравнением координат неподвижных контрольных точек K_1 , K_2 на снимках начального и последующего циклов.

Для равномерного охвата наблюдений базис фотографирования (или несколько базисов) располагают от здания на оптимальном расстоянии, которое определяется резкостью изображения, площадью съемки, а также необходимостью создания прямой видимости между концами базисов для более точного их координирования. Длина базиса определяется по формуле

$$B = Y^2 \frac{m_p}{m_{\psi} f},\tag{60}$$

где m_p и m_{ψ} – погрешности определений горизонтального параллакса и расстояния фототеодолита от наблюдаемых точек.

Из формулы (60) следует, что чем больше длина базиса B , тем меньше погрешность m_{ψ} . Предельный параллактический угол, при котором возможно стереоскопическое восприятие, равен 150° . При таком значении угла отстояние фототеодолита $\Psi \approx 4B$.

При строгом соблюдении всех требований, предъявляемых к производству фототеодолитной съёмки, деформации зданий и сооружений определяют с точностью до 1-3 мм при удалении базиса фотографирования от наблюдаемых точек на 10–20 м.

Наблюдаемые точки фиксируют на зданиях деформационными марками в виде откраски точек с указанием номера. С этой целью используют хорошо опознаваемые точки дверных и оконных проемов или других конструктивных элементов.

В отдельных случаях для более полной характеристики деформаций её величины, определенные методом фотограмметрии, рекомендуется сопоставлять с результатами наблюдений за осадками здания, полученными методом высокоточного геометрического нивелирования.

Вопросы для самоконтроля знаний

1. Для чего необходимо выполнять наблюдение за деформациями зданий и сооружений геодезическими методами?
2. Состав процесса наблюдения за деформациями на этапах подготовительной работы и непосредственного измерения.
3. Что включает в себя рабочая программа наблюдения за деформациями?
4. Порядок размещения и закрепления геодезических знаков для наблюдения за осадками.
5. Обоснование периодичности и точности геодезических измерений деформаций.
6. Какие методы геодезических измерений осадок вы знаете?
7. Сущность и содержание измерения осадки методом геометрического нивелирования.
8. Какими способами можно уменьшить влияние неравенства плеч при нивелировании осадочных марок?
9. Сущность наблюдения за трещинами и швами несущих конструкций.
10. В чем суть измерения осадки методом тригонометрического нивелирования?
11. Сущность наблюдения за горизонтальным смещением зданий створным методом.
12. Назовите способы измерения кренов зданий.
13. Порядок измерения крена здания способом вертикального проецирования.
14. Как измерить крен колонны?
15. Порядок измерения смещения здания фотограмметрическим методом.

9. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ, ПОВЕРКИ, ЮСТИРОВКИ И РАБОТА С НИМИ

9.1. Оптические теодолиты

Согласно ГОСТ 10529–96 в зависимости от точности измерения горизонтальных углов теодолиты могут быть разделены на три типа:

1. Высокоточные ТТ, предназначенные для измерения углов в триангуляции и полигонометрии 1 и 2-го классов.

2. Точные Т2 – для измерения углов в триангуляции и полигонометрии 3 и 4-го классов; Т5 – для измерения углов в триангуляционных сетях и полигонометрии 1 и 2-го разрядов.

3. Технические Т15, Т30 и Т60 – для измерения углов в теодолитных и тахеометрических ходах и съемочных сетях, а также для выполнения разбивочных работ на местности.

В условных обозначениях теодолитов цифра означает среднюю квадратическую погрешность измерения горизонтального угла одним приемом в секундах; для теодолита $T5m_{\beta}=5''$, для $T30m_{\beta}=30''$ и т.д. В них с помощью оптической системы изображения горизонтального и вертикального кругов передаются в поле зрения специального микроскопа.

Отечественной промышленностью выпускаются только оптические теодолиты. Взамен теодолитов серии Т налажен выпуск более совершенных теодолитов унифицированных серий 2Т, 3Т и 4Т (например: 2Т2, 2Т5, 2Т15, 2Т30, 3Т2, 3Т5, 4Т15, 4Т30 и др.).

По конструкции системы вертикальных осей горизонтального круга теодолиты подразделяются на *неповторительные* и *повторительные*.

У *неповторительных* теодолитов лимбы имеют только закрепительные винты либо приспособления для поворота и закрепления его в различных положениях. *Повторительные* теодолиты имеют специальную повторительную систему осей лимба и алидады, позволяющую лимбу совместно с алидадой вращаться вокруг своей оси. Такой теодолит позволяет поочередным вращением алидады несколько раз откладывать (повторять) на лимбе величину измеряемого горизонтального угла, что повышает точность измерений.

По назначению различают следующие типы теодолитов.

1. *Геодезические теодолиты* – для измерения горизонтальных и вертикальных углов.

2. *Тахеометры* – для измерения горизонтальных и вертикальных углов и определения расстояний при помощи нитяного дальномера или оптических дальномерных насадок, что позволяет выполнять с их помощью та-

хеометрическую съемку. Все технические теодолиты являются тахеометрами.

3. *Теодолиты специального назначения:* астрономические универсальные теодолиты (АУ2»/ 10», АУ2» / 2») – для определения широты, долготы и азимутов из астрономических наблюдений; маркшейдерские теодолиты (Т15М, Т30М, 2Т30М) для измерений в подземных горных выработках; специализированные теодолиты – гиротеодолиты, фототеодолиты, лазерные и электронные теодолиты.

В строительстве наибольшее распространение получили модификации оптических теодолитов типов Т2КП, Т5КП, Т30П, но их вытесняют электронные тахеометры. В соответствии с принципом измерения горизонтального и вертикального углов конструкция теодолита должна включать следующие части (рис. 78).

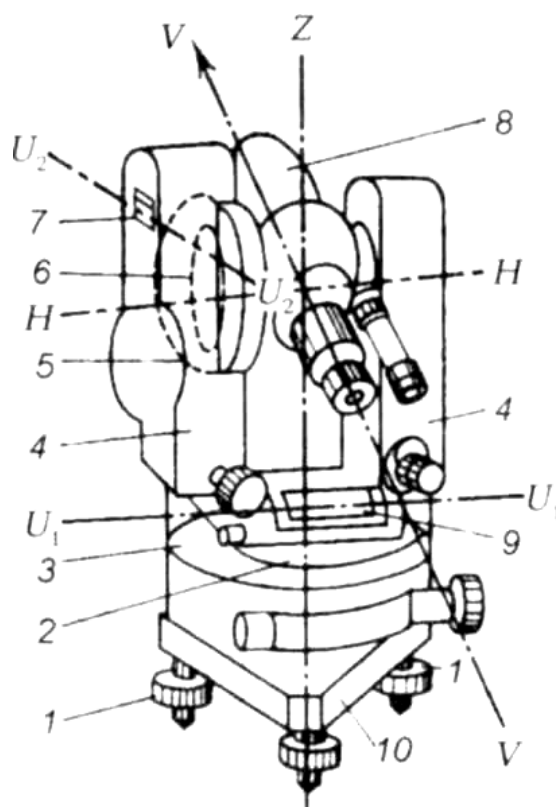


Рис. 78. Принципиальная схема теодолита

Основной частью теодолита является механическая конструкция, состоящая из *лимба 3* и *алидады 2*, вращающаяся вокруг вертикальной оси прибора *ZZ*. В процессе измерения горизонтального угла плоскость лимба должна быть горизонтальной, а его центр – устанавливаться на отвесной линии, проходящей через вершину измеряемого угла.

Отвесная линия ZZ, проходящая через ось вращения алидады горизонтального круга, называется осью вращения теодолита.

Ось вращения теодолита *ZZ* устанавливается в отвесное положение (плоскость лимба – в горизонтальное положение) по *цилиндрическому*

уровню 9 с помощью *трех подъемных винтов 1* *подставки 10*. Лимб и алидада снабжены *зажимными (закрепительными) винтами*, служащими для закрепления их в неподвижном положении, и *наводящими винтами* для их медленного и плавного вращения.

Визирование на наблюдаемые цели осуществляется *зрительной трубой 5*, визирная ось *IV* которой при вращении трубы вокруг горизонтальной оси *HH* образует проектирующую плоскость, называемую *коллимационной*. Зрительная труба соединена с алидадой горизонтального круга с помощью *колонки 4*. На одном из концов оси вращения зрительной трубы закреплен *вертикальный круг 5*, на алидаде 6 которого имеется цилиндрический уровень 7. Зрительная труба имеет закрепительный и наводящий винты.

При измерениях теодолит обычно устанавливается на штативе. Штатив состоит из металлической верхней части – головки и трех раздвижных (переменной длины) деревянных ножек. Концы ножек снабжены металлическими острыми наконечниками для вдавливания их в грунт и надежного закрепления над точкой. Теодолит закрепляется на штативе ставным винтом. К крючку станového винта крепится нить отвеса, служащая продолжением вертикальной оси вращения прибора *ZZ*.

В настоящее время из всех типов оптических теодолитов в строительстве наибольшее распространение получили Т30, Т2, Т5 и их модификации.

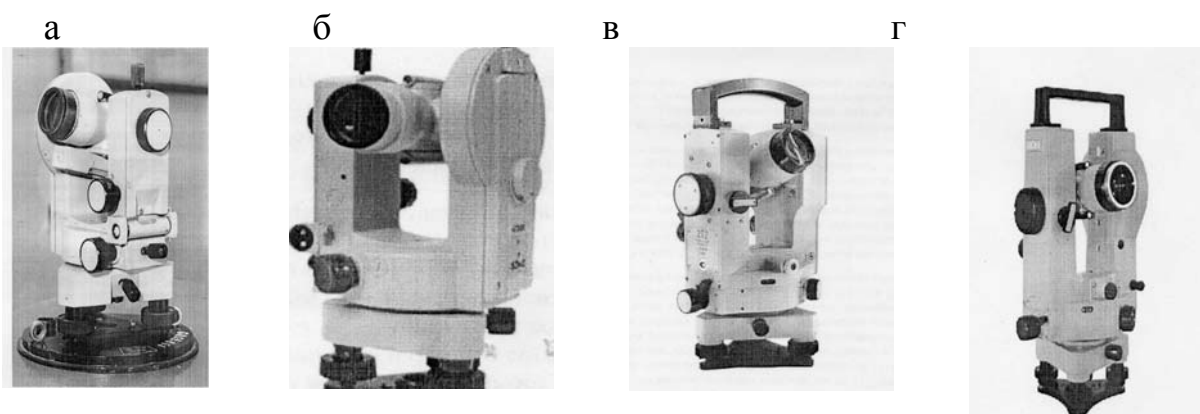


Рис.79. Теодолиты:
а – Т30, , б – 4Т30П, в – 2Т2, г – 2Т5КП

Теодолит Т30 (рис. 79, а) является малогабаритным повторительным теодолитом закрытого типа. Он устанавливается на головку штатива вместе с круглым основанием металлического упаковочного футляра и прикрепляется станovým винтом. К основанию наглухо прикреплена подставка 8 с тремя подъемными винтами. Лимб и алидада имеют зажимные (на рис.79 не видны) и наводящие винты. Зажимные (закрепительные) винты лимба и алидады обеспечивают как совместное, так и раздельное

вращение этих частей теодолита, что позволяет измерять углы способами приемов и повторений. Полая (в смысле конструкции) вертикальная ось теодолита дает возможность использовать зрительную трубу для центрирования прибора над точкой.

На корпусе алидады установлен цилиндрический уровень, с помощью которого ось вращения прибора приводится в отвесное положение подъемными винтами. Так как алидада вертикального круга не имеет уровня, то уровень горизонтального круга располагается параллельно коллимационной плоскости. Внутри колонки закреплены втулки, в которых вращается ось зрительной трубы. К корпусу трубы прикреплен вертикальный круг. Вертикальный круг снабжен зажимным (закрепительным) 5 и наводящим 6 винтами.

Зрительная труба с внутренним фокусированием имеет увеличение 20х и оснащена просветленной оптикой. Фокусирование трубы осуществляется вращением кремальеры, установка сетки нитей по глазу наблюдателя – вращением диоптрийного кольца окуляра. Перемещение сетки нитей производится при помощи юстировочных винтов, закрываемых защитным колпачком. По обе стороны трубы имеются оптические визиры для ее грубого наведения на наблюдаемые предметы.

Горизонтальный и вертикальный угломерные круги диаметром 70 мм – стеклянные. Круги разделены делениями от 0 до 360° через 10', каждое градусное деление оцифровано. С помощью специальной оптической системы изображение горизонтального и вертикального кругов передается в поле зрения отсчетного микроскопа-оценщика (рис. 79), окуляр которого расположен рядом с окуляром зрительной трубы. Отсчет и оценка долей наименьшего деления круга производятся по неподвижному индексу. Угломерные круги освещаются при помощи вращающегося зеркала 3.

Для наблюдения предметов, расположенных под углом более 45° к горизонту, а также для центрирования теодолита над точкой используются окулярные насадки, надеваемые на окуляры зрительной трубы и отсчетного микроскопа. Теодолит снабжен съемной буссолью, устанавливаемой в посадочный паз на боковой крышке вертикального круга.

В 1981 г. теодолит ТЗ0 заменен новой моделью 2ТЗ0, которая отличается от базовой применением шкалового микроскопа с пятиминутной ценой деления шкал горизонтального и вертикального кругов. Это дает возможность брать отсчеты по лимбам с точностью до 0,5'.

На рис. 80 и 81 показано поле зрения микроскопов отсчетных устройств теодолитов 2ТЗ0, 2ТЗ0П, 2Т5, 2Т5К, 2Т5КП и приведены примеры взятия отсчетов.

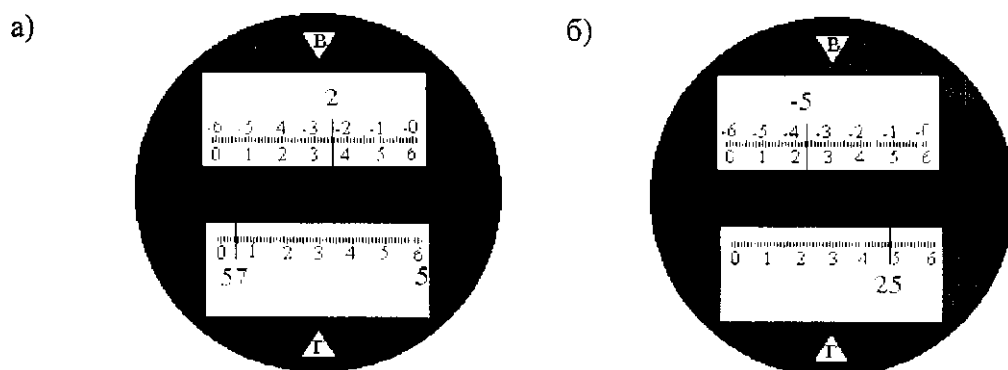


Рис.80. Поле зрения микроскопа отсчетного устройства теодолитов 2Т5, 2Т5К, 2Т5КП:

а – отсчет по горизонтальному кругу $25^{\circ}47,2'$; отсчет по вертикальному кругу $53^{\circ}6,2'$;
 б – отсчет по горизонтальному кругу $57^{\circ}04,5'$; отсчет по вертикальному кругу $2^{\circ}35,3'$

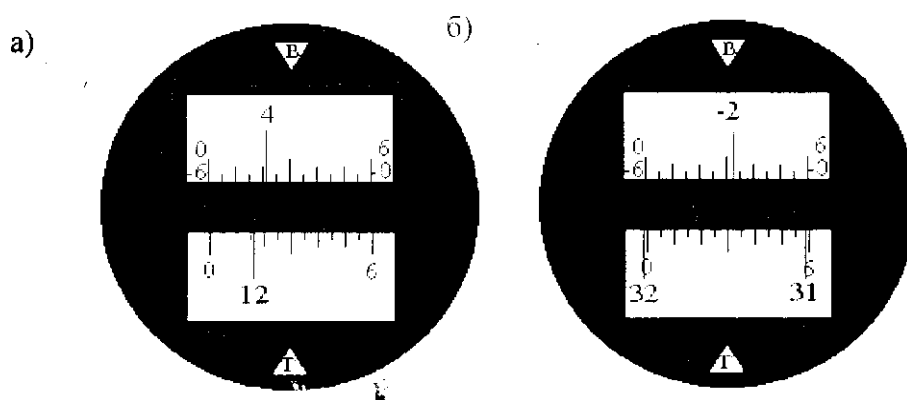


Рис.81. Поле зрения микроскопа отсчетного устройства теодолитов 2Т30, 2Т30П:
 а – отсчет по горизонтальному кругу $12^{\circ}16,0'$; отсчет по вертикальному кругу $4^{\circ}21,0'$;
 б – отсчет по горизонтальному кругу $31^{\circ}59,0'$; отсчет по вертикальному кругу $2^{\circ}27,5'$

В отсчётных устройствах теодолитов 2Т5, 2Т5К, 2Т5КП, 2Т30, 2Т30П применён шкаловый микроскоп с наименьшим делением $1'$ у теодолитов 2Т5, 2Т5К, 2Т5КП, а – $5'$ у теодолитов 2Т30, 2Т30П. Десятые доли деления берутся «на глаз». Поэтому у теодолитов 2Т5, 2Т5К, 2Т5КП отсчёт берётся с точностью $0,1'$, а у теодолитов 2Т30, 2Т30П – с точностью до $0,5'$. В поле зрения отсчётных устройств передаётся изображение градусных делений лимбов горизонтального и вертикального кругов. Поэтому имеется возможность взять отсчёт по обоим кругам. У шкалы вертикального круга имеется указатель с буквой «В», у шкалы горизонтального – с буквой «Г».

Шкалы вертикальных кругов теодолитов имеют двойную оцифровку, со знаком «+» и со знаком «-», Увеличение отсчётов в первом случае идёт слева направо, во втором – справа налево. Если штрих лимба, по которому берётся отсчёт со знаком «+», то и отсчёт минут делается по оцифровке со знаком «+». Если штрих со знаком «-», то отсчёт минут делается по оцифровке со знаком «-».

Теодолит 2Т30П имеет зрительную трубу прямого изображения.

Модификация теодолита 4Т30П снабжена съёмной подставкой со встроенным оптическим центриром (рис.79,б) и зрительной трубой прямого изображения. Средние квадратические погрешности измерения одним приемом горизонтального и вертикального углов составляют соответственно 20 и 30".

Перед взятием отсчётов по вертикальному кругу теодолита 2Т5 необходимо наводящим винтом приводить пузырёк уровня вертикального круга в нуль-пункт.

Теодолит закрепляется в съёмной подставке 11, в комплект теодолита входят съёмная ориентир-буссоль, а также окулярные насадки зрительной трубы и отсчетного микроскопа для удобства визирования при больших углах наклона. Прибор может быть снабжен электроосветителем отсчетного микроскопа, выполненным во взрывобезопасном исполнении.

9.1.1. Поверки и юстировки теодолита

Перед началом измерений теодолит необходимо тщательно осмотреть и проверить, т.к. даже серийно выпускаемые приборы имеют свои индивидуальные особенности. В первую очередь производят проверку и регулировку его механических деталей, обращая внимание на состояние и работу всех винтов прибора: подъемных, зажимных и наводящих винтов лимба и алидады, микрометричного винта уровня вертикального круга, исправительных (юстировочных) винтов уровней, колонок, сетки нитей и т.п. Вращение лимба и алидады должно быть плавным, без заеданий и колебаний. Горизонтальный и вертикальный угломерные круги не должны иметь механических повреждений; изображения делений шкал и сетки нитей должны быть четкими. Зрительная труба должна быть уравновешенной (центр тяжести должен находиться в районе оси ее вращения) и иметь свободное вращение. Присутствие пыли и грязи на оптических деталях прибора не допускается. После внешнего осмотра теодолита выполняют его поверки и юстировки.

Действия, имеющие целью установить соблюдение предъявляемых к конструкции прибора геометрических условий, называются поверками.

Для обеспечения выполнения нарушенных условий производят юстировку (регулировку) прибора.

Рассмотрим основные поверки и юстировки технических теодолитов.

В соответствии с принципом измерения горизонтального угла конструкция теодолита должна удовлетворять следующим основным геометрическим условиям (рис. 82):

1) ось цилиндрического уровня $U_1 U_1$ должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита ZZ ;

2) визирная ось зрительной трубы VV должна быть перпендикулярна оси вращения трубы NN . Несоблюдение этого условия вызывает коллимационную погрешность «с»;

3) ось вращения зрительной трубы теодолита NN должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита ZZ .;

4) ось оптического центра должна быть отвесной и совпадать с осью вращения теодолита.

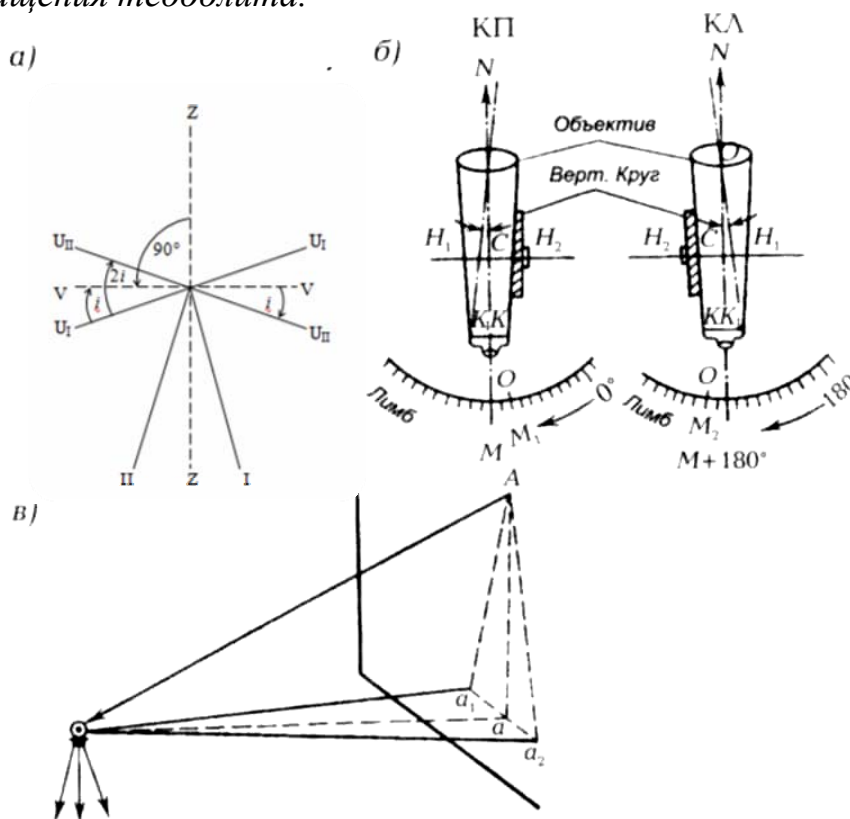


Рис. 82. Схемы проверок теодолита

Дополнительные геометрические условия вытекают из теории измерения вертикальных углов.

Проверки должны выполняться в такой последовательности, в которой они изложены далее.

1. Проверка цилиндрического уровня. *Ось цилиндрического уровня алидады горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита.*

Выполнение этого условия позволяет с помощью уровня устанавливать ось вращения теодолита в отвесное положение, а следовательно, плоскость лимба – в горизонтальное.

Пусть ось уровня не перпендикулярна к оси вращения теодолита ZZ и составляет с ней угол β (рис.82, а). Тогда при приведенном на середину ампулы пузырьке уровня ось вращения прибора не будет отвесной. При повороте алидады горизонтального круга вместе с уровнем вокруг оси ZZ пузырек сойдет с середины на n делений, и ось уровня займет новое положение $U'U'$. Как видно из рис. 82, а, при этом ось уровня составит со своим горизонтальным положением U_1U_1 некоторый угол $\delta=\mu n$, где μ – цена деления уровня. Очевидно, что если привести ось уровня в положение

биссектрисы $U_1'U_1'$ угла δ , то она окажется перпендикулярной к оси вращения теодолита, т.к. $2\beta + \delta = 180^\circ$, следовательно, $\beta + \delta / 2 = 90^\circ$.

Из вышеизложенного вытекает способ поверки данного условия. Ось поверяемого уровня устанавливают по направлению двух подъемных винтов и вращением их в разные стороны приводят пузырек уровня в нуль-пункт. Вращением алидады вокруг оси ZZ поворачивают уровень на 180° . Если после поворота пузырек уровня останется в нуль-пункте, то условие перпендикулярности осей UU и ZZ выполняется. При смещении пузырька производится исправление положения уровня. Для этого пузырек уровня перемещают по направлению к нуль-пункту на половину дуги отклонения с помощью исправительных винтов при уровне, а вторую половину – подъемными винтами.

После юстировки уровня следует повторить поверку и убедиться в выполнении требуемого условия. Практически условие считается выполненным, если после поворота на 180° пузырек уровня отклоняется от нуль-пункта в пределах одного деления шкалы ампулы цилиндрического уровня.

Перед выполнением следующих проверок необходимо тщательно *привести ось вращения теодолита в отвесное положение по исправленному цилиндрическому уровню, т.е. выполнить горизонтирование теодолита.*

Уровень устанавливают по направлению двух подъемных винтов и вращением их в разные стороны проводят пузырек уровня в нуль-пункт. Затем поворачивают алидаду примерно на 90° и третьим подъемным винтом выводят пузырек на середину ампулы. Эти действия повторяют до тех пор, пока пузырек не будет оставаться на середине ампулы при любом положении алидады.

2. Поверка положения коллимационной плоскости. *Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения зрительной трубы.*

Как известно, визирная ось трубы проходит через оптический центр объектива и перекрестие сетки нитей. Если указанное условие выполняется, то при вращении трубы вокруг горизонтальной оси визирная ось образует коллимационную плоскость. При несоблюдении условия визирная ось будет описывать не плоскость, а две конические поверхности.

Угол с между фактическим положением визирной оси ОК и требуемым положением ОК (см. рис. 82, б) называется коллимационной погрешностью.

Для поверки данного условия на местности выбирают ясно видимый удаленный предмет N и, визируя на него при двух положениях вертикального круга (КП и КЛ), берут отсчеты по лимбу горизонтального круга M_1 и M_2 . Как видно из рис. 82, б, при КП отсчет по лимбу M_1 будет меньше правильного отсчета M на величину c , а при КЛ отсчет M_2 будет больше

правильного отсчета $M + 180''$ на ту же величину c , т.е. при КП $M = M_1 + c$, при КЛ $M + 180^\circ = M_2 - c$. Решая полученные уравнения относительно c и M_1 имеем:

$$c = \frac{M_2 - (M_1 + 180^\circ)}{2}; \quad (61)$$

$$M = \frac{M_1 + M_2 - 180^\circ}{2}. \quad (62)$$

Следует учесть, что величина c является проекцией угла на горизонтальную плоскость лимба и меняется в зависимости от угла наклона визирной оси. Поэтому при выполнении поверки линия визирования должна быть по возможности горизонтальной.

Как следует из выражения (62) среднее из отсчетов по лимбу, взятых при двух положениях вертикального круга, свободно от влияния коллимационной погрешности. Поэтому измерение горизонтальных углов следует производить при двух положениях трубы (КП и КЛ).

Если величина коллимационной погрешности превышает точность отсчетного устройства, то производят исправление положения визирной оси. Для этого по формуле (62) вычисляют правильный отсчет M и наводящим винтом алидады устанавливают отсчет $M + 180^\circ$ (при КЛ) на лимбе горизонтального круга. При этом алидада повернется на угол c , а перекрестие сетки нитей отклонится от изображения наблюдаемой точки N . Тогда, ослабив вертикальные винты оправы сетки нитей, с помощью боковых юстировочных винтов перемещают сетку до совмещения ее перекрестия с визирной целью. После этого сетку закрепляют вертикальными винтами и вновь повторяют поверку.

3. Поверка положения горизонтальной оси вращения зрительной трубы. *Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита.*

Выполнение условия необходимо для того, чтобы после горизонтирования теодолита коллимационная плоскость занимала отвесное положение. Поверка может быть выполнена двумя способами.

Первый способ. На расстоянии 10–20 м от стены здания устанавливают теодолит и визируют на высокорасположенную точку A на стене здания (см. рис. 82, в). Наклоняя трубу, проектируют эту точку до горизонтального положения визирной оси и отмечают на стене проекцию точки a' . Повторив ту же операцию при втором положении трубы, отмечают точку a_2 . Если точки a_1 и a_2 не совпадут, то условие не выполнено, т.е. необходимо изменить положение оси вращения зрительной трубы относительно вертикальной. Исправления выполняются в мастерской.

Второй способ. На расстоянии 10–20 м от теодолита подвешивают отвес на длинной нити. Наводят перекрестие сетки нитей на верхнюю

точку отвеса и плавно опускают зрительную трубу до горизонтального ее положения; при этом наблюдают, не сходит ли изображение нити отвеса с перекрестия сетки нитей.

В современных теодолитах соблюдение этого условия гарантируется предприятием-изготовителем. Тем не менее поверка условия должна быть обязательно выполнена.

В случае несоблюдения условия исправление положения оси вращения зрительной трубы в полевых условиях не производится; его выполнение допускается только в специальной мастерской или в заводских условиях, т. к. требует частичной разборки прибора.

Следует учесть, что среднее из отсчетов по лимбу, взятых при наведении на точку при двух положениях трубы (КП и КЛ), свободно от влияния наклона оси вращения трубы.

4. Поверка сетки нитей. *Вертикальная нить сетки должна располагаться в коллимационной плоскости трубы (быть отвесной).*

Выполнение данного условия требуется для создания удобства при визировании на отвесные предметы (например, веши). Для этого, тщательно установив ось вращения теодолита в отвесное положение, визируют на нить отвеса, подвешенного на расстоянии 5–10 м от прибора. Если вертикальная нить сетки не совпадает с изображением нити отвеса, то необходимо исправить ее положение путем поворота вокруг визирной оси.

Для этого слегка ослабляют винты, скрепляющие окулярную часть с корпусом трубы, и поворачивают окулярную часть вместе с сеткой нитей до требуемого положения; затем винты закрепляют. Отклонение вертикальной нити от отвесной линии допускается не более чем на $1/3$ величины биссектора сетки нитей.

После юстировки вторая основная нить сетки должна располагаться горизонтально, т.к. взаимная перпендикулярность нитей сетки гарантируется заводом-изготовителем. Чтобы убедиться в этом, наводят нить на какую-либо точку и наводящим винтом поворачивают алидаду горизонтального круга; при этом поверяемая нить должна оставаться на изображении точки. При невыполнении условия юстировку повторяют.

5. Поверка места нуля. *Место нуля (МО) вертикального круга должно быть равно 0° либо близким к 0° .*

Для поверки данного условия до начала работ несколько раз определяют МО из измерений различных углов наклона при двух положениях зрительной трубы, чтобы убедиться в его практическом постоянстве. Если среднее значение МО не превышает двойной точности отсчетного устройства ($МО < 2t$), то оно не осложняет вычислений. В противном случае МО необходимо привести к нулю либо сделать близким к 0° .

В зависимости от конструкции теодолита выполнение данной поверки имеет свои особенности.

Для теодолитов с уровнем при горизонтальном круге (ТЗО, 2ТЗО и др.) по отсчетам КЛ и КП, полученным при визировании на один и тот же предмет, по формулам

$$MO = \frac{(КЛ + КП) - 90^\circ}{2}, \quad (63)$$

$$v = КЛ - MO \quad (64)$$

вычисляют свободное от места нуля значение угла наклона v и наводящим винтом трубы устанавливают его на вертикальном круге. При этом горизонтальная нить сетки сместится с визирной цели. Тогда, действуя вертикальными юстировочными винтами сетки нитей, совмещают среднюю нить сетки с изображением наблюдаемой цели. После этого повторяют данную поверку и поверку коллимационной погрешности.

Для теодолитов с компенсатором вертикального круга (Т5К, 2Т5К и др.) $MO = 0^\circ$ обеспечивается автоматически с помощью специального оптического компенсатора вертикального круга, действующего в диапазоне $\pm 3,0 - 5,0'$. При больших значениях MO его следует устранить. MO вертикального круга теодолита Т5К и др. может быть исправлено вращением юстировочного винта компенсатора, устанавливая значение угла наклона свободное от MO при наведенной зрительной трубе на визирную цель.

9.1.2. Установка теодолита в рабочее положение

Перед началом измерений теодолит устанавливается над точкой в рабочее положение. Полная установка прибора в рабочее положение складывается из его центрирования над точкой горизонтирования и установки зрительной трубы для наблюдений.

Центрированием называются действия, в результате которых центр лимба горизонтального круга совмещается с отвесной линией, проходящей через точку стояния прибора. Центрирование может быть выполнено с помощью нитяного отвеса либо оптического центрира.

При центрировании теодолита с помощью нитяного отвеса штатив устанавливается так, чтобы отвес оказался приблизительно над точкой, а головка штатива была горизонтальна. Затем, ослабив становой винт, теодолит перемещают по головке штатива до положения, когда острие отвеса будет находиться над центром точки; после этого становой винт закрепляют.

При центрировании с помощью оптического центрира теодолит перемещают по головке штатива до тех пор, пока в поле зрения центрира центр точки (например, шляпки гвоздя в торце колышка) не совпадет с центром сетки нитей.

Горизонтирование теодолита заключается в приведении оси его вращения в отвесное положение, а следовательно, плоскости лимба – в горизонтальное положение. Предварительное горизонтирование прибора грубо достигается при установке штатива, а точное приведение выполняется подъемными винтами с использованием предварительно поверенного цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга.

Установка зрительной трубы для наблюдений включает в себя установку трубы и отсчетного микроскопа по глазу наблюдателя и по предмету, т.е. фокусирование трубы по наблюдаемой цели.

9.1.3. Измерение горизонтальных и вертикальных углов

Измерение углов следует выполнять поверенным теодолитом. Перед началом измерений теодолит устанавливают в вершине измеряемого угла в рабочее положение (рис.83). На задней и передней точках A и B (направления BA и BC называют также соответственно младшим и старшим направлениями) устанавливаются визирные цели. Это могут быть визирные марки на штативах, которые центрируются при помощи оптических центриров на точках A и B аналогично тахеометру или вешки, снабжённые круглыми уровнями.

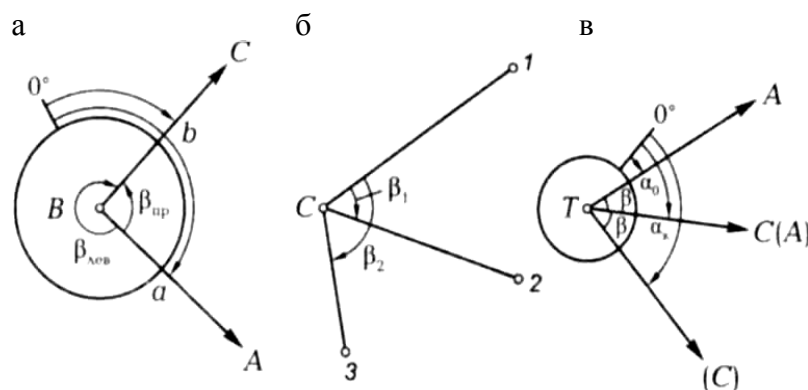


Рис.83. Способы измерения горизонтальных углов

В зависимости от конструкции приборов, условий измерений и предъявляемых к ним требований применяются следующие способы измерения горизонтальных углов:

1. *Способ приемов* (или способ отдельного угла) – для измерения отдельных углов при проложении теодолитных ходов, выносе проектов в натуру и т. д.

2. *Способ круговых приемов* – для измерения углов из одной точки между тремя направлениями и более в сетях триангуляции и полигонометрии второго и более низких классов (разрядов).

3. *Способ повторений* – для измерения углов, когда необходимо повысить точность окончательного результата измерения путем ослабления влияния погрешности отсчитывания; используется при работе с техническими повторительными теодолитами. В связи с распространением

в геодезической практике оптических теодолитов с высокой точностью отсчитывания по угломерным кругам способ повторений в значительной мере утратил свое значение.

В геодезии измеряют правые или левые по ходу горизонтальные углы способом приемов. При этом *программа измерения должна предусматривать возможно полное исключение влияния основных погрешностей теодолита на точность измерения угла.*

Способ приемов. При закрепленном лимбе вращением алидады визируют на заднюю точку *A* (см. рис.83,а). Вначале по оптическому визирю зрительную трубу наводят от руки, пока визирная цель не попадет в поле зрения. Затем закрепляют зажимные винты алидады и зрительной трубы и, отфокусировав зрительную трубу по предмету, выполняют точное визирование с помощью наводящих винтов трубы и алидады горизонтального круга. Осветив зеркалом поле зрения отсчетного микроскопа, берут отсчет *a* по горизонтальному кругу и записывают его в журнал измерений (табл. 8). Порядок записи отсчетов в журнале и обработки результатов измерений показан номерами в круглых скобках.

Открепив алидаду, визируют на переднюю точку *C* и по аналогии с предыдущим берут отсчет *b*. Тогда значение правого по ходу угла β , измеренного при первом положении вертикального круга (например, при КЛ), определится как разность отсчетов на заднюю и переднюю точки:

$$\beta_{\text{кл}} = a - b.$$

Указанные действия составляют *один полуприем*.

Переводят трубу через зенит и повторяют измерения при втором положении вертикального круга (при КП), т.е. выполняют второй полуприем. Вычисляют значение угла $\beta_{\text{кп}}$.

В случае, если отсчет на заднюю точку меньше отсчета на переднюю точку (см. табл. 8, первый полуприем), то при вычислении угла к нему прибавляют 360° .

Т а б л и ц а 8

Журнал измерения горизонтальных углов способом приемов

Дата 28.07.14 г. Теодолит 4Т30 Наблюдал Иванов В.С.

Видимость хорошая № 25361 Вычисляла: Угрюмова О.И.

Точки		Положение вертикального круга	Отсчеты по горизонтальному кругу	Угол	Среднее значение угла
стояния	визирования				
1	2	3	4	5	6
В	А С	КЛ	22°17,5' (1) 247°15,5' (2)	135°02,0' (3)	135°01,8'
В	А С	КП	203°21,0' (4) 68°19,5' (5)	135°01,5' (6)	

Два полуприема составляют полный прием. Расхождение результатов измерений по первому и второму полуприемам не должно превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита, т. е.

$$\beta_{\text{кл}} - \beta_{\text{кп}} \leq 2t. \quad (65)$$

Если расхождение допустимо, то за окончательный результат принимают среднее значение угла:

$$\beta = \frac{\beta_{\text{кл}} + \beta_{\text{кп}}}{2}. \quad (66)$$

Такой результат будет свободен от влияния коллимационной погрешности. Измерение и вычисление левого по ходу горизонтального угла (см. рис. 83, а) производится в аналогичной (см. табл. 8) последовательности с той лишь разницей, что левый по ходу угол в каждом полуприеме вычисляется как разность отсчетов на переднюю и заднюю точки.

Значения измеренных углов по каждому полуприему и среднее значение угла вычисляют на станции, пока не снят теодолит.

Способ круговых приемов. Устанавливают теодолит над точкой С (рис. 83,б) и, вращая алидаду по ходу часовой стрелки, последовательно визируют на наблюдаемые точки 1, 2, 3 и повторно на точку 1. При наведении на каждую точку берут отсчеты по лимбу. Такое измерение составляет первый полуприем. Повторное наведение на начальную точку 1 (*замыкание горизонта*) выполняется, чтобы убедиться в неподвижности лимба. Величина *незамыкания горизонта* не должна превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита. Затем трубу переводят через зенит и при прежнем положении лимба, вращая алидаду против хода часовой стрелки, визируют на точки 1, 3, 2, 1 и берут отсчеты по лимбу, т.е. выполняют второй полуприем. Два полуприема составляют полный круговой прием.

Для ослабления влияния погрешностей делений лимба и повышения точности измерений углы измеряют несколькими приемами с перестановкой лимба между приемами на величину $180^\circ / m$, где m – число приемов.

Способ повторений. Сущность способа заключается в последовательном откладывании на лимбе несколько раз величины измеряемого угла β (см. рис. 83,в) и применяют его для повышения точности измерения.

При способе повторений угол измеряется несколько раз в каждом полуприеме путём последовательного откладывания этого угла на лимбе. При этом для уменьшения ошибки от считывания по лимбу, отсчет снимается только при начальном наведении на одну из точек (a_0) и конечным наведением на вторую точку (a_1). Величина угла будет равна:

$$\beta = \frac{a_1 - a_0}{n}, \quad (67)$$

где n – число повторений.

Порядок работы при измерении горизонтального угла способом повторений заключается в следующем. Установив теодолит над вершиной изменяемого угла, точкой Т закрепляют алидаду так, чтобы отсчет на лимбе был близким к нулю и движением лимба наводят зрительную трубу на левую точку А. пусть отсчет α равен $2^{\circ}30'$. В этом положении лимб закрепляют. Вращая алидаду по ходу часовой стрелки, наводят зрительную трубу на правую точку С. Отсчет по горизонтальному кругу в этом случае не снимается или записывается его приближенное значение для контроля. Открепляют лимб и вторым вращением его наводят зрительную трубу на левую точку. Снова закрепляют лимб и вращением алидады наводят трубу на правую точку. Далее вращением лимба, уже в третий раз, наводят на левый предмет и, открепив алидаду, снова наводят на правую точку. При измерении угла тремя повторениями после третьего наведения на правую точку снимается отсчет. Например, этот отсчет α будет равен $132^{\circ}50'$. Таким образом, дуга, соответствующая измеряемому углу, была отложена на лимбе три раза и суммарное значение получилось равным $3\beta = 132^{\circ}50' - 2^{\circ}30' = 130^{\circ}20'$. Следовательно, величина измеряемого угла, полученного из одного полуприема, будет равна

$$\beta = \frac{130^{\circ}20'}{3} = 43^{\circ}26,3'.$$

Если при отложении угла нуль алидады перешел через нулевой штрих лимба, к последнему отсчету добавляется 360 град.

Для измерения угла вторым полуприемом переводят трубу через зенит и повторяют те же действия, но в обратном направлении с точки С на точку А вращая алидаду против хода часовой стрелки, а лимб с алидадой – по ходу часовой стрелки. Из результатов измерения угла в двух полуприемах берется среднее значение. Измерение горизонтального угла способом повторений требует большого внимания при использовании закрепительных и наводящих винтов лимба и алидады.

Расхождение между окончательным и контрольным значениями угла не должно превышать полуторной точности отсчетного устройства теодолита, т.е.

$$\beta - \beta_k \leq \pm 1,5t. \quad (68)$$

В геодезии углы наклона линий в зависимости от их расположения относительно линии горизонта могут быть положительными (углы возвышения) и отрицательными (углы понижения). При измерении углов наклона перекрестие сетки нитей наводят на визирные знаки; в качестве последних обычно используют вехи (рейки), на которых отмечается точка визирования.

Теодолит устанавливают (рис. 84) над точкой А в рабочее положение и горизонтальным штрихом сетки визируют на наблюдаемую точку С при

первом положении вертикального круга (при КЛ). С помощью отсчетного микроскопа берут отсчет по вертикальному кругу, который заносят в журнал измерений (табл. 9).

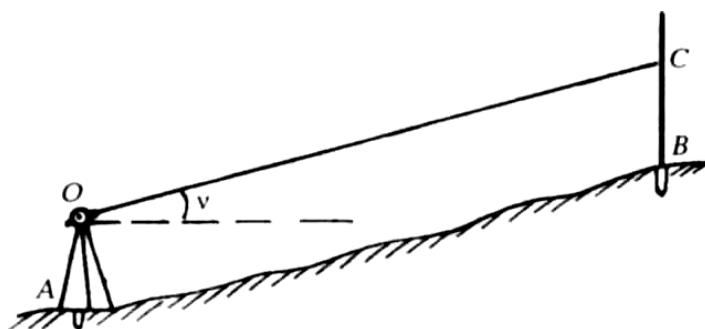


Рис. 84. Схема измерения вертикального угла

Перед каждым отсчетом пузырек уровня при алидаде вертикального круга с помощью наводящего винта алидады выводят на середину ампулы. При работе с теодолитом типа ТЗО перед отсчитыванием по вертикальному кругу следует убедиться, что пузырек уровня при алидаде горизонтального круга находится в нуль-пункте. В теодолитах с оптическими компенсаторами вертикального круга отсчет берут спустя 2 с после наведения зрительной трубы на наблюдаемую точку. Для исключения влияния МО вертикального круга измерения повторяют при втором положении зрительной трубы (при КП).

Т а б л и ц а 9

Журнал измерения вертикальных углов

Дата 29.07.14 г. Теодолит ТЗО
Видимость хорошая № 56272

Наблюдал Иванов Р.Ю.
Вычисляла Иванова Ю.С.

Точки		Положение вертикального круга	Отсчеты по вертикальному кругу	МО	Угол наклона v
стояния	визирования				
1	2	3	4	5	6
В	А	кл КП	4°32' (1) \75°29'(2)	0°00,5' (3)	+4°31,5'
	С	КЛ КП	353°43' 186°19'	0°01,0'	-6°18,0'

Значения угла наклона линии визирования вычисляют в зависимости от типа применяемого теодолита по одной из формул.

Правильность измерения вертикальных углов на станции контролируется постоянством МО, колебания которого в процессе измерений не должны превышать двойной точности отсчетного устройства.

9.2. Приборы вертикального проектирования

Для вертикального проектирования, например при передаче осей на монтажные горизонты, применяют специальные оптические и лазерные зенит- (вверх) и надир- (вниз) приборы.

Оптические и лазерные приборы вертикального проектирования по способу приведения визирной оси или светового луча в отвесное положение могут быть уровневыми или с компенсатором наклона. В свою очередь, компенсаторные приборы подразделяют на одно- или двухкоординатные.

Однокоординатный зенит-прибор вертикального проектирования ПЗЛ фирмы «Карл-Цейсс» (рис.85,а) – высокоточный прибор с самоустанавливающейся линией визирования. На корпусе 5 прибора закреплен круглый уровень 1, по которому прибор приводят в рабочее положение. Корпус размещается на подставке 9 и закрепляется винтами 8, 10. Окуляр зрительной трубы расположен под углом 90° к объективу 4.

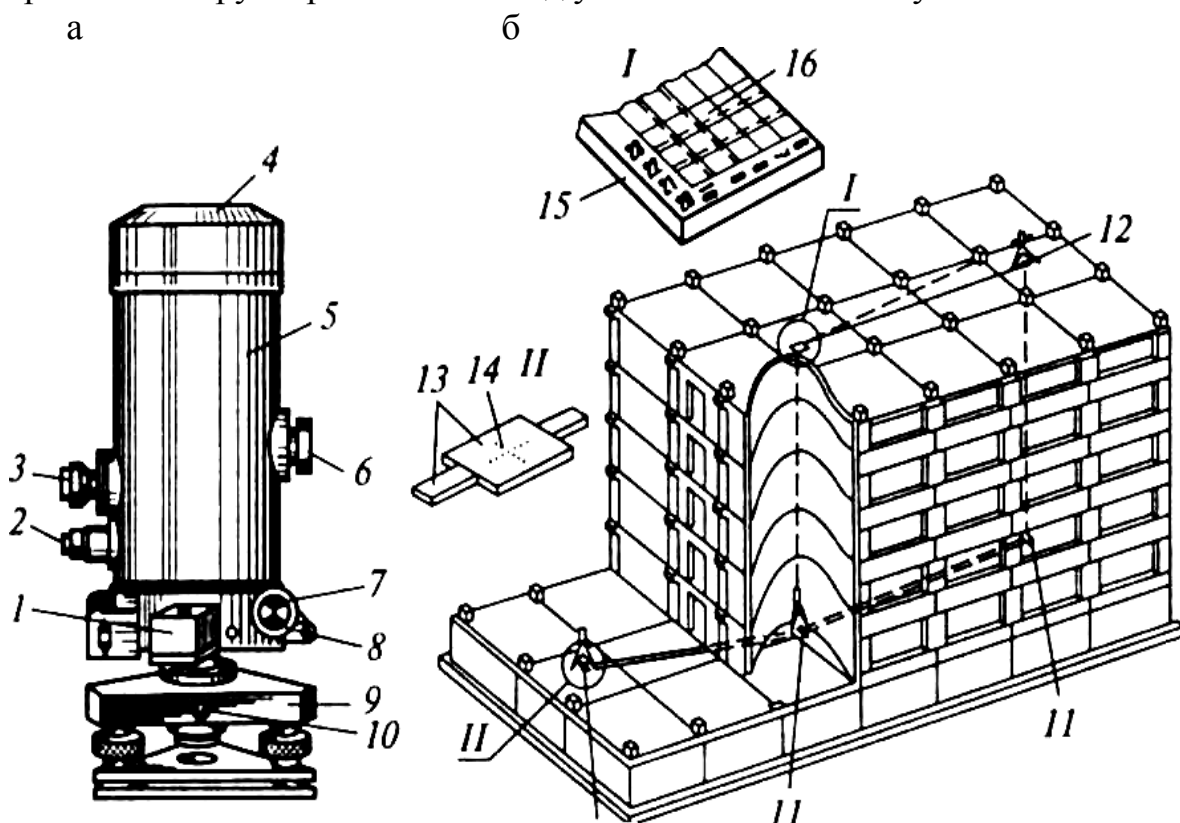


Рис. 85. Прибор вертикального проектирования ПЗЛ:

- а – внешний вид; б – перенесение осей вертикальным визированием;
 1 – круглый уровень; 2, 3 – окуляры отсчетного микроскопа и зрительной трубы;
 4 – объектив зрительной трубы; 5 – корпус; 6 – фокусирующее приспособление;
 7 – наводящее устройство; 8, 10 – закрепительные винты;
 9 – подставка; 11 – точка на исходном горизонте; 12 – проекция точки на
 монтажный горизонт; 13 – металлический знак; 14 – ось; 15 – палетка;
 16 – калька с разграфкой

Примером может служить применение однокоординатного зенит-прибора при монтаже конструкций зданий. Чтобы перенести координаты пункта разбивочной основы на монтажный горизонт, зенит-прибор центрируют над точкой *11* (пункт внутренней разбивочной основы). На монтажном горизонте по отвесной линии над зенит-прибором закрепляют палетку 15 (рис. 85, б).

Палетка представляет собой кальку 16 с координатной сеткой, наклеенную на прозрачное оргстекло, вставленное в металлическую рамку. Во всех перекрытиях над переносимой точкой оставляют отверстия, минимальные размеры которых 100 мм при высоте зданий до 60 м и 150 мм при высоте до 100 м. В отверстие перекрытия монтажного горизонта над зенит-прибором устанавливают рамку с палеткой.

Визирование на палетку производят таким образом, чтобы горизонтальная нить сетки была параллельна одной из линий палетки. Отсчет (21,4) в делениях палетки делают по горизонтальной нити сетки и записывают в журнал.

Далее прибор поворачивают на 180° и производят второй отсчет (22,2) по этой же шкале. Установив горизонтальную нить прибора параллельно другим линиям палетки и повернув его на 90° , делают отсчет (8,4), а повернув прибор на 180° – следующий отсчет (9,2). Средние значения из попарно выполненных отсчетов будут координатами точки на палетке. Погрешность перенесения точек допускается в пределах 2-4 мм.

9.3. Лазерные и электронные теодолиты

9.3.1. Лазерные теодолиты

Новым развивающимся направлением геодезического приборостроения является создание лазерных геодезических приборов и систем различного назначения, в том числе и лазерных теодолитов.

Лазерным называется теодолит, в котором параллельно визирной оси зрительной трубы либо вдоль этой оси направлен узкий пучок лазерного излучения.

Серийные оптические теодолиты могут оснащаться лазерными насадками с совмещенными осью лазерного пучка и визирной осью зрительной трубы или с параллельно расположенными осями. При совмещении осей лазерный пучок может вводиться в зрительную трубу с помощью гибких световодов или системы призм.

В качестве источников излучения используются оптические квантовые генераторы (ОКГ) – лазеры, обеспечивающие высокую направленность (малую расходимость) и большую спектральную плотность лазерного потока. В лазерных теодолитах обычно применяются газовые (преимущественно гелий-неоновые) лазеры непрерывного действия.

Для регистрации положения центра лазерного пучка в точках визирования используют экран с нанесенной на него сеткой квадратов или маркой в виде концентрических окружностей, а для автоматической регистрации – фотоэлектрические датчики. Некоторые виды фотоэлектрических приемных устройств позволяют фиксировать положение лазерного луча с точностью до 0,1 мм на расстоянии 100 м.

Разработанные в нашей стране модели лазерных теодолитов в основном предназначены для выполнения разбивочных работ, когда от видимых опорных линий, создаваемых лазерным пучком, выполняются необходимые измерения. Лазерные теодолиты часто изготавливаются на основе обычных теодолитов.

В *лазерном теодолите* ЛТ-75, выполняемом на базе теодолита ТТ 2/6, использован лазер ЛГ-75 мощностью 30 мВт (милливатт). Лазерный излучатель съемный и на его место можно установить зрительную трубу теодолита. Наведение на цель осуществляется дополнительной зрительной трубой. Устроенный на теодолите квадрант позволяет задать нужный уклон лазерного пучка с точностью до 10". Прибор предназначен для задания направлений большой протяженности при строительстве гидротехнических сооружений.

Лазерный теодолит ЛТ-56 создан на базе горного теодолита ТГ-1 и малогабаритного лазера ЛГ-56 мощностью 2 мВт; может питаться от аккумулятора. Для наведения пучка лазера на цель служит визирная труба, укрепленная на кожухе. Используется при оперативных разбивочных работах на строительных площадках и для контроля за проведением подземных горных выработок.

Из зарубежных лазерных теодолитов можно выделить две основные группы приборов, выполненных в виде:

1) насадок к серийным оптическим теодолитам – GLO-1, GLO-2 и GLA-1, GLA-2, GLA-3 для теодолитов Т1А, Т16 и Т2 фирмы «Вильд» (Швейцария), FVL фирмы «Отто Феннель» (ФРГ) и др.;

2) самостоятельных приборов – LT3 (США), LG68 (ФРГ), SLT-20, LDT50 (Япония) и др.

Наибольшими возможностями обладают лазерные цифровые теодолиты типа LDT50 Sokkia, совмещающие в себе функции электронного теодолита и лазерного визира (рис. 86). Встроенный лазерный излучатель создает видимую линию визирования на расстояние до 400 м. Лазерный излучатель может работать в двух режимах: сфокусированный луч для высокоточного наведения и направленный луч для контроля заданного направ-

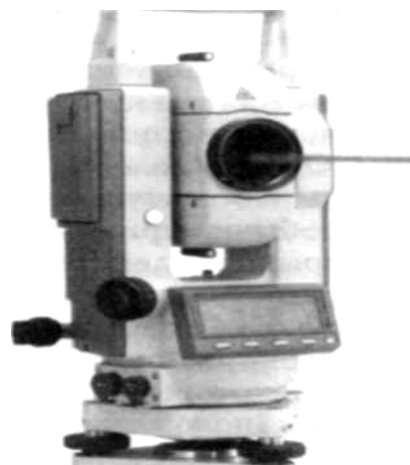


Рис.86. Лазерный теодолит LDT50 (Sokkia)

ления. Двухосевой датчик наклона оси вращения теодолита, работающий в диапазоне $\pm 3'$, позволяет повысить точность угловых измерений до $5''$. Особенно эффективно использование прибора в условиях слабой освещенности для задания направлений при прокладке тоннелей и других подземных горных выработок, а также для автоматизации геодезического контроля при управлении строительно-дорожными машинами и механизмами.

Применение лазерных приборов открывает новые перспективы автоматизации измерительного процесса, повышает производительность труда и в ряде случаев повышает точность измерений.

В лазерных теодолитах предназначенных для задания створов и измерения углов, вместо визирной оси в пространстве создается узконаправленный пучок света. Наличие горизонтального и вертикального кругов позволяет придавать пучку излучения нужную ориентировку. Как правило, визирная марка лазерных теодолитов на строительной площадке совмещена с шаблоном для разметки ориентирных рисок. Марка со стержнем крепится на опоре, а ее высота регулируется стойкой и фиксируется закрепительным винтом. Ориентирные риски проводят по щечкам опоры.

Многоцелевые лазерные приборы, предназначенные для контрольно-измерительных операций при установке конструкций, опалубки, выемке грунта, устройстве земляного полотна, укладке бетона, совмещают в себе визирную оптическую трубу и установленный на нее квантовый генератор. Например, прибор задания вертикали ПВЗЛ-1 имеет передающую и приемную части. Передающая часть включает в себя лазерный передатчик в виде цилиндра диаметром 120 мм и длиной 382 мм (масса 3,1 кг), горизонтирующее устройство и автономный блок питания размерами $200 \times 106 \times 138$ (масса 2,6 кг) на гальванических элементах. Световой пучок попадает в насадку и, проходя через пентапризму (пятиугольную стеклянную призму), изменяет направление с горизонтального на вертикальное.

Лазерный передатчик устанавливают на исходном горизонте по уровням, что формирует в пространстве вертикальную световую линию. Фотомишень с регистратором размещают на монтажном горизонте и по линейкам перемещают до совмещения с центром проекции лазерного пучка. При совмещении показания индикаторов регистратора будут нулевыми. Возможные отклонения от задаваемой вертикали считывают по линейкам фотомишени. Дальность действия прибора с фотоэлектрической регистрацией составляет 20 м, погрешность измерения отклонения объекта от задаваемой вертикали – 1 мм, а задания вертикали – 2 мм. Некоторые типы лазерных приборов устроены так, что испускаемый луч направляется вертикально вверх и тогда с помощью насадки с пентапризмой при необходимости изменяют его направление на горизонтальное.

Особую группу приборов составляют лазерные указки. К ним относятся лазерные указки укладки труб, визирования, вертикали и др. Так, лазерная указка укладки труб состоит из корпуса, на одном конце

которого прикреплена горизонтирующая основа. В ней устроены оправа с лазером, уровень и шкала уклонов, что позволяет направлять луч под заданным углом к горизонту.

Погрешность задания уклона составляет не более ± 10 мм на 100 м длины. Лазерные указки просты в обращении, дешевы в изготовлении, имеют автономное питание (12 В) от батареек для карманных фонарей, могут включаться и выключаться с помощью дистанционного управления.

Применение лазерных указок повышает производительность труда пользователей на 50%, машин и механизмов – на 10%.

Пример применения лазерного теодолита показан на рис. 87.

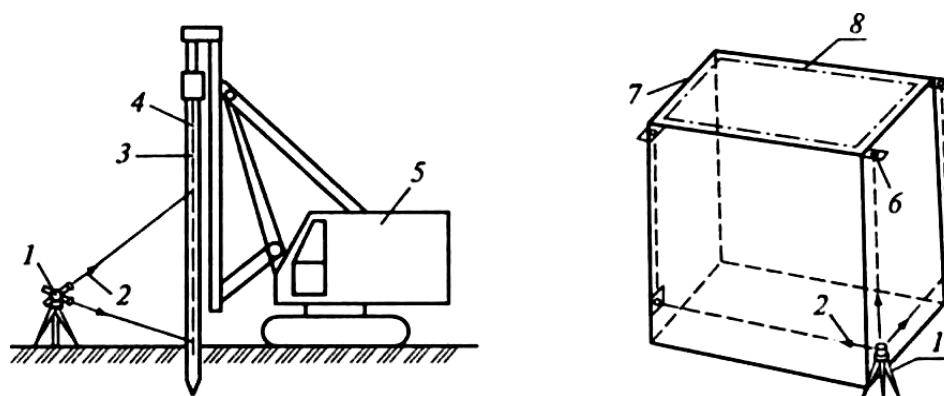


Рис. 87. Разбивочные работы с применением лазерного теодолита:
а – выверка по вертикали; б – разбивка осей;
1 – лазерный теодолит; 2 – луч; 3 – свая; 4 – разметочная риска оси сваи;
5 – сваебойный агрегат; 6 – визирная марка; 7 – контур здания; 8 – ось

9.3.2. Электронные теодолиты

С помощью электронных теодолитов решается комплекс разнообразных инженерно-геодезических задач в строительстве.

Электронные теодолиты – это целый комплекс инновационных геодезических приборов для измерения углов. В последнее время электронные теодолиты стали лидерами среди используемых типов теодолитов, так как с этим геодезическим прибором работать просто, удобно и легко обучиться обращению.

Использование электронных теодолитов по сравнению с оптическими позволяет не только повысить производительность работ при измерениях на 60–75 %, но и делает сами измерения менее субъективными, т.к. при снятии отсчета величины измерений фиксируются на дисплей прибора.

Используя электронные теодолиты, проще исключить человеческий фактор – ошибку. Они обеспечены встроенными вычислительными средствами и запоминающими устройствами, которые позволяют регистрировать и хранить результаты измерений для дальнейшей их обработки на ЭВМ. Применение электронных теодолитов предполагает интеллектуализацию процесса измерений, т.е. расширение возможности работы на них

непрофессионального пользователя на естественном языке, в том числе и в речевой форме. Речевой ввод топографо-геодезической информации в геодезическое оборудование значительно облегчит и обеспечит улучшение условий труда и уменьшение ошибок наблюдателя. Также значительно увеличится скорость ввода информации геодезических измерений по сравнению с вводом при помощи клавишей.

При использовании электронных теодолитов, обладающих встроенными вычислительными функциями, обработка полученных результатов геодезических измерений производится более эффективно.

Электронные теодолиты оснащены компенсатором, съемным трегером и большим ЖК-дисплеем. Четкое изображение дает зрительная труба за счет качественной оптики. Они оборудованы двухсторонним дисплеем, есть функции подсветки и обнуления горизонтального круга, а также функция «задержки» результата. Отдельные электронные теодолиты имеют конструкцию, которая позволяет устанавливать электронные дальнометры на стойку геодезического прибора, что приводит к получению инструмента с функциями простейшего тахеометра. Это расширяет возможности таких геодезических приборов при исполнении топографической съемки и инженерно-геодезических работ на стройплощадке.

Современные электронные теодолиты имеют высокую степень влагопылезащищенности, что позволяет выполнять измерения в неблагоприятных атмосферных условиях в широком диапазоне рабочих температур (от -20° до $+50^{\circ}$). Встроенная система подсветки позволяет работать в условиях слабой освещенности.

По точности измерений, согласно ГОСТ 10529–96, электронные теодолиты подразделяются на высокоточные, точные и технические геодезические приборы.

Высокоточные электронные теодолиты используют при выполнении инженерно-геодезических работ высокой точности при решении специальных инженерных задач, например, при наблюдениях за деформациями зданий, сооружений, при выверке установки прецизионного оборудования на промышленных предприятиях и уникальных объектах.

Высокоточные электронные теодолиты позволяют измерять углы с погрешностью до 1,5 угловой секунды. Обработанная информация может использоваться как в цифровом, так и в графическом виде.

Точные геодезические приборы используются для производства значительного объема инженерных работ при строительстве зданий и сооружений.

Технические электронные теодолиты применяются в основном для топографических съемок различных масштабов при инженерных изысканиях, для выполнения разбивочных работ, контроля строительных конструкций, не требующих высокой точности измерений. Они позволяют измерять углы со средней квадратической погрешностью 30".

К числу высокоточных электронных теодолитов относится теодолит Т2000S фирмы Вильд (Швейцария), обеспечивающий точность измерения угла до 0,5" без учета влияния внешней среды. Из современных электронных теодолитов высокой и технической точности можно отметить приборы японских фирм серий DT-510/610 (Sokkia), NE-203 / 202 (Nikon совместно с Trimble, США) и DT-205 / 207 / 209-(Topcon), китайских фирм серий DJD-2 / 5 / 10 / 20 (Boif), ET-02 / 05 / 10 (Soth), DT-202 / 205 (Foif) по лицензии на оптику швейцарской фирмы Leica), ТЕО-5 / 10/20 (Vega) и др. Среди применяемых в нашей стране приборов этого класса наибольшее распространение получил теодолит Vega ТЕО-5.

Согласно государственному стандарту ГОСТ 10529–96 в России предусматривается выпуск шести типов электронных теодолитов различной модификации. В разных странах мира выпускается множество модификаций подобного геодезического оборудования.

На Российском рынке предлагаются **электронные теодолиты** различных типов как отечественных, так и зарубежных производителей геодезических приборов, таких, как УОМЗ; Trimble; Nikon; Sokkia; Topcon и др. Различают электронные лазерные и цифровые теодолиты

Наиболее перспективными с точки зрения автоматизации угловых измерений на стройплощадке являются электронные цифровые теодолиты. При их использовании роль наблюдателя сводится к визированию на наблюдаемые цели, анализу и оценке точности измерений.

Цифровой теодолит представляет собой угломерное устройство, в котором происходит автоматическое считывание угловых величин с преобразованием их в электрические сигналы, выполняемые при помощи аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Электрические сигналы поступают в логические схемы обработки, которые выполняют декодирование и воспроизведение измеряемой величины в цифровом виде на табло прибора.

В электронных теодолитах используют два основных типа АЦП, различающихся методом получения информации об угле в виде электрических сигналов: кодовым или инкрементальным (цифровым или дигитальным).

Большинство цифровых теодолитов имеют функцию энергосбережения, позволяющую автоматически отключать прибор в зависимости от времени установки таймера (10–30 мин) с целью сохранения заряда батарей.

Кроме цилиндрического уровня, многие электронные теодолиты снабжены датчиком угла наклона (электронным уровнем), который автоматически компенсирует наклон вертикальной оси прибора в диапазоне 3–5'.

Точность определения угла наклона вертикальной оси теодолита в направлении оси визирования достигает 1". Такие датчики угла наклона называют однокоординатными. В высокоточных теодолитах для контроля угла наклона вертикальной оси прибора по двум направлениям уста-

навливают аналогичный датчик, ось уровня которого перпендикулярна первому. Двухосевая компенсация особенно важна для случаев, когда наблюдается большой угол возвышения цели. Функция исправления коллимационной погрешности автоматически вводит коррекцию в измеряемые направления, что в принципе позволяет выполнять угловые измерения при одном положении круга без потери точности результатов.

Рассмотрим некоторые типы электронных цифровых теодолитов. Электронный теодолит Vega TEO-5 [35] предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов при создании геодезических сетей сгущения, инженерных изысканиях и других геодезических работах. Общий вид теодолита и панель управления прибором показаны на рис. 88.



Рис. 88. Электронный теодолит Vega TEO-5:
а – общий вид; б – панель управления

Теодолит оснащен зрительной трубой прямого изображения с увеличением $30\times$; в условиях слабой освещенности сетка нитей подсвечивается светодиодом. Труба снабжена нитяным дальномером с коэффициентом $K = 100$. Горизонтирование прибора выполняется с помощью круглого и цилиндрического уровней; для центрирования над точкой теодолит оснащен оптическим центриром. В качестве источника питания используют аккумулятор 6В/1500 мА-ч либо блок щелочных батареек (4 батарейки типа АА по 1,5 В / 500 мА-ч), которые обеспечивают продолжительность непрерывной работы, соответственно, не меньше 15 ч или 6 ч.

Прибор имеет два жидкокристаллических дисплея с подсветкой и управлением с помощью шести функциональных клавиш. Подсветка дисплея и сетки нитей включается нажатием клавиши ☀. Включение / выключение питания прибора производится клавишей ⏻.

На двухстороннем дисплее индицируются значения вертикального (V) и горизонтального (H_{RL}) углов; при этом символ H_K означает горизонтальный угол, измеренный по часовой стрелке, а H_L – против часовой стрелки. Установка направления отсчета горизонтального угла выполняется нажатием клавиши **R/L**.

С правой стороны экрана указаны единицы измерения вертикальных углов: % – наклон визирной оси, G – гоны. Нижний правый символ  указывает на уровень заряда батареи.

Функциональная клавиша **HOLD** служит для удержания отсчета горизонтального угла, после нажатия которой можно повернуть теодолит без изменения отсчета по горизонтальному кругу. С помощью клавиши **OSET** выполняют обнуление отсчета по горизонтальному кругу по начальному направлению.

При выполнении процедуры настройки измерений клавиша **HOLD** позволяет устанавливать время автоматического отключения теодолита согласно выбранному режиму: «O» – теодолит не отключается; «10» или «30» – отключение питания, соответственно, через 10 или 30 мин. Для измерения вертикальных углов в приборе реализованы три системы отсчета: V_a – оцифровка круга по часовой стрелке, V_b – против часовой стрелки, V_c – секторная оцифровка.

В процессе работы периодически необходимо выполнять проверки прибора в определенной последовательности: поверка и юстировка цилиндрического уровня, затем круглого уровня и оптического центрира. Методика их выполнения аналогична действиям при поверках оптических теодолитов.

Определение места нуля вертикального круга и его установку выполняют в режиме «STEP» с использованием клавиши **V/%**.

Для измерения горизонтального угла теодолит устанавливают на станции в рабочее положение, включают питание и выполняют необходимые настройки измерений. Визируют на первую точку и нажимают клавишу **OSET** для обнуления отсчета по горизонтальному кругу. Затем визируют на вторую точку и считывают с экрана значение угла между направлениями на наблюдаемые точки (по часовой стрелке H_R либо против часовой стрелки H_L).

Если необходимо отсчитывать горизонтальный угол от определенного значения исходного направления, то теодолит поворачивают до тех пор, пока на дисплее не появится необходимый отсчет, и нажимают клавишу **HOLD**; значение отсчета на экране будет мигать некоторое время. Визируют на точку по исходному направлению и вновь нажимают клавишу **HOLD**. В дальнейшем горизонтальный угол будет отсчитываться от установленного значения.

9.4. Электронные тахеометры

Для автоматизации измерений при производстве топографической съемки и инженерно-геодезических работ на строительной площадке созданы высокоточные электронные тахеометры (далее – тахеометр). Тахеометр содержит угломерную часть, сконструированную на базе кодового теодолита, светодальномер и встроенную ЭВМ. С помощью угломерной части определяются горизонтальные и вертикальные углы, светодальномера – расстояния, а ЭВМ решает различные геодезические задачи, обеспечивает управление прибором, контроль результатов измерений и их хранение.

Ниже рассмотрены отдельные типы зарубежных электронных тахеометров, предназначенных для выполнения крупномасштабных топографических съемок, создания сетей планово-высотного обоснования, выполнения исполнительных съемок застроенных и застраиваемых территорий, автоматизированного решения различных геодезических и инженерных задач при помощи прикладных программ, разбивочных работ на стройплощадке.

В России наибольшее распространение получили эл. тахеометры, изготавливаемые фирмами Японии. Они устойчивы в работе, имеют свыше 30 функций, точные и высокоточные, а по стоимости почти в 1,5 раза дешевле приборов, изготавливаемых в Европе. В таблице приведены технические характеристики приборов фирмы Sokkia и Topcon. Приборы имеют безотражательный режим измерений.

Т а б л и ц а 1 0

Технические характеристики электронных тахеометров

Страна-изготовитель	Япония	
	SET 350 RX	TOPCON ES-102 L
Измерения на призму	4000м с точн. ± 2 мм+2*Дкм	4000м с точн. ± 2 мм+2*Дкм
Измерения без отражателя	600 м с точн. ± 3 мм	500 м с точн. ± 3 мм
Миним. измеряемое расст.	без отражателя 0,3 м	без отражателя 0,3 м
Компенсатор	Двухосевой $\pm 6'$	Двухосевой $\pm 6'$
Точность угловых измерений	3"	2"
Защита от воды и пыли	IP 66	IP 66
Диапазон рабочих температур	-30°C до +50°	-30°C до +50°
Время работы аккумулятора	8,5 час/внешн. 50 часов	36 часов
Клавиатура	23 клавиши с подсветкой; возможность ввода алфавитно-цифровых символов (кодов)	25 клавиш с подсветкой; возможность ввода алфавитно-цифровых символов (кодов)
Клавиша запуска измерений на боковой панели	есть	есть
Передача данных	Флэшпамять, USB	mini USB
Вес прибора	5,5 кг	5,6 кг

Технический тахеометр Topcon ES-105 (рис.89,а) разработан на смену серии TOPCON 3100N. Значительные изменения в техническом оснащении предоставляют новые возможности для качественного выполнения работ. В новом фазовом дальномере дальность работы без отражателя увеличена с 350 до 500 м, при этом минимальное расстояние составляет всего 30 см.



Рис.89. Технические тахеометры
а – Topcon ES-105; б – Sokkia CX-102

Время измерения расстояний в новой серии ES значительно снижено и составляет 0,9 с в режиме точных измерений, а измерения в режиме слежения выполняются всего за 0,3 с. Обмен данными теперь возможен не только с помощью кабельного соединения, но и посредством USB flash-диска и беспроводного модуля Bluetooth. Дальность работы беспроводного модуля Bluetooth составляет до 300 м, что позволяет обеспечить коммуникацию с полевыми контроллерами TOPCON и дистанционное управление процессом съемки или разбивки. Новый литий – ионный аккумулятор, по сравнению с предыдущей серией, дает возможность работать с тахеометром более чем в семь раз дольше. Новые графические дисплеи на обеих сторонах прибора и расширенная панель управления делают работу простой и удобной. Для низкотемпературных моделей применяются специально разработанные LCD дисплеи без подогрева, что позволяет стабильно работать при низких температурах, не расходуя при этом заряд аккумулятора. Встроенный телекоммуникационный модуль «TSshield – защитник» предоставляет возможность дистанционно заблокировать тахеометр, в случае его пропажи. Внутреннее программное обеспечение позволяет применение прибора при производстве геодезических работ при изысканиях, строительстве и различных приложениях. Программы тахео-

метра для лучшего понимания функциональных возможностей снабжены графическими подсказками.

Технический тахеометр Sokkia CX-102 (рис.89,б) разработан в соответствии с международными стандартами и отвечает самым высоким требованиям при производстве геодезических работ.

Модернизированный дальномер REDtech позволяет уверенно измерять расстояния без отражателя до 500 м. Возможны быстрые измерения на труднодоступные цели – темные поверхности, углы зданий и конструкций, люки, провода и подобные препятствия. Оперативное изменение настроек во время работы производится с помощью специальной клавиши на клавиатуре, а быстрый запуск измерений выполняется с помощью клавиши, расположенной на боковой панели инструмента. Эта функция позволяет проводить измерения, не отрываясь от окуляра и не теряя визуального контроля точности наведения на цель.

Для работы в суровых зимних условиях разработаны низкотемпературные модели. Встроенное программное обеспечение и технические возможности делают тахеометры серии CX незаменимыми помощниками при проведении инженерных изысканий в строительстве и в других приложениях.

К достоинствам тахеометра относятся:

- работоспособность в условиях повышенной влажности и сильной запыленности;

- высокая точность измерения без отражателя до 500 м на различные поверхности;

- высокая точность измерения расстояний (2 мм + 2 ppm на призму, 3 мм + 2 ppm без отражателя);

- время измерения расстояний менее 1 с;

- безотражательный дальномер позволяет легко выполнять измерения сквозь препятствия и на объекты небольшого размера;

- переключение режима работы «без отражателя» – «призма» – «пленка» с помощью одной кнопки;

- подсветка сетки нитей, дисплея и клавиатуры для работы в сумерках;

- память: внутренняя (10000 точек) + внешняя (USB flash-диск);

- створоуказатель для быстрого выноса точек;

- лазерный отвес ;

- низкотемпературные модели с индексом «L» – работают при температуре окружающей среды до –30°C;

- все приборы изготавливаются только в Японии

В строительстве широко используются универсальные тахеометры Leica FlexLine. Среди преимуществ тахеометра Leica модели FlexLine TS06 следует особо отметить высокую точность съемки и прекрасную работу на стройплощадке в режиме без отражателя. В условиях повышенных температур LeicaTS06 в сравнении с другими подобными приборами

значительно лучше выполняет засечку и безошибочно определяет атмосферные погрешности, что особенно актуально в процессе проведения измерений при высоких температурах.

Линейка тахеометров Leica Builder специально разработана для выполнения широкого спектра геодезических задач в сфере строительства. Одно из главных достоинств данной серии – возможность выполнять повседневные измерительные задачи на строительных объектах (исполнительная съемка, разбивка и др.) даже при отсутствии профессиональных знаний в сфере геодезии. Тахеометр позволяет проводить работы с чертежами относительно строительной сетки (при этом каждую ее линию можно задать как опорную), а сам исполнитель может находиться в любом месте стройплощадки. Обладает встроенной функцией многоязычности, что необходимо для слаженной и четкой работы интернациональной бригады на объекте.

При возведении монолитных объектов строительства тахеометр Leica Builder применяется для разбивки осей, съемки, измерения расстояний и углов. К ключевым преимуществам тахеометра относятся простота эксплуатации и быстрота освоения. На изучение устройства тратится относительно немного времени, удобен в работе. Отличается продуманной эргономикой, которая обеспечивает удобство использования и существенное сокращение времени на выполнение геодезических измерений. Наводящие винты инструмента рассчитаны на работу двумя руками одновременно и не имеют механизма крепления, что существенно ускоряет наведение прибора на точку. Находящаяся на торце тахеометра клавиша Trigger дает возможность производить запись и измерение, не отрываясь от окуляра. Контрастный дисплей большого диаметра с яркой подсветкой гарантирует пользователю комфортное чтение данных при любой степени освещенности. Прорезиненные износостойчивые клавиши хорошо разнесены. При работе с прибором в перчатках это снижает риск ошибочных нажатий. Наличие в тахеометре быстрого и точного дальномера PinPoint с возможностью измерения без отражателя существенно упрощает проведение измерений на объекте. Узкий видимый луч дальномера дает возможность измерять кромки, углы и иные точечные объекты, что очень удобно при проведении съемки фасадов.

Тахеометры Leica FlexLine со встроенным дальномером PinPoint ULTRA позволяет без отражателя с миллиметровой точностью измерять расстояния 1000 м и более. Данные показатели обеспечивают надежность полученных данных на расстоянии от 200 м при измерении на поверхность под острым углом, в условиях яркого освещения или с низким отражением.

Новейшие технологии геодезических измерений на строительных объектах предполагают использование функции прямой передачи проектных данных в прибор, т.к. инженеры-геодезисты зачастую вместо тради-

ционных планов на бумаге используют цифровые чертежи в формате CAD. Поддержка съемных USB-накопителей в тахеометрах Leica позволяет просто и быстро выполнять перенос информации с ПК на прибор и обратно. Следовательно, разбивка может осуществляться напрямую с проектного чертежа, а информация исполнительных измерений выгружается из тахеометра в CAD-формате для последующего анализа геометрии сооружения.

Применяемые в строительстве тахеометры Leica имеют не только точные измерительные датчики, но и оснащены набором встроенных прикладных программ, которые упрощают выполнение разнообразных задач на объекте, в том числе разбивку строительной сетки, вынос точек по кривой и по линии, контроль возводимых сооружений, передачу отметок и т.д. Кроме того, используя программы по решению задач координатной геометрии, можно по имеющимся данным прямо на объекте рассчитать координаты элементов, отсутствующих в проекте.

Прикладное программное обеспечение позволяет решать инженерно-геодезические задачи без необходимости проведения дополнительных измерений и расчетов на стройплощадке. В программное обеспечение рассмотренных электронных тахеометров входит: топография; вынос в натуру координат, линий и дуг; обратная засечка; высота недоступного объекта; круговые приемы; определение недоступного расстояния; проекция точки на линию; вычисление площади; измерения со смещением; уравнивание теодолитного хода; вычисление пересечений; базовая линия; съемка поперечников; трасса.

9.4.1. Поверки и юстировки электронного тахеометра

Все геодезические приборы, используемые для обеспечения строительства, должны быть исследованы на их пригодность к эксплуатации один раз в течение года в специальных лабораториях, имеющих государственную лицензию на тестирование приборов. На каждый прибор лабораторией выдается «Свидетельство о поверке средств измерений _____», где указывается пригоден или не пригоден прибор к эксплуатации.

Если поверки электронного тахеометра ЭТ будут выполняться с его установкой на штативе, то в первую очередь необходимо осмотреть и исследовать штатив на его пригодность к работе. А именно: крепежные винты ножек штатива должны надежно работать, штатив должен быть устойчив, т.е. не должно быть люфта в головке штатива и металлических наконечниках (оковках) ножек штатива.

Надежность работы скрепляющих винтов ножек штатива проверяется вручную, и если имеется срыв резьбы винта, то узел необходимо заменить. Если наконечники ножек штатива имеют подвижность, что практически всегда имеет место у деревянных штативов вследствие усушки дерева, то

следует подтянуть болты, скрепляющие металлическую обойму наконечника с ножкой штатива. При этом иногда возникает необходимость вставки клиньев в обойму наконечника, а затем уже надо произвести затяжку болта.

Головка штатива может иметь подвижность (люфт) вследствие усушки дерева ножек штатива или недостаточной затянутости болтов, скрепляющих верх ножек штатива с его головкой. В обоих случаях для устранения имеющейся подвижности надо подтянуть болты, скрепляющие элементы конструкции штатива, не допуская при этом перетяжки болтов.

После осмотра штатива и устранения обнаруженных в нем неисправностей его устойчивость проверяется посредством установки прибора на головку, закрепления станового винта, горизонтирования, наведения зрительной трубы на визирную цель (при этом наконечники ножек штатива должны быть надежно задавлены в грунт). Прикладывается пальцем руки легкое усилие на головку штатива во вращательном направлении. Усилие снимается, наблюдатель смотрит в зрительную трубу – визирная цель не должна сойти с креста сетки, что указывает на устойчивость штатива. После этого приступаем к поверкам и юстированию тахеометра в изложенной ниже последовательности.

1. *Ось цилиндрического уровня, установленного на алидаде ЭТ, должна быть горизонтальна и перпендикулярна главной оси вращения прибора.* (Это требование относится и к изображениям уровней на дисплее прибора).

Прибор горизонтируется. Ампула уровня устанавливается по направлению двух подъемных винтов подставки. Пузырек уровня точно приводится на середину ампулы подъемными винтами подставки (рис.90,а). По отсчету горизонтального круга алидада поворачивается на 180° , если геометрическое условие выполнено, то пузырек уровня останется на середине ампулы уровня, в противном случае пузырек уйдет с середины (рис.90,б). Тогда пузырек уровня приводится на $1/2$ дуги отклонения юстировочным винтом уровня в сторону центра ампулы (шпилькой или отверткой), а на вторую половину дуги отклонения – подъемными винтами подставки, т.е. в центр.

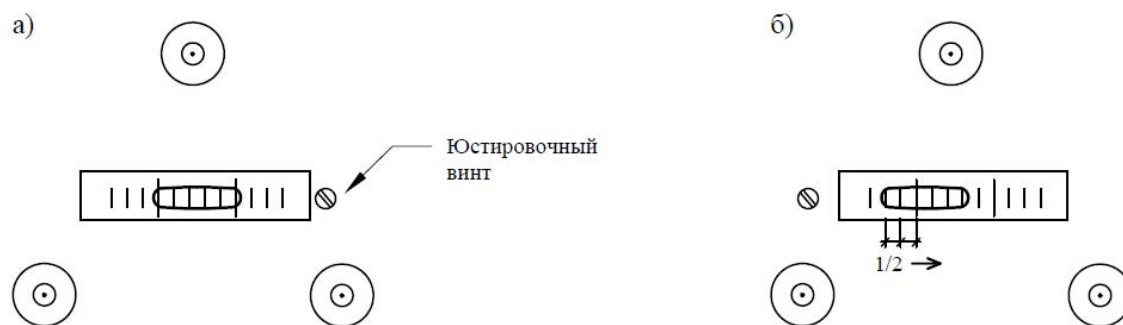


Рис.90. Схема горизонтирования электронного тахеометра

Затем алидада вновь поворачивается на 180 градусов. Если юстировка выполнена точно, то пузырек уровня останется на середине ампулы. В противном случае юстировку надо повторить. После выполнения условия прибор горизонтируется по направлению третьего подъемного винта. В итоге, вращая алидаду на 360° , пузырек уровня не должен уходить от нуля-пункта больше одного деления.

Наклон вертикальной оси вращения тахеометра определяется с помощью встроенного электронного уровня, и это отклонение индицируется в цифровом виде на дисплее ЭТ. Определяя отклонения оси вращения через каждые $30''$ дважды (поворот на $720''$), надо вывести среднее значение отклонения оси от вертикали, оно не должно превосходить 10 секунд.

После выполнения этой поверки и горизонтирования тахеометра следует посмотреть на положение пузырька круглого уровня, установленного на подставке прибора. Если пузырек не в нуля-пункте (не в центре окружности), то, действуя шпилькой тремя юстировочными винтами уровня необходимо привести пузырек в нуля-пункт. Тем самым будет выполнено требование к прибору – *ось круглого уровня должна быть отвесна и параллельна оси вращения тахеометра*.

В последних моделях электронных тахеометров фирмы “SOKKIA и TOPCON” (серия 50RX) на алидаде цилиндрический уровень отсутствует. Прибор приводится к горизонту по круглому уровню подставки.

Далее после включения электропитания на дисплей ЭТ выводится изображение пузырька уровня и показания датчиков углов наклона прибора по осям X и Y , например, $X\ 2'38''$, $Y\ 1'25''$. Действуя тремя подъемными винтами подставки необходимо привести пузырек (черную точку) в центр пересечения осей датчика, т.е. установить отсчеты X и Y близкие к $0-5''$. После этого следует проверить положение пузырька круглого уровня на подставке. Если пузырек сместился из центра, необходимо при помощи шпильки и юстировочных винтов привести его в центр. Тем самым выполняется требование – *ось круглого уровня должна быть отвесна и параллельна оси вращения прибора*.

Отметим, это будет справедливо только при условии правильной регулировки датчиков углов наклона тахеометра.

Затем следует переходить к поверке места нуля компенсатора.

2. Определение места нуля компенсатора

Если выведенный на дисплей угол наклона лимба горизонтального круга отличается от 0, то это отрицательно повлияет на точность угловых измерений. Чтобы исключить это влияние на результаты измерений необходимо устранить величину «места нуля компенсатора». Для этого надо:

- тщательно горизонтировать прибор, затем установить отсчет 0° на горизонтальном круге (дважды нажать клавишу [уст 0])
- в режиме Конфигурация, выбрать “Константы прибора”, а затем- комп x400 y400, нажать клавишу ENTR.

На дисплее появятся значения, например,

X	0 ° 01'16 ''
Y	0 ° 00 ' 08 ''
ГУП	0° 00' 00''
ДА	

Когда отсчеты стабилизируются, их надо записать в журнал и нажать клавишу ДА;

– повернуть алидаду точно на 180°00'00'', закрепить винт. На дисплее появится новая запись, например,

X	0 ° 01'18 ''
Y	0 ° 00 '10 ''
ГУП	0° 00' 00''
ДА	

Далее надо вычислить «место нуля компенсатора» как среднее из двух значений X и Y , соответственно:

$$X_{\text{откл}} = (x_1 + x_2) / 2 = (0^\circ 01'16'' + 0^\circ 01'18'') / 2 = 0^\circ 01'17'',$$

$$Y_{\text{откл}} = (y_1 + y_2) / 2 = (0^\circ 00'08'' + 0^\circ 00'10'') / 2 = 0^\circ 00'09''.$$

Если $X_{\text{откл}}$, $Y_{\text{откл}}$ каждая величина не превышает 20'', то юстировку «места нуля» выполнять не требуется. Для этого следует нажать клавишу ESC.

В нашем примере необходимо выполнить юстировку «места нуля компенсатора». Для этого следует:

– при значениях X_2 и Y_2 нажать клавишу ДА, на дисплее появится «отсчет при КП»,

– повернуть алидаду на 180°, появятся отсчеты X_1 и Y_1 на дисплее отобразится информация, например, (для приборов серии SET 130R)

Компенсатор		
Текущий	X 400	Y 400
Новый.....	X 410	Y 402
	Нет	Да

Если значения X_2 , Y_2 находятся в пределах 400 ± 30 (диапазон юстировки), то юстировку следует продолжать. Для этого надо нажать клавишу ДА, при этом восстановятся «Константы прибора»:

- нажать клавишу ENTR при информации «Константы прибора»,
- появятся новые скомпенсированные отсчеты X_3 , Y_3 , их нужно записать в журнал и нажать клавишу ДА,
- повернуть алидаду на 180° , появятся скомпенсированные отсчеты X_4 , Y_4 .

Вычисляются средние значения отклонений:

$$X_{\text{откл}} = (X_3 + X_4) / 2,$$

$$Y_{\text{откл}} = (Y_3 + Y_4) / 2.$$

Если средние значения отклонений не превосходят $\pm 20''$, то юстировка завершена. Для выхода из режима юстировки нажать клавишу ESC.

Если среднее значение $X_{\text{откл}}$ и $Y_{\text{откл}}$ превосходят $20''$ (хотя бы одно), то юстировку по вышеизложенной схеме надо повторить 2-3 раза, пока отклонения не будут превосходить $20''$. Если отклонения все же будут превосходить $20''$, прибор необходимо сдать в ремонтную мастерскую.

Здесь угол X – наклон по направлению линии визирования, Y – наклон по оси вращения зрительной трубы.

В приборах серии 50RX на дисплее будут высвечиваться только значения углов наклона по осям X и Y . Действия по устранению влияния места нуля компенсатора на результаты измерений аналогичны вышеизложенному.

3. Определение и юстировка коллимационной погрешности тахеометра.

Геометрическое условие конструкции тахеометра:

Визирная линия должна быть перпендикулярна оси вращения зрительной трубы. Невыполнение этого условия вызывает погрешность в измерении горизонтальных углов и носит название коллимационной погрешности.

Конструкция электронного тахеометра позволяет измерить величину коллимационной погрешности, и при производстве угловых измерений при одном положении вертикального круга автоматически вносить поправки в измеренные углы.

Для этого в режиме «Конфигурация», «Константы прибора» выбрать «Коллимация»:

- навести крест сетки нитей зрительной трубы на хорошо видимую цель (дальность 150-200 м) при КЛ, нажать клавишу ДА, перевести зрительную трубу через зенит и провизировать на ту же цель при КП, нажать клавишу ДА;
- для учета поправок за коллимацию в измеряемые углы тахеометром при одном круге нажать клавишу ДА.

Если нет уверенности в качестве наведения зрительной трубы на цель – нажать клавишу НЕТ.

В этом случае прибор вновь выйдет в режим «Коллимация», операции по учету коллимационной погрешности повторить заново.

В учебных целях рекомендуется определить значение коллимационной погрешности из наблюдений на 2-3 цели, не включая режим учета.

И только при твердой уверенности определения значений коллимационной погрешности при последующем визировании на цель нажать трижды клавишу ДА, т.е. включить программу учета коллимационной погрешности.

4. Вертикальная нить креста сетки нитей должна быть отвесной, а горизонтальная – горизонтальной.

Тщательно горизонтировать прибор. Навести зрительную трубу на хорошо видимую цель, совместив ее с вертикальной нитью креста сетки вверху поля зрения (рис. 91,а) трубы.

Далее при помощи микрометричного винта вертикального круга переместить визирную цель вниз поля зрения трубы (рис. 91,б). если цель не сойдет с вертикальной нити сетки, то условие отвесности выполнено. В противном случае прибор необходимо сдать в ремонтную мастерскую (сервисный центр фирмы).

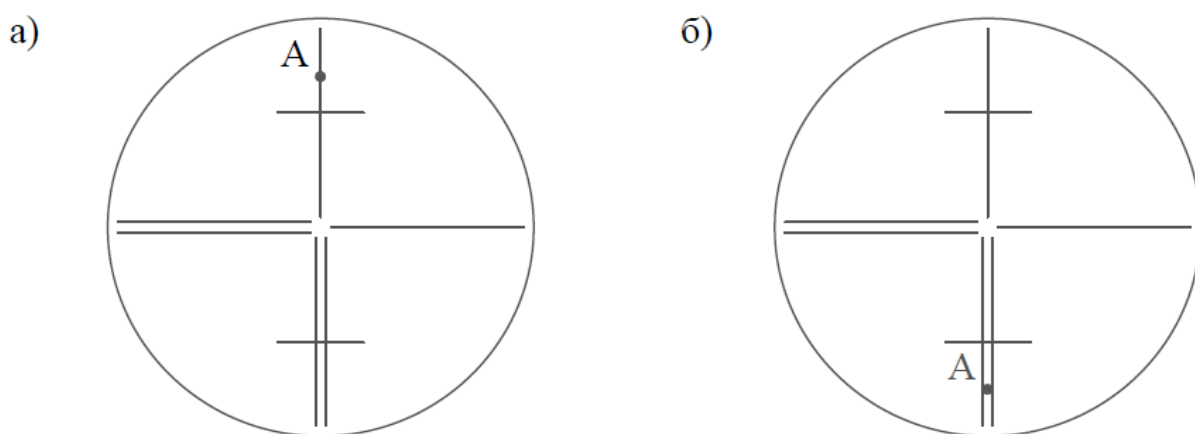


Рис.91. Схема сетки нитей зрительной трубы

Аналогично контроль положения сетки можно выполнить, пользуясь горизонтальной нитью, при этом перемещение цели, расположенной на горизонтальной нити, из одного края поля зрения на другой переместить вращением микрометричного винта горизонтального круга. Если цель останется на нити – условие выполнено.

Положение креста сетки нитей поверяется по визирной цели, установленной на расстоянии 100 м от прибора примерно на одной высоте, при отсутствии рефракции (рис.92).

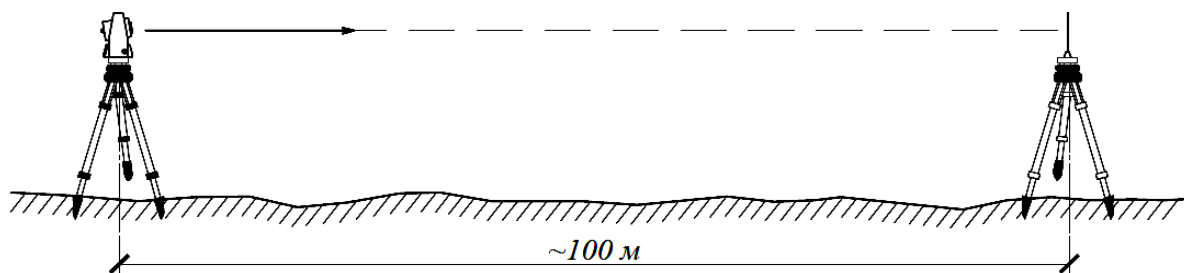


Рис.92. Схема поверки сетки нитей по визирной цели

Крест сетки нитей зрительной трубы наводится на центр визирной марки. Устанавливается режим измерений. Записываются в журнал отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам, например:

*КЛ: Гор. А1 37°18'42",
Верт. В1 269°33'55".*

Зрительная труба переводится через зенит и наводится на центр визирной марки, отсчеты записываются в журнал:

*КП: Гор. А2 217°18'30",
Верт. В2 90°26'17".*

Вычислим разность отсчетов по горизонтальному кругу:

$$A2 - A1 = 217^{\circ}18'30'' - 37^{\circ}18'42'' = 179^{\circ}59'48'',$$

и сумму отсчетов

$$B1 + B2 = 269^{\circ}33'55'' + 90^{\circ}26'17'' = 360^{\circ}00'12''.$$

Если разность ($A2 - A1$) находится в пределах $180^{\circ} \pm 20''$, а сумма ($B2 + B1$) в пределах $360^{\circ} \pm 40''$, то юстировка креста сетки нитей не требуется. Если же значения находятся не в указанных пределах (при 2-3 контрольных измерениях), то необходима юстировка положения сетки нитей зрительной трубы в сервисном центре (ремонтной мастерской).

5. Ось оптического центрира должна быть отвесна и совпадать с осью вращения прибора.

Прибор тщательно приводится к горизонту. Внизу, под центр штатива (на землю, асфальт) помещается кусок фанеры или дощечки с прикрепленным листом бумаги. На листе отмечается карандашом проекция креста сетки нитей центрира. Далее надо повернуть алидаду на 180° и вновь отметить проекцию креста сетки нитей. Если проекции не совпадают в пределах 1 мм, то юстировка креста сетки центрира не требуется. В противном случае необходимо выполнить юстировку.

Для этого:

- обе точки проекций креста сетки соединяются линией, отрезок делится пополам и отмечается его середина точкой;
- прибор надо крепко зафиксировать закрепительным винтом горизонтального круга (алидады);
- снять окуляр оптического центрира;

- снять защитное кольцо юстировочных винтов креста сетки центрира;
- установить окуляр на место;
- посредством юстировочных винтов сетки нитей переместить центр креста до его совмещения с серединной точкой отрезка, отмеченной на листе бумаги. Перемещать обойму сетки нитей надо, наблюдая одновременно в окуляр, юстировочными винтами, первоначально ослабив противоположный винт, т.е. тот, в направлении которого будет перемещаться обойма сетки. По окончании юстировки все винты должны быть затянуты, но при этом нельзя допускать их перетяжку;
- действуя подъемными винтами подставки, совместить крест сетки нитей с первоначальной проекцией креста сетки (точка 1);
- повернуть прибор на 180° , убедиться, что юстировка выполнена правильно (крест сетки не сошел с точки 1). Поставить на место защитное кольцо юстировочных винтов сетки, для чего надо предварительно снять окулярное колесо центрира;
- поставить на место окуляр центрира.

(В сериях приборов RX 50 достаточно вывернуть защитное кольцо в окуляре центрира для доступа к юстировочным винтам сетки нитей).

Вновь после завершения юстировки, т.е. сборки окулярного колена, повторить проверку, допускается несовпадение креста сетки нитей с проекцией точки на листе бумаги не более 1 мм.

6. Определение постоянной поправки светодальномера тахеометра.

Постоянную поправку светодальномера требуется определять несколько раз в течение года, а именно:

- при замене светоотражательной призмы,
- при длительном времени неиспользования прибора,
- при заметном отклонении измеренных расстояний от предполагаемых их значений.

Не смотря на то, что на светоотражательной угломерной призме-марке указана ее постоянная поправка (с одной стороны 0 мм, с другой –(-30 мм) необходимо перед началом работ определить постоянную поправку, вводимую (автоматически) в измеренные расстояния.

Это можно выполнить следующим образом:

1. На относительно ровном месте закрепить 2 точки примерно на расстоянии 100 м одна от другой *A* и *B* (рис. 93). В точке *A* установить тахеометр, в точке *B* – отцентрированный штатив с визирной маркой-отражателем. Примерно в середине линии *AB* закрепить третью точку *C* на местности, устанавливая ее на прямой с помощью тахеометра. Отцентрировать над точкой *C* третий штатив с подставкой (подставки – адаптеры, т.е. взаимозаменяемые с прибором и марками-отражателями).

Измерить 10 раз горизонтальное проложение линии *AB* тахеометром.

Затем установить тахеометр в точке C , измерить 10 раз отрезок CB . Снять отражатель с подставки в точке B и установить его в подставку в точке A .

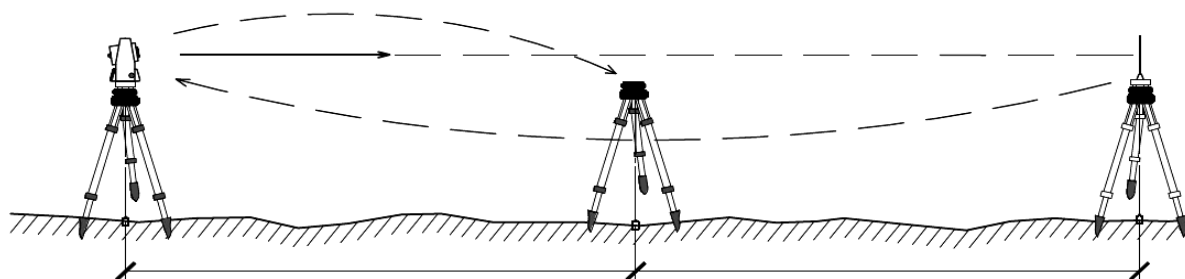


Рис.93. Схема определения постоянной поправки светодальномера тахеометра

Измерить отрезок CA тахеометром 10 раз. Вычислить средние значения линии AB и отрезков CB , CA (S_{AB}, S_{CB}, S_{CA}).

Далее можно написать равенство и преобразовать его:

$$S_{AB} + K = (S_{CB} + K) + (S_{CA} + K),$$

$$S_{AB} + K - S_{CB} - K - S_{CA} - K = 0,$$

$$S_{AB} - (S_{CB} + S_{CA}) = K,$$

где K – постоянная поправка в измеряемые расстояния тахеометром с используемой светоотражательной маркой-призмой.

Такое определение поправки K следует выполнять два, три раза. Отклонения значений K должно находиться в пределах ± 3 мм. (паспортная характеристика точности измерений расстояний светодальномером).

Если расхождения значений K превосходят указанный предел, прибор надо отправить в сервисный центр (ремонтную мастерскую).

Постоянную поправку K в измеряемые расстояния ЭТ необходимо определить для каждой используемой в измерениях светоотражательной марки-призмы. И эту величину надо вводить в память прибора (клавиша ДЛН) перед началом измерений, она будет автоматически учитываться прибором в измеренных расстояниях.

2. Наиболее быстрый, но менее точный метод определения постоянной поправки K комплекта тахеометра с светоотражательными марками-призмами следующий:

Выбрать ровную площадку (асфальт, бетон), закрепить одну точку на местности A и установить над ней ЭТ, приведя его в рабочее состояние. На второй переносный штатив установить светоотражательную марку-призму. Этот штатив устанавливается от тахеометра свободно на расстоянии 5, 7, 10, 15 м. При каждой его установке измеряется ЭТ расстояние, и это же расстояние измеряется при помощи стальной рулетки с миллиметровыми делениями. Ноль рулетки устанавливается на фиксированную точку A ,

полотно рулетки укладывается и натягивается (усилие 10 кг) под переносным штативом так, чтобы можно было взять отсчет по рулетке по кресту сетки нетей оптического центрира. Для контроля точности измеренного расстояния рулеткой следует выполнить 3-4 измерения, смещая для этого ноль рулетки и считывая расстояния по оптическим центрирам тахеометра и светоотражательной марки-призмы на штативе.

Разности между расстояниями, измеренными светодальномером и средними значениями из измерений этих же расстояний рулеткой, будут выражать постоянную поправку K . Расхождения между вычисленными значениями K могут достигать 3-4 мм. Наиболее достоверными будут значения K , полученные на коротких расстояниях, это значение K и надо принять за рабочее.

Пользуясь этим методом, можно определять постоянную поправку K для минипризмы, широко используемых в геодезических измерениях.

В этом случае минипризма устанавливается на минимальную высоту вешки (конус) 50мм. Острие конуса устанавливается непосредственно на полотно натянутой рулетки, измеряется расстояние светодальномером. Таких измерений следует выполнить 5-10. Вычислить разности между светодальномерными измерениями расстояний и фактическими – взятыми по рулетке. Среднее значение из этих разностей является постоянной поправкой K для используемой призмы.

Отметим, перед началом измерений круглый уровень, установленный на минипризме, должен быть выверен и отъюстирован.

7. Лазерный указатель створа (направления).

Разделительная линия между зеленым и красным цветом индикатора указателя направления должна совпадать с визирной линией.

Эта поверка выполняется у приборов, имеющих лазерный створоуказатель (серия 50RX).

Для этого в режиме «Установки дальномера» (клавиша ДЛН) нужно установить курсор на излучение СТВОР:

- включить лазерный указатель створа, для этого нажать и удерживать кнопку освещения,
- на расстоянии 20 м от прибора (он установлен и приведен в рабочее состояние) установить на штативе светоотражательную призму и навести при КЛ зрительную трубу на центр призмы,
- установить отсчет по горизонтальному кругу $0^{\circ}00'00''$ (дважды нажать клавишу Уст 0),
- глядя в зрительную трубу, увидим цвет – красный или зеленый, или оба цвета.

Если виден только красный или только зеленый цвет, то требуется юстировка прибора. Для этого надо поворачивать юстировочный винт указателя створа (он находится наверху зрительной трубы у объектива) при красном цвете – по часовой стрелке до момента совпадения раздели-

тельной линии с перекрестием сетки; если виден зеленый цвет, то винт надо поворачивать против часовой стрелки до момента совпадения разделительной линии с перекрестием.

Если видны оба цвета, то прибор надо поворачивать микрометрическим винтом горизонтального круга до момента, когда будет виден только один цвет, например, зеленый. Надо снять отсчет по горизонтальному кругу, например, $0^{\circ}06'36''$, затем повернуть прибор в другую сторону пока не будет виден только красный цвет. Снять отсчет по кругу, например, он будет $359^{\circ}57'06''$, т.е. угол будет равен $2'54''$. Следовательно, разность отсчетов (асимметрия) будет равна $3'42''$, и разделительная линия смещена в зеленый спектр.

Вращая юстировочный винт, надо добиться положения разделительной линии до ее совпадения с перекрестием сетки нитей, затем вновь измерить углы до появления только зеленого и только красного цвета. Разность углов не должна превосходить $1'$. Если разность углов больше $1'$, юстировку следует повторить.

9.5. Нивелиры

Геодезические измерения, в результате которых определяются превышения одной точки относительно другой, называются нивелированием. Если при этом используется горизонтальная визирная линия, то такое нивелирование называется геометрическим, а прибор, образующий горизонтальную линию, носит название – нивелир. В зависимости от точности определения превышений геометрическое нивелирование подразделяется на I, II, III, IV классы и техническое.

При решении инженерных задач используется нивелирование II–IV класса точности, а также техническое. Наиболее широко используется нивелирование III и IV класса, техническое, характеризующиеся средними квадратическими погрешностями $m_{III} = 10 \text{ мм} \sqrt{L}$, $m_{IV} = 20 \text{ мм} \sqrt{L}$, $m_{\text{техн}} = 50 \text{ мм} \sqrt{L}$ (где L – длина хода в км), соответственно.

Под соответствующий класс точности нивелирования созданы приборы в России и зарубежными фирмами. Нивелиры конструктивно оснащены компенсаторами, при помощи которых визирная линия автоматически устанавливается в горизонтальное положение, достаточно лишь привести прибор к горизонту, используя круглый уровень, точность которого может быть $6' - 8'$. Чем выше класс точности нивелира, тем большее у него увеличение зрительной трубы ($32^{\times}$, $28^{\times}$, $24^{\times}$), и тем точнее приведение линии визирования в горизонтальное положение $0,3'' - 0,8''$ (угол «компенсации»).

Нивелиры различаются по двум основным признакам: по точности и по способу приведения визирной оси в горизонтальное положение.

Согласно ГОСТу по точности нивелиры делятся на три типа:

1) Н-05 – нивелир высокоточный с оптическим микрометром для определения превышений с погрешностью не более 0,5 мм на 1 км двойного хода; предназначен для нивелирования I и II классов;

2) Н-3 – нивелир точный для определения превышений с погрешностью не более 3 мм на 1 км двойного хода; служит для нивелирования III и IV классов и при инженерно-геодезических изысканиях;

3) Н-10 – нивелир технический для определения превышений с точностью не более 10 мм на 1 км двойного хода; предназначен для нивелирования при обосновании топографических съемок, инженерно-геодезических изысканиях и в строительстве.

По способу установки визирной оси в горизонтальное положение различают два типа нивелиров:

1) нивелиры с уровнем при зрительной трубе (Н-05, Н-3, Н-10);

2) нивелиры с компенсатором (Н-05К, Н-3К, Н-10К).

У нивелиров первого типа зрительная труба и цилиндрический уровень скреплены вместе и могут наклоняться на небольшой угол относительно подставки прибора с помощью элевационного винта; такая конструкция облегчает приведение визирной оси в горизонтальное положение по цилиндрическому уровню. *Главное условие*, предъявляемое к таким нивелирам, – *взаимная параллельность визирной оси VV и оси цилиндрического уровня UU* (рис.94). При соблюдении этого условия визирная ось зрительной трубы 1 займет горизонтальное положение после установки пузырька цилиндрического уровня 2 в нуль-пункт.

У нивелиров с компенсаторами (с самоустанавливающейся линией визирования) приближенная установка оси вращения прибора производится по круглому уровню; после этого в работу включается компенсатор, который автоматически приводит визирную ось в горизонтальное положение. *Главное условие*, предъявляемое к нивелирам данного типа, – *горизонтальность визирной оси в пределах углов стабилизации компенсатора* ($\pm 8 - 25''$). Нивелиры с компенсаторами в последние годы получили широкое распространение в инженерно-геодезической практике, т.к. обеспечивают более высокую производительность труда, особенно при работе на неустойчивых грунтах.

Точные и технические нивелиры могут изготавливаться также с лимбами для измерения горизонтальных углов; при этом в шифре нивелира добавляется буква Л (например, Н-3Л, 2Н-10КЛ).

Выпускаемые предприятием УОМЗ по ГОСТ 10528–90 нивелиры 4Н-2КЛ, 4Н-3КЛ, 3Н-5Л отличаются более современной конструкцией и повышенными требованиями к точности определения превышений.

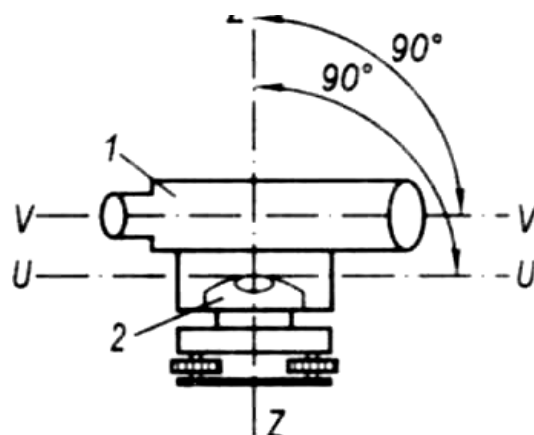


Рис. 94. Принципиальная схема нивелира с уровнем при зрительной трубе

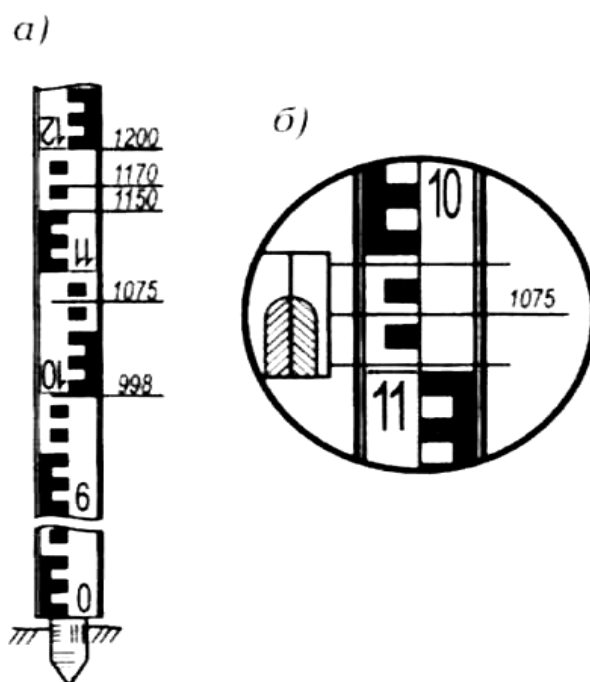


Рис.95. Взятие отсчетов по рейке:
а – вид рейки; б – изображение рейки в поле зрения трубы

Нивелиры с уровнем при зрительной трубе. Из приборов данного типа рассмотрим нивелиры Н-3 и Н-10, получившие широкое распространение в геодезической практике.

Точный нивелир Н-3 служит для нивелирования III и IV классов и используется также для производства технического нивелирования. Он состоит (рис. 96, а, б) из двух основных частей: верхней подвижной и нижней, представляющей собой *подставку 3* с тремя *подъемными винтами 2* и *пружинящей пластиной 1*. Через втулку пластины проходит *становой винт*, с помощью которого нивелир закрепляется на штативе. Верхняя часть нивелира состоит из *зрительной трубы 7*, с которой жестко связан контактный *цилиндрический уровень 4* с ценой деления 15" и призматическое

устройство, передающее изображение концов пузырька уровня в поле зрения трубы (см. рис. 96,б). Это позволяет одновременно наблюдать за рейкой и уровнем. Зрительная труба с внутренним фокусированием состоит из объектива 5 и окуляра 8; имеет увеличение 30,5'; фокусирование трубы осуществляется *кремальерой* 11.

Для юстировки цилиндрического уровня в корпусе со стороны окуляра имеются четыре юстировочных (исправительных) винта, закрытых крышкой. Для грубого наведения прибора на рейку на корпусе зрительной трубы имеется *мушка* 6; точное наведение осуществляется *наводящим винтом* 13 при зажатом положении *закрепительного винта* 12.

Предварительную установку нивелира в рабочее положение проводят по *круглому уровню* 9 путем вращения подъемных винтов. Точное приведение визирной оси трубы в горизонтальное положение выполняют с помощью *элевационного винта* 10, совмещая изображения концов пузырька уровня.

Современная модификация точного нивелира 2Н-3Л отличается от нивелира Н-3 наличием наводящего винта бесконечной наводки и лимба для измерения горизонтальных углов с точностью отсчитывания по нониусу $0,1^\circ$, зрительной трубой прямого изображения и рядом других технических новшеств.

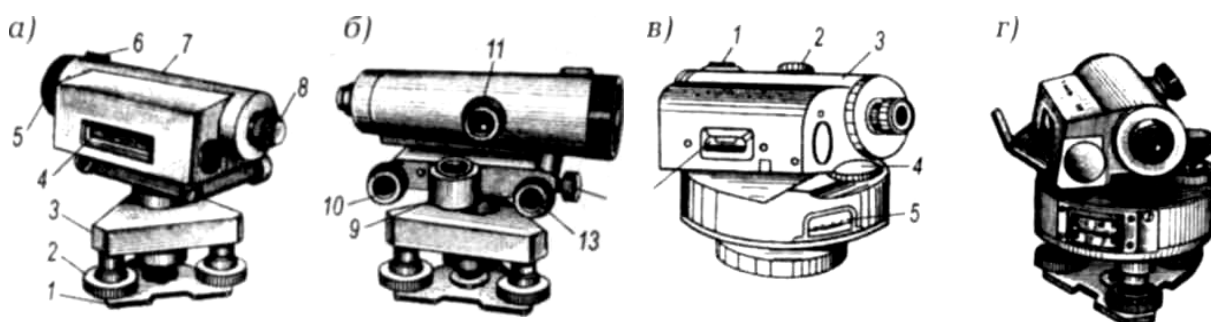


Рис. 96. Нивелиры с уровнем при зрительной трубе: точный нивелир Н-3: а – вид слева; б – вид справа; технические нивелиры; в – Н-10Л; г – 2Н-10Л

Технический нивелир Н-10Л предназначен для технического нивелирования. Он состоит (рис. 96, в) из вращающейся части со зрительной трубой 3 и неподвижной части с горизонтальным кругом 5, закрепляемой на шаровой пяте штатива становым винтом. Зрительная труба с внутренним фокусированием, осуществляемым *кремальерой* 2, имеет увеличение 23'. Со зрительной трубой жестко скреплен контактный цилиндрический уровень 6 с ценой деления $45''$, изображение которого, как и у нивелира Н-3, передается в поле зрения трубы. Предварительная установка нивелира выполняется по *круглому уровню* путем наклона прибора с помощью рукоятки станового винта. Точное совмещение изображения концов цилиндрического уровня осуществляется при помощи *элевационного*

винта 4. Нивелир не имеет обычных закрепительного (зажимного) и наводящего (микрометричного) винтов. Наведение на рейку выполняется вращением трубы от руки по мушке 1, укрепленной на корпусе зрительной трубы. Для измерения горизонтальных углов нивелир снабжен горизонтальным кругом с ценой деления лимба 1° ; отсчеты берутся по индексу, расположенному в окне алидады, с точностью $0,1^\circ$. Малая масса (1,0 кг), компактность и наличие горизонтального круга обеспечивают широкое применение нивелира в геодезических работах на строительных площадках, при изыскании трасс, а также при развитии высотного обоснования крупномасштабных топографических съемок.

У нивелира 2Н-10Л (рис. 109, г) основанием служит подставка с тремя подъемными винтами (вместо шаровой пяты нивелира Н-10Л).

Модификация технического нивелира 3Н-5Л отличается более совершенной конструкцией, оптимальным расположением уровней и рукояток управления и более удобна в эксплуатации. Нивелир обеспечивает точность определения превышений не более 5 мм на 1 км двойного хода.

В настоящее время на практике получили широкое распространение **нивелиры с компенсаторами**. Использование компенсаторов позволяет исключить трудоемкий процесс приведения пузырька цилиндрического уровня в нуль-пункт, что повышает производительность труда при нивелировании примерно на 60 %.

Точный нивелир Н-ЗК (рис. 97, а) имеет самоустанавливающуюся линию визирования. Приближенное горизонтирование нивелира осуществляется по круглому уровню 1 с помощью подъемных винтов, имеющих укрупненный шаг резьбы. Для юстировки линии визирования (при проверке основного геометрического условия) в оправе сетки нитей имеются два юстировочных винта, позволяющие перемещать сетку нитей в вертикальном направлении. При грубом наведении на рейку зрительная труба достаточно легко поворачивается рукой и фиксируется в нужном положении без зажимного винта.

Точное наведение трубы осуществляется вращением одной из двух головок 2 бесконечного наводящего винта. Закрепительного винта нивелир не имеет. Фокусирование зрительной трубы осуществляется кремальерой 3. Увеличение зрительной трубы составляет 30х. Труба нивелира перископическая, поэтому *высота прибора должна измеряться относительно оптического центра объектива*.

Нивелир снабжен призмным компенсатором оптико-механического типа, который обеспечивает автоматическую установку линии визирования в горизонтальное положение с точностью $0,5''$ при углах наклона оси зрительной трубы в пределах $\pm 15'$. Оптическая схема прибора приведена на рис. 96, б. Между объективом 1 с фокусирующей линзой 3 и сеткой нитей 5 с окуляром 6 размещены подвешенная на скрещивающихся стальных нитях 8 призма 7 (чувствительный элемент компенсатора) и скрепленная с

корпусом зрительной трубы 2 призма 4. Нити подвески скрещиваются в центре тяжести 9. Гашение колебаний подвесного устройства компенсатора обеспечивается воздушным демпфером 10 поршневого типа. Геометрические параметры оптической схемы зрительной трубы подобраны таким образом, что при наклоне трубы на некоторый угол произойдет его компенсация, т. е. визирный луч вновь займет горизонтальное положение.

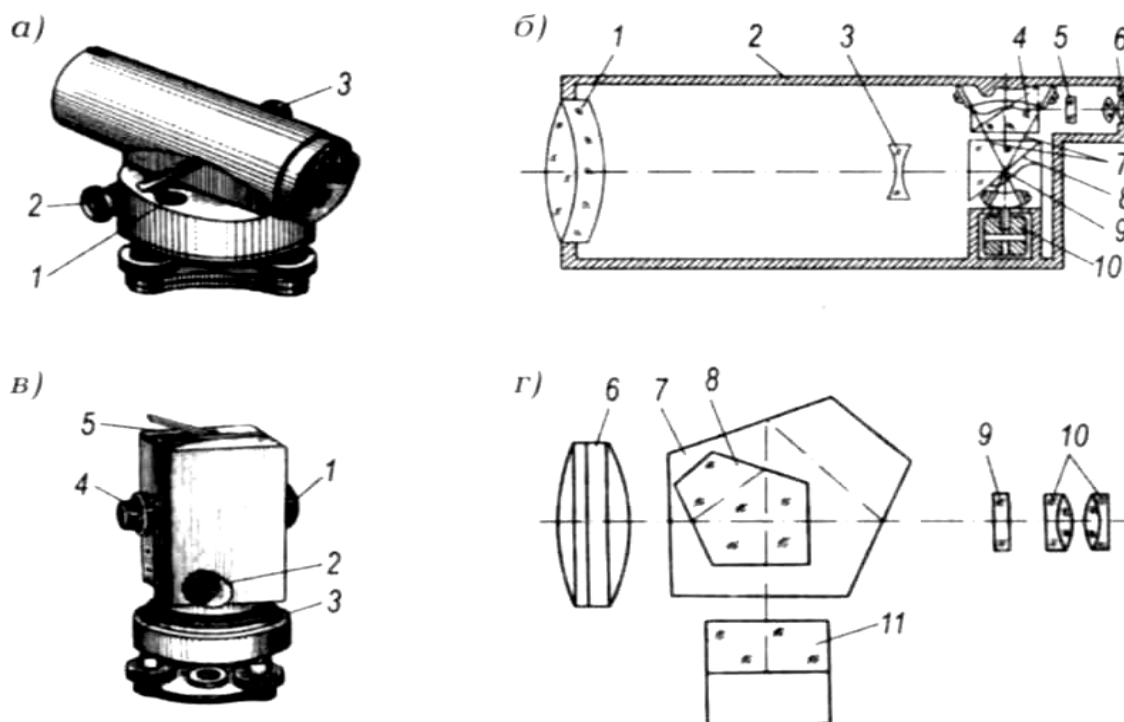


Рис. 97. Нивелиры с компенсаторами: точный нивелир Н-3К: а – общий вид; б – оптическая схема компенсатора; технический нивелир Н-10КЛ; в – общий вид; г – оптическая схема компенсатора

Нивелир 2Н-3КЛ имеет горизонтальный круг; его компенсатор работает при углах наклона оси вращения прибора в пределах $\pm 25'$, точность установки визирной оси в горизонтальное положение $0,2''$.

Нивелир 4Н-2КЛ последней модификации может быть оснащен насадкой НОМ (оптическим микрометром), что позволяет повысить точность определения превышений до 1 мм на 1 км двойного хода.

Технический нивелир 2Н-10КЛ – прибор с самоустанавливающейся линией визирования. Зрительная труба нивелира 1–4 прямого изображения, включая компенсатор и другие оптические детали, заключена в термоизоляционный кожух. Нивелир имеет горизонтальный круг 3 с ценой деления лимба 1° ; точность отсчета по индексу составляет $0,1^\circ$.

Нивелир не имеет наводящего винта, зрительную трубу наводят на рейку вращением верхней части прибора рукой. Предварительная установка нивелира осуществляется подъемными винтами по круглому уровню 5 с ценой деления $10'$. Для исправления положения визирной оси имеются юстировочные винты сетки нитей.

Призменный компенсатор нивелира обеспечивает установку визирной оси в горизонтальное положение при наклоне подставки в пределах $\pm 20'$ с точностью до $1''$. Оптическая схема зрительной трубы нивелира приведена на рис. 110, г. Луч света через объектив 6 попадает на отражающие грани большой пентапризмы 7, изменяя его направление на 90° , после чего поступает на чувствительный элемент 11 компенсатора маятникового типа. Претерпев в призме 7 двукратное отражение, луч попадает в малую пентапризму 8, которая, изменив его направление еще раз на 90° , направляет в систему линз окуляра 9, 10. Пентапризмы укреплены неподвижно, прямоугольная призма, заключенная в подвижную раму, подвешена на двух подшипниках. Фокусировка зрительной трубы осуществляется перемещением призмы 8 в вертикальной плоскости при помощи кремальеры 2.

9.5.1. Поверки и юстировки нивелиров

Перед началом геодезических измерений нивелир необходимо поверить и если надо – отъюстировать. Но прежде всего следует проверить исправность штатива. Он должен быть устойчив, т.е. не иметь люфта в головке штатива и в наконечниках ножек штатива. Недостатки устраняются подтяжкой болтов, скрепляющих элементы штатива. Стоит убедиться в функциональности зажимных винтов ножек штатива.

Нивелир закрепляется становой винтом на головке надежно установленного штатива. Подъемными винтами подставки пузырек круглого уровня приводится в нуль-пункт. Если штатив имеет сферическую головку, то надо слегка ослабить становой винт и, перемещая руками прибор по головке, добиться, чтобы пузырек уровня был близок к центру. Далее закрепить становой винт и при помощи подъемных винтов подставки привести пузырек уровня в центр.

Нивелир должен удовлетворять следующим геометрическим условиям:

1. Ось круглого уровня должна быть отвесной и параллельной оси вращения прибора.

Для проверки этого условия надо взять отчет по горизонтальному кругу нивелира и повернуть его на 180° . Если пузырек останется в центре, то условие выполнено. В противном случае его надо переместить на половину дуги отклонения к центру подъемными винтами подставки, а на другую, т.е. в центр, переместить юстировочными винтами уровня. Вновь повернуть прибор на 180° . Если пузырек уйдет из центра, юстировку надо повторить. В результате после завершения юстировки пузырек уровня должен остаться в центре при любом положении зрительной трубы. Далее следует отфокусировать окуляр до резкого изображения сетки нитей, вращая окулярное кольцо. Навести зрительную трубу на рейку и убедиться в отсутствии параллакса. Параллакс отсутствует в том случае, когда изображение рейки и сетки нитей остаются неподвижными относительно

друг друга при изменении положения глаза наблюдателя относительно окуляра. Если параллакс имеется, его надо устранить фокусировкой зрительной трубы. При невозможности его устранения прибор подлежит ремонту в мастерской. Параллакс может привести к большим ошибкам в измерениях!

2. Поверка работы компенсатора

Навести зрительную трубу на рейку, взять отсчет по рейке. Слегка стукнуть пальцем по корпусу прибора или ножкам штатива, не отрывая глаз от зрительной трубы. Нить сетки должна качнуться и вновь вернуться на место (на прежний отсчет). Это указывает, что компенсатор работает. Или, глядя в зрительную трубу, взять по рейке отсчет, затем повернуть подъемный винт подставки на $1/8$ оборота. При этом нить должна качнуться, а затем встать на прежнее место (на прежний отсчет) – компенсатор работает. Если отсчет по рейке изменился, т.е. нить не заняла прежнее место, компенсатор не работает. Убедиться в этом еще раз, повторив контроль. Прибор надо сдать в ремонтную мастерскую. Работу компенсатора следует проверять каждый раз перед началом измерений.

3. Вертикальная нить сетки должна быть отвесной и параллельной оси вращения нивелира, а горизонтальная – перпендикулярна к ней.

На расстоянии 15–20 м от нивелира подвешивается тяжелый отвес и вверху поля зрения трубы нить сетки совмещается с нитью отвеса. Если внизу поля зрения трубы нить совпадет с отвесом – условие выполнено. Если имеется несовпадение более 0,5 мм, необходима юстировка. Для этого надо: снять защитный кожух юстировочных винтов сетки, ослабить 4 винта, скрепляющих обойму сетки с корпусом трубы, и, вращая сетку вокруг визирной линии (под винтами имеются вырезы в обойме сетки), совместить нить сетки с нитью отвеса. Винты аккуратно закрепить. Навести зрительную трубу на рейку, например в левый край поля зрения трубы, и взять отсчет. Затем перевести изображение рейки в правый край поля зрения, взять отсчет по рейке. Отсчеты должны быть одинаковы (перпендикулярность нити гарантируется заводом изготовителем).

Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна к вертикальной нити, а вертикальный штрих – параллелен оси вращения нивелира.

Перпендикулярность горизонтального и вертикального штрихов сетки нитей гарантируется заводом-изготовителем. Поэтому проверка этого условия может быть выполнена различными способами.

I способ. На расстоянии 20–25 м от нивелира подвешивают отвес (рис. 98, а). По круглому уровню тщательно приводят ось вращения нивелира в отвесное положение. Зрительной трубой визируют на отвес и совмещают один из концов вертикального штриха сетки с нитью отвеса. Если другой конец вертикального штриха отходит от нити отвеса более чем на 0,5 мм, то проводят исправление положения сетки нитей.

II способ. Нивелир наводят на рейку так, чтобы ее изображение в трубе оказалось в левой части поля зрения (рис. 98, б, позиция 1), и берут отсчет по горизонтальной нити сетки. Поворотом нивелира переводят изображение рейки в правую часть поля зрения трубы (рис. 98, б, позиция 2) и вновь берут отсчет по рейке. Взятые отсчеты не должны различаться более чем на 1 мм.

У нивелира Н-3 доступ к сетке нитей возможен только после отделения окулярной части от корпуса зрительной трубы, для чего предварительно вывинчивают крепежные винты 1 (рис.98, в). Затем ослабляют винты 2 секторной пластинки 3, несущей сетку нитей, и поворачивают ее в нужную сторону за счет люфта в отверстиях винтов. Проверяют правильность исправления сетки нитей и после этого завинчивают все винты.

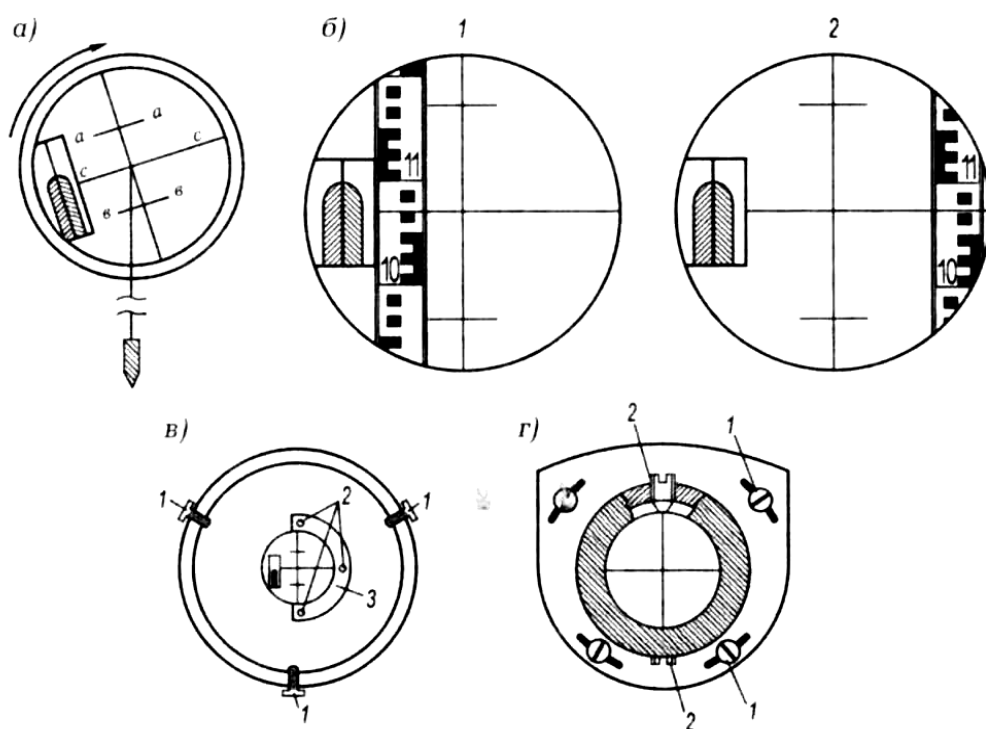


Рис. 98. Схема проверки сетки нитей нивелира

У нивелиров с компенсатором (Н-ЗК, Н-10К) исправление положения сетки нитей выполняют поворотом оправы сетки совместно с корпусом окулярного колена. Для этого с окулярной части трубы снимают защитный колпачок, закрывающий крепежные винты 1 окуляра 2, и ослабляют крепежные винты 2 сетки нитей (рис.98,г); сетку поворачивают, горизонтируя среднюю нить. Затем винты вновь закрепляют и повторяют проверку.

4. Визирная линия нивелира должна быть горизонтальной

Эта проверка носит название – проверка главного условия нивелира. Невыполнение условия приводит к погрешности, называемой (обозначаемой) x . Проверку можно выполнить двумя методами.

1. Нивелирование из середины

На местности закрепляются две точки на расстоянии примерно 50-70 м. Нивелир устанавливается точно посередине между указанными ранее точками ($\pm 10-20$ см). Берутся отсчеты по рейке a_1 и b_1 (рис. 99), вычисляется превышение между точками A и B

$$h = a_1 - b_1. \quad (69)$$

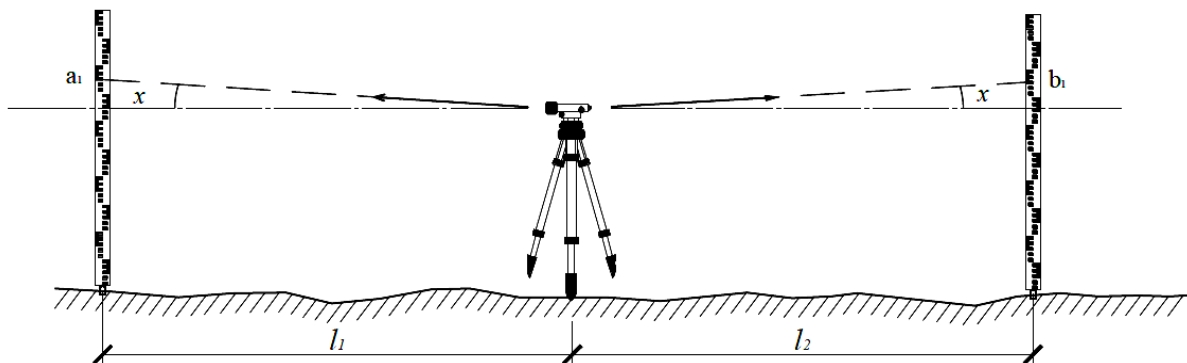


Рис.99. Схема проверки главного геометрического условия нивелира способом «из середины»

Здесь значение h безошибочно, так как отклонение x визирной линии от горизонта одинаково на заднюю и переднюю рейки. Следовательно, при разности отсчетов оно исключается.

Затем нивелир переставляется из середины к точке A (рис.100) с учетом возможности взятия отсчета по рейке (≈ 2 м). Берутся отсчеты по рейке a_2 и b_2 .

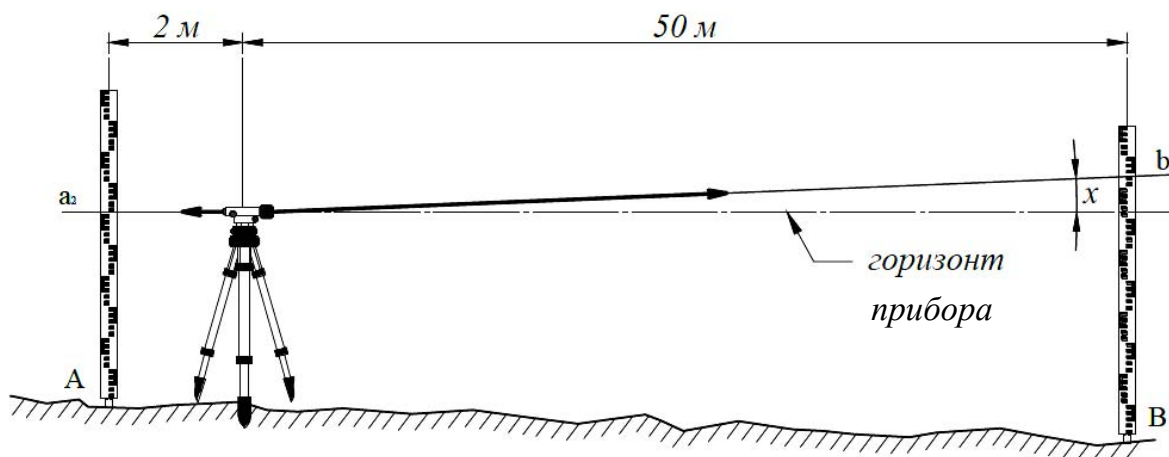


Рис.100. Схема проверки главного геометрического условия нивелира

Отсчет a_2 будет практически безошибочным из-за негоризонтальности визирной линии нивелира, т.к. он близко расположен к рейке, а b_2 будет содержать составляющую x . Следовательно, можно вычислить отсчет b_2' по рейке свободный от значения x (70), а также и x (71)

$$b_2' = a_2 - h, \quad (70)$$

$$x = b_2 - b_2'. \quad (71)$$

Если значение $x \leq 3$ мм юстировка не требуется.

В противном случае надо снять защитный кожух юстировочного винта компенсатора (винтов сетки) и при помощи шпильки (отвертки) установить отсчет b_2' по рейке, перемещая сетку нетей. Проверку повторить после юстировки.

2. Двойное нивелирование вперед

Этот метод имеет преимущество над рассмотренным выше методом вследствие его корректности. Здесь нивелир устанавливается так, чтобы проекция окуляра зрительной трубы совпадала с точкой A (рис.101). Берется отсчет (a_1) по рейке, установленной на точке B . Измеряется высота прибора над точкой A при помощи рулетки или рейки до середины окуляра. Это можно сделать, наблюдая рулетку или рейку через объектив зрительной трубы и беря отсчет i_1 по центру поля зрения с точностью до 1 мм. Вычисляется превышение между точками A и B :

$$h = (a_1 - x) - i_1. \quad (72)$$

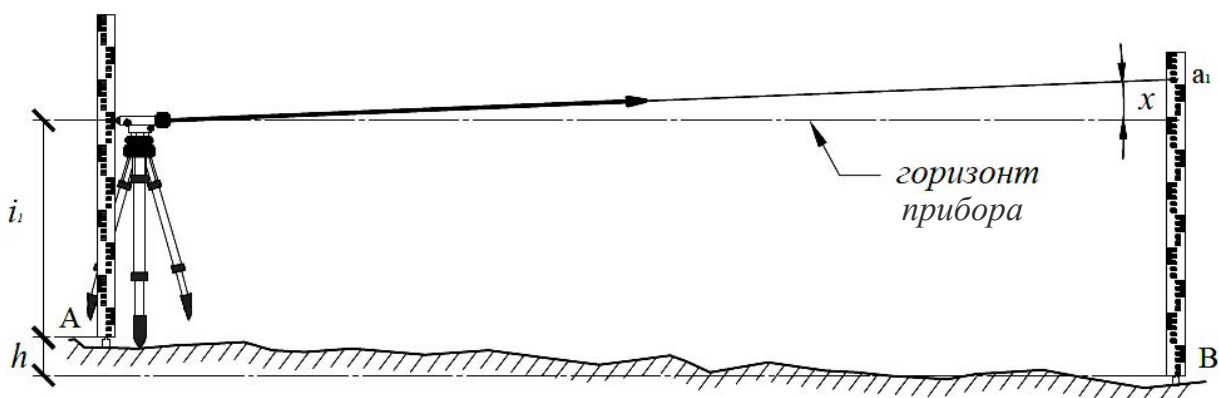


Рис.101. Схема двойного нивелирования

Далее нивелир устанавливается в точке B аналогично точке A . Берется отсчет (a_2) по рейке, установленной в точке A . Измеряется высота прибора i_2 (рис.102) с точностью до 1 мм. Вычисляется превышение:

$$h = i_2 - (a_2 - x). \quad (73)$$

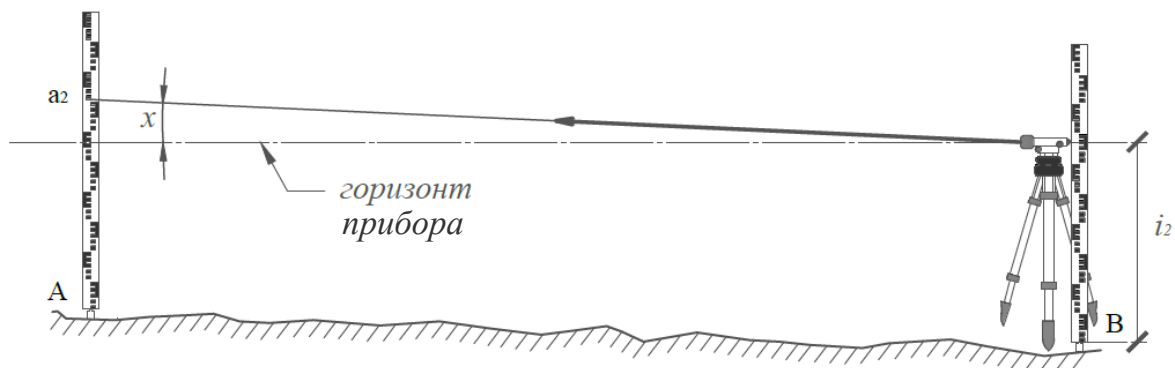


Рис.102. Схема двойного нивелирования

Приравняем выражения (72) и (73), и преобразуем равенство

$$(a_1 - x) - i_1 = i_2 - (a_2 - x), \quad (74)$$

$$a_1 - x - i_1 = i_2 - a_2 + x, \quad (75)$$

$$\frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2} = x. \quad (76)$$

Таким образом, если вычисленное значение x как разность полусуммы отсчетов по рейкам в точках A и B и полусуммы высот нивелира в этих точках при нивелировании вперед (8) не превосходит 3 мм, юстировка не требуется. В противном случае вычисляется значение отсчета a_2' свободное от x ($a_2' = a_2 - x$), и крест сетки нитей перемещается юстировочным винтом компенсатора (винтами сетки) на безошибочный отсчет a_2' . После юстировки поверка повторяется. Здесь (винтами сетки) – относится к нивелиру с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе.

Отметим, при выполнении поверки главного условия нивелира отсчеты берутся по вертикально установленным рейкам в точках A и B по круглому уровню. При отсутствии уровня на рейке ее необходимо качать в направлении нивелира и от него, пересекая вертикаль. Берется минимальное значение отсчета по рейке, что соответствует ее вертикальному положению. Рейка должна устанавливаться на полусферическую головку закрепленных точек.

Поверка главного условия нивелира выполняется периодически, но обязательно – если прибор подвергся тряске при его транспортировке или переносе, а также при большом перепаде температуры окружающей среды (осень-зима, зима-весна). В последнем случае меняется упругость возвратной пружины юстировочного винта компенсатора, что приводит к изменению значения “ x ”.

Цифровой (электронный) нивелир перед началом измерений также необходимо поверить и, если надо, отъюстировать. Поверки следует начать с круглого уровня. Они выполняются аналогично поверкам для оптических нивелиров. Затем надо поверить положение креста сетки нитей: сначала – вертикальность нити, далее – положение горизонтальной нити. Вертикальность поверяется по отвесу, подвешенному в 15-20 м от прибора. При несовпадении вертикальной нити креста с нитью отвеса надо ослабить 4 винта, скрепляющих обойму креста сетки с корпусом зрительной трубы (предварительно снять защитный кожух сетки нитей), повернуть обойму вокруг визирной линии до совпадения с отвесом и закрепить винты.

Положение горизонтальной нити поверяется взятием отсчета по кодовой стороне рейки, установленной в 20 м от прибора, а затем по сантиметровой стороне рейки. Если разность отсчетов более 2 мм, крест сетки надо переместить вертикальными юстировочными винтами сетки до

совпадения кодового отсчета с отсчетом по сантиметровой стороне рейки. Если кодовый отсчет меньше, то сетку надо переместить вверх, ослабив верхний юстировочный винт и подтянув нижний винт.

Далее проверяется *главное условие нивелира – линия визирования должна быть горизонтальной*. Проверка выполняется аналогично изложенным ранее процессам (например, нивелированием из середины и расположением прибора вблизи или за задней рейкой в 3 м). Юстировка выполняется вращением юстировочного винта компенсатора.

9.6. Лазерные нивелиры

Повышение требований к точности и оперативности высотных геодезических измерений привело к созданию новых геодезических приборов – лазерных нивелиров. Лазерные нивелиры основаны на использовании в нивелире оптического квантового генератора (лазера), создающего видимую визирную линию или плоскость. При пересечении видимой плоскостью рейки на ней высвечивается горизонтальная световая линия, по которой берут отсчет. Нивелирные рейки могут быть с визуальным или фотоэлектрическим наведением на ось светового пучка.

Используемые в инженерно-геодезических работах лазерные нивелиры можно разделить на два вида: с горизонтально ориентированным световым лучом и с горизонтально ориентированной световой плоскостью. Оба вида нивелиров могут быть с уровнем при трубе или с компенсатором углов наклона. Лазерные нивелиры создаются в виде самостоятельных приборов (например, Лимка-Горизонт) либо в виде насадок к обычным нивелирам (например, ЛВНЗ / ЛВН5 соответственно к нивелирам 2Н-ЗЛ и 3Н-5Л).

В нивелирах с насадками лазерный луч устанавливается параллельно визирной оси зрительной трубы нивелира (рис. 103, а) либо с помощью призмных систем (или гибких световодов) совмещается с оптической осью нивелира (рис. 103, б). Так, лазерная насадка ПЛ-1 к нивелиру Н-3 (см. рис. 103, б) состоит из излучателя, кронштейна, при помощи которого он крепится к зрительной трубе нивелира, и оптической насадки для направления излучения лазера в зрительную трубу. Окуляр нивелира снабжен откидной призмой, позволяющей работать с прибором как с обычным нивелиром. Если лазерная насадка устанавливается на нивелире с самоустанавливающейся линией визирования, то, проходя через оптический компенсатор, лазерный пучок занимает горизонтальное положение.

Система контроля плоскостности СКП-1 (рис. 104) предназначена для геодезического контроля планировки земельных участков под горизонтальную площадку. Примеры применения лазерного нивелира показаны на рис. 104 и 105. Система состоит из трех основных блоков: лазерного излучателя (передатчика), формирующего горизонтальную плоскость, который неподвижно устанавливается в точке с известной отметкой;

фотоприемного устройства, закрепленного вертикально на строительной машине (бульдозере, скрепере); индикатора положения фотоприемного устройства относительно лазерной плоскости, устанавливаемого в кабине оператора машины. Получая постоянную информацию о высотном положении рабочего органа машины, оператор вручную управляет им. Эти же действия могут выполняться автоматически, что впервые реализовано в системе автоматического управления лучом САУЛ-1.

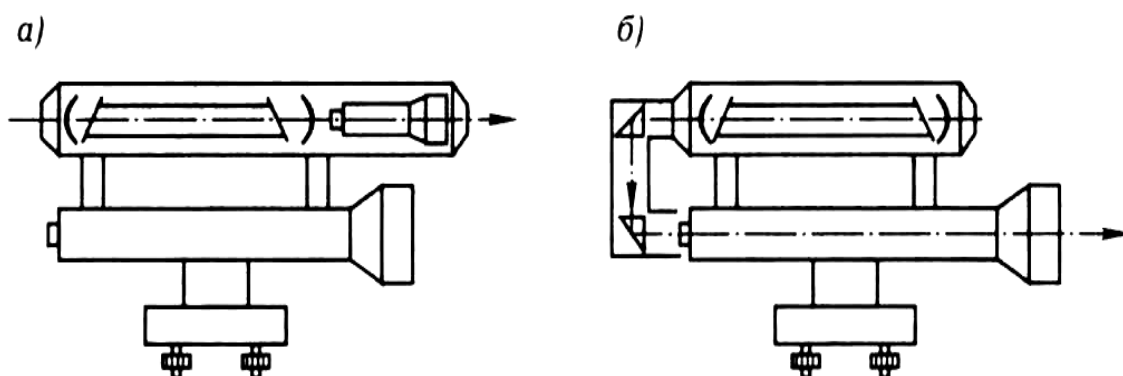


Рис. 103. Схемы лазерных насадок к нивелирам:
а – с параллельным излучателем; б – с призмным вводом светового пучка

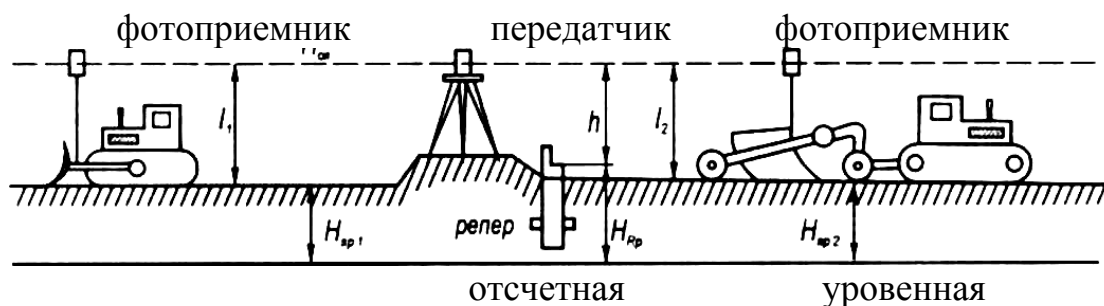


Рис. 104. Схема контроля планировки с помощью системы СКП-1

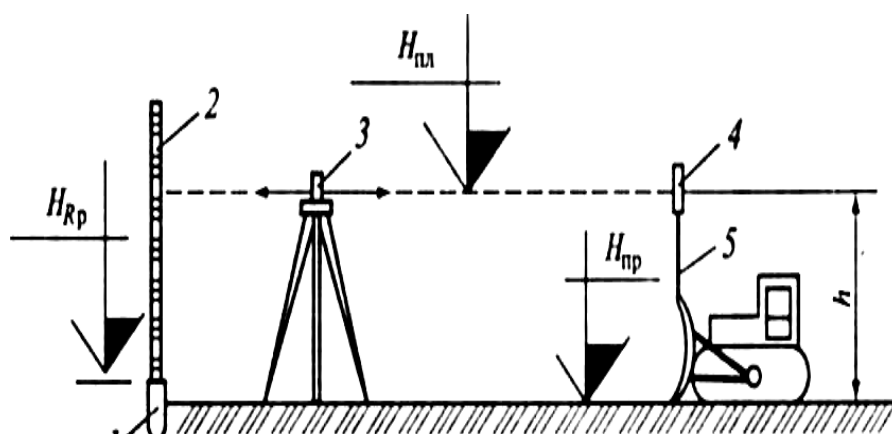


Рис.105. Планировочные работы:
1 – репер; 2 – нивелирная рейка; 3 – лазерный нивелир; 4 – фотоприемник, блок и индикатор решающего устройства на ноже бульдозера; 5 – штанга, по которой перемещается фотоприемник; $H_{пл}$ – отметка планировки; $H_{пр}$ – отметки репера, плоскости лазерного прибора и проектная; h – рабочее превышение

Система СКП-4, являющаяся дальнейшей модернизацией СКП-1, используется для контроля вертикальной планировки участков как под горизонтальную, так и наклонную плоскости. Система обеспечивает контроль планировки, выполняемый любым количеством землеройных механизмов, работающих на площади радиусом до 500 м (до 80 га) практически в любое время суток; при этом производительность труда повышается на 30 %.

Принципиально новым конструктивным решением лазерных нивелиров является возможность задавать в пространстве горизонтальную или наклонную опорную световую плоскость. Это позволяет использовать так называемые *ротационные лазерные нивелиры и системы* для нивелирования площадей, производства геодезического контроля вертикальной планировки и выполнения других нивелирных работ. К ним относятся отечественные лазерные нивелиры НЛ-30, НЛ-20К, СКП-1, СКП-4, ПГЛ-1, САУЛ-1 и др., а также зарубежные Trimble Spectra Precision 1452 GG, LL 600, GL 700 (США), Sokkia LP 30, LP 310 C, MP 400 C, EL 400 HVC (Япония), Geo-Fennel FL-200VA / 100HA / 250A, JP-300 (Германия) и др.

Лазерные уровни и нивелиры предназначены для определения превышения между точками или выноса в натуру проектных отметок. Лазерные нивелиры имеют оптическую систему (две, три и более (до 5) призм), которая разворачивает лазерный луч в плоскость и образует видимые горизонтальные и вертикальные плоскости. Существуют также лазерные нивелиры, в которых не используются призмы для разворота луча в плоскость.

В этом случае речь идет о нивелирах-построителях направлений, лазерные лучи в таких нивелирах строят несколько точек в различных направлениях. Мультипризменные лазерные нивелиры не имеют вращающихся частей, поэтому они гораздо надежнее, легче, компактнее и экономичнее ротационных лазерных уровней. Установка плоскости в горизонтальное положение производится автоматически маятниковым компенсатором. Мультипризменные лазерные нивелиры незаменимы для работы внутри помещений строительных объектов. Ротационные лазерные нивелиры образуют видимую горизонтальную, наклонную, вертикальную плоскость посредством вращения лазерного луча. Установка таких нивелиров осуществляется при помощи пузырьковых уровней или гироскопа с сервоприводом. Ротационные лазерные нивелиры незаменимы при работе вне помещений, для определения превышения используются специальные приемники лазерного излучения, установленные на нивелирные рейки.

В комплекте нивелира **ADA 3D LINER 4V** (рис.106,а) имеются лазерные очки, регулируемый лимб на резиновых ножках, переходник под штатив и удобный кейс с наплечным ремнем. Нивелир оснащен мощными излучателями лазерных линий, за счет которых проецирует на окружающие предметы, а также потолок и стены видимые невооруженным глазом

лучи, которые можно использовать в качестве ориентира для повышения точности ремонтных и строительных работ. Например, для проверки горизонтальности потолка и пола, вертикальности дверных проемов и стен, прямых углов между элементами интерьера, полом, потолками и стенами, для точного монтажа отопительных батарей, розеток, выключателей, подоконников.

Лазерный нивелир RGK UL-221P (рис.106,б) имеет лазерный уровень, который способен проецировать в пространстве две вертикальные и одну горизонтальную плоскости, при этом точность их построения не превышает 0,2 мм на один метр рабочего расстояния.

а



б

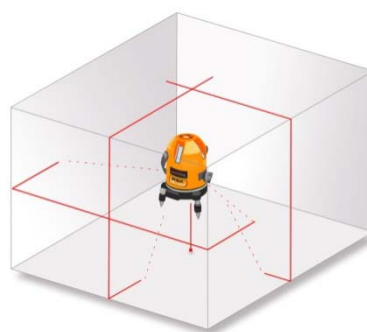


Рис.106. Лазерные нивелиры:
а – ADA 3D LINER 4V; б – RGK UL-221P

В приборе имеется магнитный компенсатор, обеспечивающий самовыравнивание уровня в диапазоне до 5°. Дальность видимости проецируемых лучей составляет 10-20 м, однако имеется возможность применения специального приемника лазерного излучения. При этом дальность работы нивелира может достигать 50 м. Лазерный построитель плоскостей оснащен лазерным отвесом, что облегчает перенос точки с потолка (зенит) на пол (надир).

Нивелир Bosch GLL 2-50 Professional (рис.107) применяется при выполнении строительных, ремонтных и отделочных работ. Сверхточный нивелир с высокой видимостью линий и возможностью диагональной разметки под любым углом. Проецирует по одной вертикальной и горизонтальной линии, которые пересекаются под прямым углом. Нивелир удобен в использовании, так как может строить вертикальную и горизонтальную лазерную линию на окружающих стенах и полу, пересекающихся под прямым углом. Высокую точность обеспечивает автоматическая система автовыравнивания, которую можно отключить для разметки наклонных плоскостей.

Его можно использовать для контроля горизонтальности потолка и пола, вертикальности дверных проемов и стен, прямых углов между элементами интерьера, полом, потолками и стенами; точного монтажа отопительных батарей, розеток, выключателей, подоконников и т.д.



Рис.107. Нивелир «Bosch GLL 2-50 Professional», используемый в качестве ориентира для повышения точности ремонтных и строительных работ

Для получения строго горизонтальной и вертикальной лазерной линии нивелир не требуется устанавливать с прецизионной точностью, используя жидкостный уровень. Достаточно установки «на глаз». Встроенная система выравнивания лазерного луча компенсирует неровную установку прибора, если он отклонен не более чем на 4° в ту или иную сторону. Если лазерный нивелир отклонить больше этого лимита, то он подаст предупредительный сигнал пульсацией лазерных линий и выйдет из режима автоматического выравнивания. Благодаря данной функции становится известно, в каких случаях система выравнивания работает, а в каких нет.

Нивелир Condrol MicroX (рис.108) можно установить на потолочном профиле при помощи специального зажима (например, для удобного монтажа подвесного потолка), подвесить на ремешок (например, на какую-то вертикальную опору) или просто повесить на шуруп или гвоздь за соответствующее отверстие. Прочный корпус прибора соответствует классу IP54, поэтому надежно защищает его от брызг воды и пыли.

Прибор оснащен мощными светодиодами и системой линз, за счет которых проецирует на окружающие предметы, а также потолок и стены видимые невооруженным глазом вертикальный и горизонтальный лучи, которые можно использовать в качестве ориентира для повышения точности ремонтных и строительных работ.

Нивелир можно использовать для проверки горизонтальности, потолка и пола, вертикальности дверных проемов и стен, прямых углов между элементами интерьера, полом, потолками и стенами.



Рис.108. Лазерный нивелир «Condrol MicroX» проецирует классический крест

Иллюстрация примеров использования лазерных нивелиров в строительстве приведена в прил. 5 и 6.

9.7. Цифровые нивелиры

Общий вид цифрового нивелира DiNi 0.3 / 0.7 с указанием основных частей прибора представлен на рис. 109. Приборы DiNi 0.3 и DiNi 0.7 имеют одинаковые габариты и внешний вид, но различаются по точности установки компенсатора, увеличением зрительных труб (соответственно $32^{\times}$ и $26^{\times}$) и используемыми методами нивелирования.

Измерения приборами DiNi можно выполнять как электронным методом с автоматическим считыванием отсчетов по кодовым рейкам, так и визуальным методом с использованием реек типа РН-3, т.е. как оптическим нивелиром.

DiNi 0.3 и DiNi 0.7 позволяют выполнять нивелирование с точностью соответственно 0,3 мм и 0,7 мм на 1 км двойного хода при использовании инварных штрих-кодовых реек с BAR-кодом; 1,0 мм и 1,3 мм – при использовании складных алюминиевых штрих-кодовых реек; при визуальных измерениях по складным рейкам с метрической оцифровкой точность измерений превышений снижается соответственно, до 1,5 мм и 2,0 мм на 1 км хода.

Основные типы реек для цифровых нивелиров DiNi показаны на рис. 110.

При электронных измерениях автоматическое снятие отсчетов по рейкам обеспечивается с помощью специального приемного устройства, в качестве которого в нивелире использована ПЗС-матрица (прибор с зарядовой связью), размещаемая в плоскости изображений, создаваемых зрительной трубой.

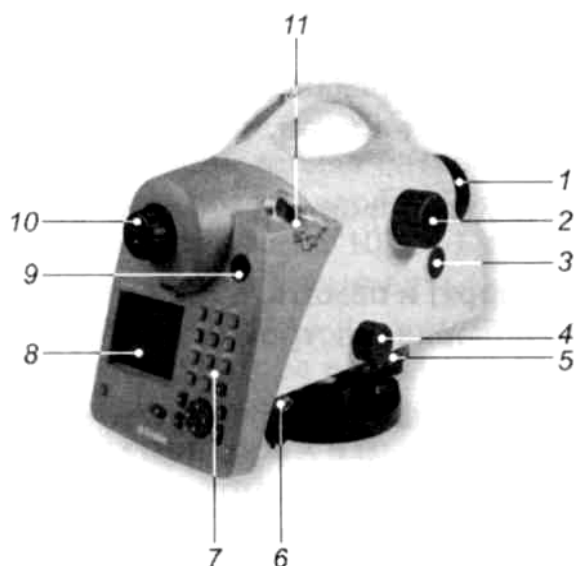


Рис. 109. Общий вид цифрового нивелира DiNi 0.3/0.7:
 1 – объектив с солнцезащитной блендой; 2 – фокусирующий винт;
 3 – кнопка пуска для начала измерений; 4 – наводящий винт; 5 – внешний лимб;
 6 – разъем для подключения питания / связи; 7 – клавиатура;
 8 – дисплей; 9 – окошко круглого уровня; 10 – окуляр; 11 – защитная крышка
 круглого уровня

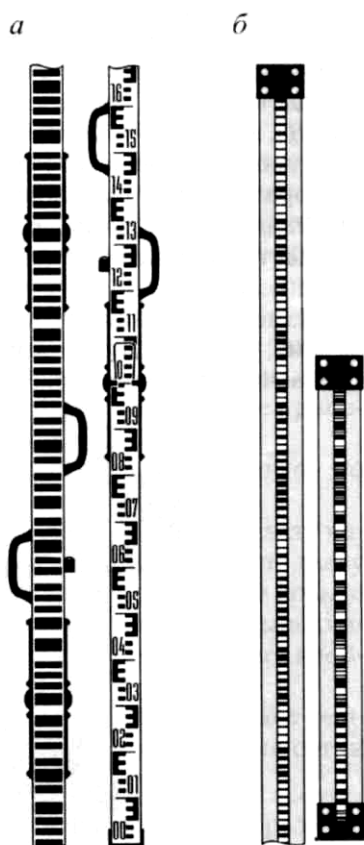


Рис. 110. Рейки для цифрового нивелира DiNi:
 а – LD23 / 24 – деревянные складные рейки с BAR-кодом, Е градуировка, 3 и 4 м;
 б – LD 11 / 12 / 13 – инварные рейки с BAR-кодом, 1, 2 и 3 м

Прибор позволяет также выполнять измерения направлений с помощью горизонтального лимба с ценой деления 1° , что позволяет брать отсчеты по отсчетному индексу до $0,1^\circ$.

В постоянной памяти DiNi хранятся вычислительные константы, рабочие режимы, единицы измерений и другие данные.

Данные, записанные во внутренней памяти, могут храниться в течение неограниченного времени. Всего в памяти прибора может быть сохранено около 30 000 строк с данными. Эти данные могут быть переданы с помощью кабеля непосредственно на персональный компьютер или на карту памяти USB (внешняя память), а также в обратном направлении.

Главное меню (с соответствующими подменю) программного обеспечения прибора включает следующие функции:

1. Файлы (проекты, редактор, импорт (экспорт) и память.
2. Настройки (ввод, допуски / контроли, поверка, настройки прибора, настройки записи).
3. Измерения (одиночные измерения, нивелирный ход, промежуточные измерения, разбивка, непрерывные измерения).
4. Расчеты (уравнивание хода – только для DiNi 0.3).

	Кнопка включения / выключения прибора
	Кнопка пуска для начала измерений.
	Навигационная кнопка, используемая для перемещения по меню, списку или включения / выключения флажка.
	Кнопка ввода, используемая для подтверждения ввода данных.
	Кнопка выхода, используемая для возврата в предыдущий экран.
	Алфавитная кнопка для переключения первой (цифровой от 1 до 9) и второй (алфавитной) функций на клавиатуре; состояние отображается в верхней части экрана.
	Кнопка для отображения экранного меню функций Trimble.
	Кнопка возврата назад, используемая для удаления предыдущих введенных данных.
	Точка и запятая (первая функция); – и + (вторая функция).
	0 (первая функция) и пробел (вторая функция).

Питание прибора осуществляется от литиево-ионного аккумулятора 7,4В; 2,4А, располагаемого в батарейном отсеке. Емкость аккумулятора обеспечивает работу прибора в течение трех дней интенсивной работы (800–1000 измерений в день) без подсветки.

Перед измерениями нивелир устанавливают в рабочее положение, включающее горизонтирование прибора и установку зрительной трубы для наблюдений.



Рис. 111. Клавиатура и дисплей панели управления DiNi 0.3/0.7

После фокусирования трубы следует убедиться в отсутствии параллакса сетки нитей; при движении глаза наблюдателя перед окуляром изображения сетки нитей и делений рейки не должны смещаться относительно друг друга.

Включают прибор нажатием кнопки , после чего на экране отобразится главное меню или незавершенный нивелирный ход. Проверяют уровень зарядки аккумулятора и при необходимости заменяют его, предварительно выключив прибор, чтобы предотвратить потерю информации.

С учетом производства предстоящего вида работ, используя меню «Настройки», выполняют установку параметров прибора, ввод постоянных и допусков, результатов поверки прибора и настройку записей.

Если после установки нивелира в рабочее положение наклон визирной оси выходит за пределы рабочего диапазона компенсатора («залипание» компенсатора), то на дисплее появится сообщение «Компенсатор вне диапазона». При попытке выполнить измерение включается сигнал предупреждения. В этом случае следует заново отгоризонтировать прибор и при необходимости выполнить поверки.

9.8. Нивелирные рейки и их исследования

Нивелирная рейка – прибор, при помощи которого определяется величина превышения при нивелировании. Для нивелирования I, II, III, IV кл., а также высокоточного инженерно-технического нивелирования используются 3-х метровые цельные рейки. Для высокоточного нивелирования используются штриховые инварные рейки с 0,5 см делениями, для III, IV кл. нивелирования – шашечные с сантиметровыми делениями цельные 3-х метровые.

В строительном комплексе широкое применение в настоящее время нашли 3, 4, 5-метровые телескопические алюминиевые рейки с сантимет-

ровыми делениями (звено 1 м). В высокоточном цифровом нивелировании (электронном) применяются рейки штриховые кодовые с одной стороны и шашечные с сантиметровыми делениями с другой стороны, рейки из углепластика, фибerglassа.

Прежде чем приступить к измерениям, нивелирные рейки необходимо исследовать:

- осмотреть шкалы, пятки, замки-фиксаторы телескопических реек, их функциональность;

- степень коробления (прогиба) плоскости рейки. Для этого надо натянуть капроновые тонкие нити вдоль ребра рейки через ее пятку и верх, измерить при помощи линейки с миллиметровой шкалой стрелки прогиба (двухавровая форма поперечного сечения рейки – антикоробление) плоскости шкалы. Допускаются величины стрелок прогиба не более для нивелирования:

II кл. – 2 мм, III кл. – 4 мм, IV кл. – 7 мм, технического – 10 мм;

- правильность крепления на ребрах рейки кронштейнов для подвески и центрирования нитяного отвеса (для установки рейки в вертикальное положение). Поверяется выверенным теодолитом при двух положениях рейки;

- правильность установки круглого уровня на рейке. Поверяется при помощи нитяного отвеса, повешенного вдоль ребра рейки. Ребро рейки устанавливается параллельно нити отвеса в обеих плоскостях. В этом положении пузырек уровня должен быть в нуль-пункте. Если имеется отклонение пузырька, то оно устраняется юстировочными винтами уровня. Эту поверку можно выполнить, используя вертикальную нить креста сетки вместо отвеса. Положение рейки надо наблюдать в двух плоскостях, приводя при этом пузырек уровня в нульпункт его юстировочными винтами;

- пятка рейки должна быть перпендикулярна к оси рейки. Разности высот идентичных точек пятки рабочей пары реек должны быть равны нулю. Для контроля обе рейки поочередно надо устанавливать вертикально, на удалении от нивелира 8-10 м, на полусферическую головку в точках на краях и середине пятки, беря отсчеты по рейке. Таких приемов измерений должно быть не меньше двух. Затем по данным измерений вычисляется перекося пятки и разности высот идентичных точек рабочей пары реек. Если рейки снабжены подпятниками, то это исследование не проводится;

- определение разности высот нулей черной и красной стороны реек. На расстоянии около 20 м от нивелира поочередно устанавливаются рейки в вертикальное положение на костыль (башмак) со сферической головкой, берутся отсчеты по черной и красной сторонам реек. *Разность отсчетов по красной стороне и черной называется пяткой рейки.* Таких определений надо выполнить около 10-12 на разных участках рейки по высоте. За

окончательный результат принимается среднее из всех определений. Разность пятков реек №1 и №2 называется «разностью пары реек», и она является одним из полевых контролей на станции при производстве нивелирования;

- определение длины метровых интервалов шкал реек, вычисление средней длины рабочего метра пары реек. Выполняется при помощи контрольной (женевской) линейки в помещении с постоянной температурой. Измеряются метровые и дециметровые отрезки рейки, отмеченные острым карандашом. Измерения выполняются в прямом и обратном направлениях. В каждом направлении отрезки измеряются дважды, для этого линейка несколько сдвигается. Таким образом, получаем 4 значения отрезков, из которых выводится среднее значение метра, а также вычисляются случайные ошибки дециметровых отрезков;

- определяется совпадение нуля шкалы черной стороны рейки с пяткой. Для этого к пятке прикладывается лезвие бритвы и при помощи линейки измеряется отрезок до ближайшего края четко очерченного штриха или шашки сантиметра. Таким образом, устанавливается разность нулей пары реек.

В строительстве используются телескопические раздвижные алюминиевые рейки с сантиметровыми делениями. Их метровые и дециметровые отрезки измеряются при помощи стальной прокомпарированной рулеткой с миллиметровыми делениями. При этом особое внимание следует обратить на фиксацию колен рейки замками. Используя результаты компарирования рейки, надо вводить соответствующие поправки в превышения и отсчеты по рейке при производстве разбивочных и контрольных измерительных работ, а при особо ответственных работах – использовать только первое колено рейки.

Штрих-кодовые рейки для цифрового (электронного) нивелира исследуются для каждого комплекта на специальном лабораторном компараторе, оснащенный соответствующей измерительной аппаратурой, например, интерферометром. В результате выдается уравнение ввода поправок в измеренные превышения.

9.9. Контроль работы индуктивного трубокабелеискателя

Точность работы индуктивного трубокабелеискателя можно определить непосредственно положением коммуникаций в нескольких точках. Для того, чтобы восстановить местоположение этих точек после шурфования, надо вынести их закрепление за зону земляных работ в виде трех нитей, пересекающихся в отмеченной точке коммуникаций, называемый «паук» (рис.112). Затем вскрыть коммуникацию шурфованием, восстановить ранее закрепленную точку по трубокабелеискателю и измерить вектор отклонения от фактического положения коммуникации. Таких

определений векторов отклонений следует выполнить в нескольких точках примерно на одинаковой глубине заложения коммуникации. И из полученных результатов вывести среднее значение отклонения, что и будет являться погрешностью работы прибора.

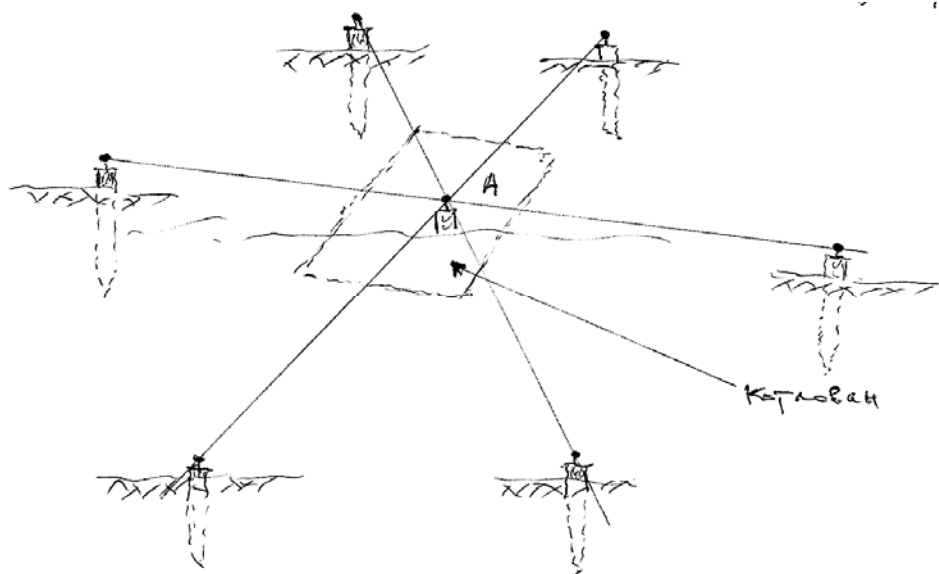


Рис.112. Схема фиксирования планового положения опорного знака

Естественно для разных глубин заложения коммуникаций погрешность работы трубокабелеискателя будет разной, что можно установить изложенным выше способом.

Посредством прямых измерений определяется погрешность прибора по определению положения коммуникации по глубине, как разность фактической глубины и показаниям прибора.

9.10. Порядок обращения с геодезическими приборами

Геодезические приборы являются точными и сложными приборами и требуют бережного обращения и тщательного ухода. Последнее обеспечивает хорошее качество измерений и увеличивает срок эксплуатации приборов. Перед началом работы с новым прибором необходимо внимательно изучить его конструкцию, особенности эксплуатации и основные правила ухода и хранения.

После получения прибора следует обратить внимание на состояние его упаковки и произвести общий осмотр прибора. Прибор должен свободно, без усилий выниматься и укладываться в упаковочный ящик или футляр; при правильной укладке прибор в ящике должен быть неподвижным. В руках прибор удерживают за его подставку или подставку зрительной трубы.

Для осмотра прибор устанавливают на штатив и прикрепляют к его головке станovým винтом. В первую очередь следует убедиться в отсутствии механических повреждений металлических и стеклянных деталей прибора, произвести проверку и регулировку его металлических деталей, обратив внимание на состояние и работу всех винтов прибора, на плавность вращения его отдельных частей.

После осмотра прибора необходимо выполнить его поверки, соблюдая при этом их определенную последовательность, которая обеспечивала бы неизменность проделанных ранее исправлений. При юстировках надо осторожно обращаться с исправительными винтами, чтобы не нарушить их нарезку. Если исправительные винты имеют встречные винты, то перед завинчиванием исправительного винта следует ослабить соответствующий встречный винт.

При установке прибора в рабочее положение необходимо следить, чтобы головка штатива была примерно горизонтальна, а подъемные и наводящие винты находились в среднем положении, т.е. имели достаточный запас хода в любую сторону. Повороты прибора вокруг его осей при наведении на цели грубо выполняют от руки, а точную наводку после завинчивания зажимных винтов осуществляют наводящими винтами, работая ими на ввинчивание. Следует избегать чрезмерного завинчивания станového и зажимных винтов.

Не допускается оставлять прибор на штативе незакрепленным станovým винтом даже на короткое время. При небольших расстояниях между станциями прибор можно переносить на штативе, предварительно закрепив все его подвижные части. Во время небольших перерывов в работе разрешается оставлять прибор на штативе, накрыв его чехлом из мягкого материала.

Во время наблюдений прибор должен быть защищен от солнечных лучей и атмосферных осадков с помощью полевого зонта. По окончании работы перед укладкой прибора в ящик следует очистить мягкой кистью все его части от пыли, наружную поверхность стеклянных деталей протирают рисовой папиросной бумагой или мягкой салфеткой из льняной либо тонкой хлопчатобумажной ткани. Жирные пятна с линз удаляют чистой ватой, смоченной спиртом. При необходимости внутренние трущиеся части смазываются костью маслом. Ремонт приборов должен производиться в специальных мастерских. Разборка прибора в период полевых работ допускается только в исключительных случаях, т. к. его правильная сборка требует большого опыта.

При работе в зимних условиях после внесения прибора в теплое помещение необходимо оставлять его в ящике на 1–2 часа, располагая вдали от нагревательных приборов; затем прибор вынимают из ящика и тщательно протирают чистой мягкой салфеткой. При перевозке приборов на большие расстояния следует тщательно оберегать их от тряски и

ударов. Хранить геодезические приборы рекомендуется в сухом вентилируемом помещении с постоянной температурой в пределах $12-16^{\circ}$. Рейки (особенно деревянные) надо оберегать от сырости и не допускать порчи окраски. Во время перерывов в работе рейки укладывают на ровной поверхности, чтобы избежать их прогиба. При переноске рейки следует держать ребром на плече. Стальная пятка рейки должна быть всегда чистой и сухой. Хранить рейки следует в вертикальном положении в специальных стойках.

Мерные ленты и рулетки надо разворачивать осторожно, чтобы избежать их закручивания и образования петель, ведущих к поломке полотен. Мерную ленту при разматывании не следует спускать с кольца. Нельзя оставлять ленту на проезжей части дороги. При измерении длин ленту (рулетку) следует переносить вдвоем на весу, держа ее за оба конца, не допускать резких рывков при натяжении и изгибов полотна. По окончании работы ленту (рулетку) и шпильки необходимо протереть сухой, а затем промасленной тряпкой.

Уход и правильное обращение с геодезическими приборами гарантируют их высокую точность, безотказность в работе и долговечность.

Вопросы для самоконтроля знаний

1. Перечислите типы оптических теодолитов в зависимости от точности измерений и назначения.
2. Каковы основные поверки и юстировки оптических теодолитов?
3. Назовите прибор вертикального проектирования.
4. Перечислите типы электронных теодолитов в зависимости от прочности измерений и месте их применения.
5. Каково целевое назначение лазерных теодолитов?
6. Устройство цифрового теодолита и его виды.
7. Какие электронные тахеометры вы знаете и их целевое назначение?
8. Содержание поверки и юстировки электронного тахеометра.
9. Назовите типы нивелиров в зависимости от точности измерений и их целевого назначения.
10. Виды лазерных нивелиров, используемых в инженерно-геодезических работах.
11. Последовательность и порядок поверки и юстировки нивелиров.
12. Порядок исследования нивелирных реек.
13. Каков порядок обращения с геодезическими приборами.

10. ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ ВЫСОТНОМ ДОМОСТРОЕНИИ

10.1. Общие положения

В настоящее время в крупных городах, особенно мегаполисах, все большее предпочтение отдается сверхвысотному и высотному строительству жилых зданий, деловых центров. Вызвано это прежде всего высокой стоимостью земельных участков, занимаемых сооружениями, архитектурным обликом городов, что тоже весьма важно. Компактность квартала, города уменьшают протяженность наружной инженерной инфраструктуры: водоснабжение, тепло, канализация, электроэнергия, газ, теле- и радиокоммуникации, наконец, проезды и др. Все это приводит к экономии средств на строительство и эксплуатацию объектов.

Строительство высотных зданий высотой 100-1000 м стало возможным благодаря развитию строительной техники, появлению новых строительных материалов и разработке эффективных строительных технологий с учетом отмеченного выше. При сверхвысотном строительстве зданий используются каркасно-монолитный и каркасный методы, в высотном, кроме вышеназванных, широкое применение находят методы крупнопанельного и крупноблочного строительства.

Преимуществом крупнопанельного, крупноблочного домостроения является его индустриальный метод. Практически все элементы сооружения изготавливаются в заводских условиях в цехах завода ЖБИ, круглогодично в благоприятных внешних условиях и для производства, и для людского персонала, занятого на производстве. Это повышает качество продукции, снижая её себестоимость. А главное позволяет быстро смонтировать здание на местности из готовых элементов. Естественно метод высокопроизводительный и менее дорогой по сравнению с другими, например, монолитный или кирпичной кладки.

Недостатками сверхвысотного и высотного домостроения является дискомфорт жителей высоких этажей: постоянный страх высоты; более высокая загазованность атмосферы, вызванная работой предприятий, имеющих высокие газоотводные трубы, работой автотранспорта; более высокая стоимость (m^2) жилья. Наряду с этим возникают повышенные требования к геодезическому обеспечению строительства в процессе строительно-монтажных работ, связанные с необходимостью соблюдения геометрических параметров и точности исполнения проектного положения всех элементов объекта в процессе строительно-монтажных работ. В этом случае следует руководствоваться принципом -чем выше- тем точнее.

Крупноблочные жилые дома серии И-155, И-155М, ИП-46, строительные элементы которых изготавливаются индустриально на заводах ЖБИ крупнейшего холдинга СУ-155, возводятся высотой до 25 этажей во мно-

гих городах России, в том числе и в г.Москве. Они имеют модульную конструкцию, что позволяет монтировать дома разной конфигурации, создавая архитектурную привлекательность.

В настоящее время стоит задача повысить этажность строительства серии этих домов. В связи с чем необходимо разработать методику геодезического обеспечения строительства на всех стадиях.

Согласно требованиям п.1.2 СНиП 3.01.03-84 (СП 126.13330.2012) «Геодезические работы в строительстве» создание геодезической разбивочной основы для строительства и геодезические измерения деформаций оснований зданий, их частей в процессе строительства являются **обязанностью заказчика**, а производство геодезических работ в процессе строительства, геодезический контроль точности геометрических параметров зданий и исполнительные съемки входят в **обязанности подрядчика**. Поэтому при строительстве крупных и сложных объектов, а также зданий свыше 9 этажей следует разрабатывать проекты производства геодезических работ (ППГР) в порядке, установленном для разработки проектов производства работ (п.1.4 СНиП), где приведены условия обеспечения точности производства геодезических работ [24].

Основанием для разработки ППГР является частное задание Генподрядчика. Задание должно содержать данные об объемах и сроках его разработки. Содержание ППГР согласовывается с технической и экономической сторонами проекта организации строительства (ПОС), разработка его осуществляется на основе последних достижений науки и техники в области геодезического обеспечения и передовых методов выполнения геодезических работ.

В разделе ППГР должны приводиться: схема расположения знаков геодезической разбивочной основы (ГРО); типы знаков, закрепляющих детальную разбивку; точность и методы построения ГРО, выполнения детальных разбивочных работ, контрольных измерений и исполнительных съемок; ведомости координат пунктов геодезической разбивочной основы.

Пояснительная записка к ППГР должна содержать: основные положения о взаимоотношениях между генеральной подрядной организацией и исполнителем; перечень государственных стандартов, строительных норм и правил, которые использовались при разработке проекта; указания по безопасности при производстве геодезических работ; порядок передачи ППГР в производство; рекомендации по поверкам геодезических приборов и инструментов.

При выполнении геодезических разбивочных работ, контрольных измерений, составлении отчетной технической документации на строительной площадке руководствуются Проектом производства геодезических работ.

Проект производства геодезических работ утверждается Заказчиком, главным инженером проекта строительства, директором строительной организации или ее главным инженером.

Генеральная подрядная организация обязана по акту передать исполнительную геодезическую разбивочную основу (ГРО) субподрядчику. Подрядчик обязан инструментально проверить точность ГРО. Принятые знаки ГРО в процессе строительства должны находиться под наблюдением генеральной подрядной организации с целью обеспечения сохранности и устойчивости, их планово-высотное положение проверяется инструментально не реже 2-х раз в год (в весенний и осенне-зимний периоды).

К перечню государственных стандартов, строительных норм и правил, которые должны использоваться при разработке ППГР относятся:

- ГОСТ 21778-81 (СТ СЭВ 2045-79) «Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Основные положения»;
- ГОСТ 23616-79 (СТ СЭВ 4234-83 «Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Контроль точности»;
- ГОСТ 21779-82 «Технологические допуски»;
- ГОСТ Р 51872-2002 «Документация исполнительная геодезическая. Правила выполнения»;
- СНиП 3.01.03-84 (СП 126.13330.2012) «Геодезические работы в строительстве»;
- СНиП 3.02.01 -83 «Основания и фундаменты»;
- СНиП 2.02 01 -83 (СП 22.13330.2011) « Основания зданий и сооружений»;
- СНиП 3.02.01 -87 (СП 45.13330.2012) «Земляные сооружения, основания и фундаменты»;
- СНиП 3. 03.01-87 (СП 70.13330.2012) «Несущие и ограждающие конструкции»;
- СНиП 12.03. 2001 «Безопасность труда в строительстве». Часть 1. Общие требования.

До начала производства геодезических работ работники должны пройти необходимый инструктаж по охране труда. При выполнении геодезических работ должны соблюдаться правила техники безопасности, действующие в пределах строительного производства и топографо-геодезических работах. На территории строительной площадки инженер-геодезист должен носить каску. При производстве работ на высоте 1,3 м, при приближении к краю перепада высот менее чем на 2 м, при отсутствии ограждения – необходимо использовать страховочные пояса. Места страховки указываются мастером данного участка. Страховочный пояс должен быть испытан не реже чем раз в полгода. Если инженеру-геодезисту в распоряжение дается рабочий, то он должен быть проинструктирован по охране труда и безопасному ведению геодезических работ.

Разработанный ППГР после входного контроля передается генеральной подрядной организации. Геодезическую службу целесообразно обеспечить электронными тахеометрами, которые позволяют решить практически любые задачи в строительном комплексе точно и быстро.

Геодезическая служба генеральной подрядной организации принимает в установленном порядке от «Заказчика» вынесенные в натуру и закрепленные знаками пункты геодезической плановой основы, в том числе главные и основные оси сооружений, инженерных коммуникаций, красные линии. При приемке производят полевые проверки точности положения планово-высотных пунктов ГРО.

При привлечении к выполнению строительных работ субподрядных организаций «Генподрядчик» обязан передать главную разбивочную основу, вынести основные оси сооружений, осуществлять геодезический контроль за строительством объекта. Геодезические данные передаются по акту за подписью обеих сторон (прил. 1).

Все геодезические приборы и инструменты, используемые при строительстве, раз в год в обязательном порядке проходят поверки в организациях, имеющих лицензии на данный вид работ. Использование геодезических приборов и инструментов без свидетельства о поверке к работе не допускаются.

10.2. Опорная геодезическая разбивочная сеть для строительства зданий, сооружений

Геодезическую разбивочную основу для строительства здания следует создавать в виде сети закреплённых знаками геодезических пунктов, обеспечивающих выполнение разбивочных работ, а также дальнейшее развитие разбивочной сети сгущения по необходимости в процессе строительства с наименьшими при этом затратами и необходимой точностью. Сеть проектируется на стройгенплане, пункты следует располагать вне зоны строительных работ (по возможности), что обеспечит их длительную сохранность.

Основополагающими принципами проектирования сети являются:

- максимальное удобство разбивки и контроля монтажных осей;
- максимальная сохранность и незыблемость пунктов как в период строительства, так и после его завершения, что обеспечивается закреплением пунктов долговременными знаками вне зоны земляных работ;
- увязка расположения пунктов с генеральным планом строительства с целью их сохранности на период эксплуатации сооружения;
- возможность определения координат и высот пунктов с заданной точностью.

Выбор местоположения и закрепление пунктов разбивочной основы устанавливается при рекогносцировке на местности. Так как здание будет строиться длительное время, т.е. в разные климатические периоды (лето, зима), то пункты рекомендуется закреплять знаками длительной сохранности в виде труб длиной 3,50 м. К торцам труб привариваются столики из стали с отверстием в центре для станowego винта (диаметр 16 мм) и с якорями на противоположных концах труб.

Труба должна иметь вырез стенки под столиком для возможности крепления становым винтом подставки прибора к столику, т.е. принудительному центрированию (рис.113). Это делает возможным быстро и точно устанавливать прибор и отражатель на пунктах разбивочной основы. Вместо отверстия можно к центру столика приварить фрагмент станowego винта, изготовленного на токарном станке, сварочный шов должен быть снизу столика.

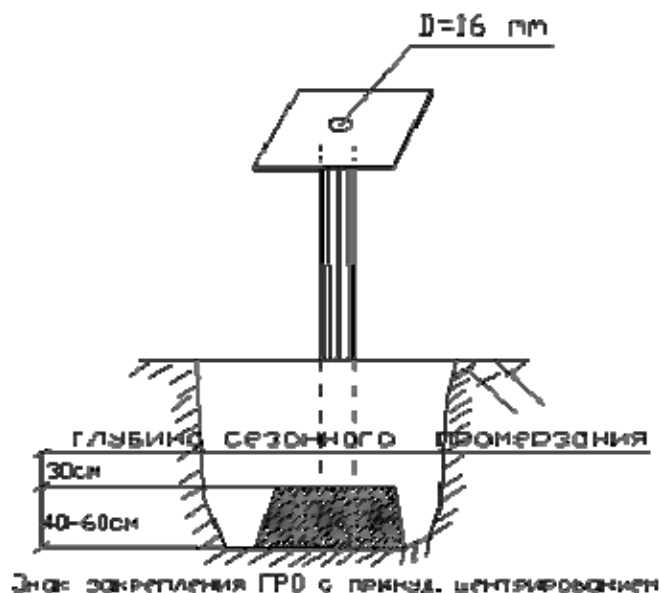


Рис. 113. Знак длительной сохранности

Якорь трубы должен быть заложен ниже глубины сезонного промерзания грунта (см. рис.113). Знак бетонируется маркой бетона В 7,5; В 15.

Пункты рабочей разбивочной основы могут быть закреплены светоотражательными марками на стенах жилых домов, на металлических фермах ЛЭП, расположенных за пределами стройплощадки, что делает их сохранными и удобными для пользования. Координаты и высоты этих пунктов определяются полярным методом с использованием электронного тахеометра. Пункты рабочей разбивочной основы могут быть закреплены дюбелями, забитыми в асфальт или бетон, окрашенными масляной краской или алкидной эмалью. Вспомогательные разбивочные пункты можно

закреплять на стройплощадке арматурными штырями, забитыми в грунт или забетонированными.

Если объект строительства расположен на открытой местности, то пункты ГРО следует проектировать и закреплять на расстоянии двойной высоты объекта (150 м), учитывая удобство пользования ими, сохранность и незыблемость.

Требования к точности геодезической разбивочной основы и разбивочным работам при строительстве сооружений приводятся в СНиП 3.01.03–84 (табл. 11 и 12, соответственно). Они разные и зависят от размеров строящегося объекта, взаимного расположения его частей, материала изготовления его элементов, технологической последовательности строительных операций, возможных особенностей эксплуатации объекта.

Т а б л и ц а 11

Точность разбивочных сетей площадки

Характеристика объектов строительства	Средние квадратические погрешности		
	угловые измерения, сек	линейные измерения	определение превышения на 1 км хода, мм
Предприятия и группы зданий (сооружений) на участках площадью более 1 кв. км; отдельно стоящие здания (сооружения) с площадью застройки более 100 тыс. кв. м	3	1/25000	4
Предприятия и группы зданий (сооружений) на участках площадью менее 1 кв. км; отдельно стоящие здания (сооружения) с площадью застройки от 10 до 100 тыс. кв. м	5	1/10000	6
Отдельно стоящие здания (сооружения) с площадью застройки менее 10 тыс. кв. м; дороги, инженерные сети в пределах застраиваемых территорий	10	1/5000	10
Дороги, инженерные сети вне застраиваемых территорий; земляные сооружения, в том числе вертикальная планировка	30	1/2000	15

В данном случае, учитывая этажность здания (свыше 15 этажей и высотой свыше 60 м до 100 м), строительство надо отнести к 2-у классу точности, характеризующемуся средними квадратическими погрешностями при построении ГРО: угловых измерений – $m_{\beta}=5''$, линейных – $m_s/S=1:10000$, определения превышений на 1 км хода – $m_H=6$ мм.

Построение внешней и внутренней разбивочных сетей, других разбивочных работ при строительстве объекта выполняются с точностью, характеризующейся ср. кв. погрешностями: угловых измерений $m_{\beta}=10''$, линейных $m_s/S=1:10000$, определение превышения на станции – 2 мм, что соответствует 2 классу точности (табл. 12).

Т а б л и ц а 12

Точность сетей и разбивочных работ

Характеристики зданий, сооружений, строительных конструкций	Величины средних квадратических погрешностей построения внешней и внутренней разбивочных сетей здания (сооружения) и других разбивочных работ			
	Линейные измерения, мм	Угловые измерения, "	Определение превышения на станции, мм	Определение отметки на монтажном горизонте относительно исходного, мм
Металлические конструкции с фрезеров. Поверхностями, сборные ж/б конструкции. монтируемые методом самофиксации в узлах; сооружения высотой св. 100 до 120 м или с пролетами св. 30 до 36 м	1/15000	5	1	Числовые значения погрешностей следует назначать в зависимости от высоты монтажного горизонта
Здания св. 15 этажей. сооружения высотой св. 60 до 100 м ил и с пролетами св. 18 до 30 м	1/10000	10	2	
Здания св. 5 до 15 этажей, сооружения высотой св. 15 до 60 м или с пролетами св. 6 до 18м	1/5000	20	2,5	
Здания до 5 этажей. сооружения высотой до 15 м или с пролетами до 6м	1/3000	30	3	
Конструкции из дерева; инженерные сети, дороги, подъездные пути	1/2000	30	5	

Опорная геодезическая разбивочная основа может быть создана любым методом: триангуляции, трилатерации, линейно-угловыми построениями, глобальной позиционной спутниковой системой (ГЛОНАСС, GPS), с трансформированием в городскую систему координат, полигонометрии.

Учитывая, что строительство жилых домов ведётся в городских условиях, т.е. в закрытой местности, а также наличие в распоряжении геодезистов высокоточных тахеометров, характеризующихся точностями: угловых измерений 0,5"-6", линейных 1–3 мм, целесообразно использовать метод полигонометрии. Следует отметить, что точность построения линейно-угловой сети в 1,5 раза выше по сравнению с любым другим методом.

Самыми массовыми геодезическими работами при строительстве зданий (сооружений) являются разбивочные и контрольно-измерительные

работы. Последние сопровождают строительство практически всех его элементов как в начале (забивка свай, установка опалубки, каркаса, колонн, стеновых панелей, блоков и др.), так и по его завершению, так называемый пооперационный и окончательный контроль расположения элементов в пространстве по сравнению с проектным.

Приведём из СНиП 3.01.03 – 84 (СП 126.13330.2012) значения величин средних квадратических погрешностей построения внешней и внутренней разбивочных сетей здания и собственно разбивочных работ (см. табл.12).

Для обоснования точности геодезических построений обеспечения строительства приведём из ГОСТ 21779 – 82 технологические допуски:

- разбивки точек и осей в плане;
- передачи точек и осей по вертикали и створности точек;
- разбивки и передачи высотных отметок.

Допуски по всем указанным позициям разбиты на 6 классов точности. Класс точности определяет величину допуска для конкретных условий технологического процесса, что делает возможным выбор численного значения по двум параметрам: интервалу номинального размера (L) и классу точности.

Приведённые в таблицах допуски учитывают погрешности нанесения и закрепления точек и осей на поверхностях строящегося объекта.

Опираясь на содержание табл. 11–15, перейдём к установлению требований к точностям выполнения геодезических измерений при строительстве конкретного объекта.

Приведем, прежде всего, извлечение из СНиП 3. 01. 03 – 84, п.3.2 (СП 126.13330.2012) “Если два или несколько зданий (сооружений) связаны единой технологической линией или конструктивно, расчёт точности разбивочных работ следует выполнять как для одного здания (сооружения)”. Этим положением будем руководствоваться в дальнейшем.

Т а б л и ц а 13

Допуски разбивки точек и осей в плане

Интервал номинального размера L , мм	Значение допуска для класса точности, мм					
	1	2	3	4	5	6
До 2500	0,6	1,0	1,6	2,4	4	6
Св. 2500 до 4000	1,0	1,6	2,4	4,0	6	10
4000 до 8000	1,6	2,4	4,0	6,0	10	16
8000 до 16000	2,4	4,0	6,0	10,0	16	24
16000 до 25000	4,0	6,0	10,0	16,0	24	40
25000 до 40000	6,0	10,0	16,0	24,0	40	60
40000 до 60000	10,0	16,0	24,0	40,0	60	100
60000 до 100000	16,0	2,0	40,0	60,0	100	160
100000 до 160000	24,0	40,0	60,0	100,0	160	-

Т а б л и ц а 14

Допуски передачи точек и осей по вертикали и створности точек и осей

Интервал номинального размера		Значение допуска для класса точности, мм					
<i>H</i> (м)	<i>L</i> (м)	1	2	3	4	5	6
до 2,5	до 4,0	-	-	0,6	1,0	1,6	2,4
2,5-4,0	4,0-8,0	-	0,6	1,0	1,6	2,4	4,0
4,0-8,0	8,0-16,0	0,6	1,0	1,6	2,4	4,0	6,0
8,0-16,0	16,0-25,0	1,0	1,6	2,4	4,0	6,0	10,0
16,0-25,0	25,0-40,0	1,6	2,4	4,0	6,0	10,0	16,0
25,0-40,0	40,0-60,0	2,4	4,0	6,0	10,0	16,0	24,0
40,0-60,0	60,0-100,0	4,0	6,0	10,0	16,0	24,0	40,0
60,0-100,0	100,0-160,0	6,0	10,0	16,0	24,0	40,0	60,0
100,0-160,0	-	10,0	16,0	24,0	40,0	60,0	-

Т а б л и ц а 15

Допуски разбивки и передачи высотных отметок

Интервал номинального размера		Значение допуска для класса точности, мм					
<i>H</i> (м)	<i>L</i> (м)	1	2	3	4	5	6
до 2,5	до 8,0	-	0,6	1,0	1,6	2,4	4,0
2,5-4,0	8,0-16,0	0,6	1,0	1,6	2,4	4,0	6,0
4,0-8,0	16,0-25,0	1,0	1,6	2,4	4,0	6,0	10,0
8,0-16,0	25,0-40,0	1,6	2,4	4,0	6,0	10,0	16,0
16,0-25,0	40,0-60,0	2,4	4,0	6,0	10,0	16,0	24,0
25,0-40,0	60,0-100,0	4,0	6,0	10,0	16,0	24,0	40,0
40,0-60,0	100,0-160,0	6,0	10,0	16,0	24,0	40,0	60,0
60,0-100,0	-	10,0	16,0	24,0	40,0	60,0	100,0
100,0-160,0	-	16,0	24,0	40,0	60,0	100,0	160,0

Модуль здания И-155 ММБ и др. по классификации [24] относится ко 2 классу точности геодезического обеспечения строительства, так как его высота свыше 60 м, но меньше 100 м. Следовательно, точность построения ГРО строительной площадки должна быть (ср. квадрат. погрешность): для линейных измерений 1:10 000, для угловых – 5", определение превышений на 1 км хода 6 мм.

Точность построения внешней и внутренней разбивочных сетей для строительства здания должна быть не ниже (ср. кв. погрешности):

- для линейных измерений 1:10 000;
- для угловых измерений 10";
- определение превышения на станции 2 мм.

Разбивочные работы должны выполняться с такой же точностью.

Из приведённых ранее таблиц допусков (Δ) технологических операций строительства установим для 2-го класса, т.е. рассматриваемого объекта, величины этих допусков:

1. Допуски разбивки точек и осей в плане:
 - для интервала 8–16 м – 4,0 мм;

- для интервала 16–25 м – 6,0 мм;
 - для интервала 25–40 м – 10,0 мм;
 - для интервала 60–100 м – 24,0 мм.
2. Допуск передачи точек и осей по вертикали и створности точек и осей:
- на высоту 60–100 м – 10 мм;
 - на глубину 4–8 м – 1 мм.
3. Допуск разбивки и передачи высот по вертикали:
- на высоту 60–100 м – 16 мм;
 - на глубину 4–8 м – 1,6 мм.

Перейдём от допустимых строительных погрешностей к средним квадратическим погрешностям, руководствуясь известными в геодезии соотношениями

$$\delta = \Delta/2, m = \delta/2, \quad (77)$$

где Δ – суммарная погрешность монтажа двух смежных элементов (строительная норма);

δ – погрешность монтажа одного элемента относительно разбивочной оси;

m – средняя квадратическая погрешность разбивочных работ.

В формуле (69) принят коэффициент перехода от предельной к средней квадратической погрешности $K=2$, что обозначает доверительную вероятность 95 %.

В итоге получим:

1. Средние квадратические погрешности разбивки точек и осей в плане (табл. 16).

Т а б л и ц а 16

для интервала 8-16 м	1,0 мм
для интервала 16-25 м	1,5 мм
для интервала 25-40 м	2,5 мм
для интервала 60-100 м	6,0 мм

2. Средние квадратические погрешности передачи точек и осей по вертикали

- на высоту 60–100 м – 2,5 мм.

3. Средние квадратические погрешности разбивки и передачи высот по вертикали

- на высоту 60–100 м – 4,0 мм;
- на глубину 4–8 м – 1,0 мм.

В СНиП 3.01.03–84 отмечено: средние квадратические погрешности определения отметок на монтажном горизонте относительно исходного (свыше 60 до 100) – 5 мм, т.е. наблюдается незначительное несовпадение требований нормативных документов, особенно это относится к передаче отметок на глубину.

10.3. Внешняя разбивочная сеть для строительства объекта

Строящийся объект представляет собой комплекс из 7 корпусов (секций) жилищного строительства, примыкающих друг к другу, сборной крупноблочной конструкции, высота которых не превышает 75 м от нулевого горизонта (прил. 7).

На строительной площадке запроектирована плановая геодезическая разбивочная основа (ГРО) в виде строительной сетки. Линии сетки (оси) целесообразно совместить с проектными осями (буквенными и цифровыми) секций, что в дальнейшем существенно упростит построение и вынос в натуру основных осей любой строящейся секции. Этот метод предусматривает использование тахеометров или оптических теодолитов и мерных стальных рулеток с мм делениями, при отсутствии электронных тахеометров в строительной организации.

Строительная сетка строится традиционно, в данном случае по линейным параметрам между проектными буквенными и цифровыми осями секций. Исходные направления сетки выносятся с пунктов полигонометрии полярным методом по предвычисленным полярным расстояниям и углам.

Для этих целей, а также непосредственно разбивочных работ, по территории строительной площадки прокладывается ход полигонометрии. Точность угловых и линейных измерений в ходе должна соответствовать требованиям, указанным в п.3.2. При этом используется точный теодолит и светодальномер. По приведённым ниже формулам можно предвычислить необходимую и достаточную точность измерения углов и расстояний, зная протяжённость хода, число сторон и форму хода

$$M = \sqrt{m_s^2 \cdot n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \frac{n+3}{12}}; \quad (78)$$

$$M = \sqrt{m_s^2 \cdot n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [D^2]}, \quad (79)$$

где m_s – средняя квадратическая погрешность измерения расстояний;

m_β – средняя квадратическая погрешность измерения углов;

n – число сторон в ходе;

L – длина замыкающей в вытянутом ходе;

D – расстояние от центра тяжести фигуры изогнутого хода до вершины каждого измеренного угла поворота;

ρ – радианная мера (206265").

Протяжённость, форма хода, число сторон, центр тяжести фигуры изогнутого хода и расстояния от него до вершин углов поворота определяются графически по стройгенплану, на котором составлен проект хода полигонометрии. Центр тяжести фигуры изогнутого хода определяется графиче-

ски путём «сложения сил» или аналитически по приближённым координатам пунктов хода, снятым со стройгенплана.

Следует учесть, что приведённые формулы определяют среднюю квадратичную погрешность положения в плане конечной точки хода до уравнивания хода. После уравнивания самым слабым местом хода будет его середина, т.е. пункта, расположенного в середине, и средняя квадратическая погрешность его положения будет в 2 раза меньше M . Поэтому в предрасчётах надо принять

$$\frac{2M}{[S]} = \frac{2M}{L} = \frac{1}{T} = \frac{1}{10000}.$$

Задав точность линейных измерений в ходе (m_s) в зависимости от имеющегося светодальномера, и, зная величину M , можно предвычислить среднюю квадратическую погрешность измерения углов поворота m_β в ходе, используя соответствующую формулу (70) или (71). По значению m_β подбирается соответствующий угломерный прибор, рассчитывается количество приёмов измерений (n) каждого угла поворота хода по формуле (80)

$$m_\beta = \frac{m'_\beta}{\sqrt{n}}, \quad n = \frac{m'^2_\beta}{m^2_\beta}, \quad (80)$$

где m'_β – средняя квадратическая погрешность измерения горизонтального угла одним приёмом (берётся из технической характеристики прибора).

Расчёты выполняются для самого длинного хода, если он не один, а, например, 2.

Оценку точности положения пунктов проектируемого хода можно выполнить, используя программу CredoDat. Учитывая, что проектируется ход 2-го класса точности (табл. 12), характеризующийся средними квадратическими погрешностями 1:10000, 10", 2 мм+2 мм × D (км) (светодальнономер), введём длины сторон и точностные характеристики измерений в компьютер. Программа выдаст средние квадратические погрешности положения пунктов по осям X , Y и результирующий вектор (m_x , m_y , M , соответственно).

Проектирование хода полигонометрии, рекогносцировка, закрепление пунктов на местности, проложение и уравнивание хода (ходов) выполняются в подготовительный период.

При рекогносцировке уточняется местоположение опорных пунктов с учётом местных условий, определяется метод создания сети :линейно-угловой или полигонометрии.

Результаты полевых измерений уравниваются по способу наименьших квадратов (условие $[P \cdot V^2] = \min$). Возможно в связи с недостаточной точностью городской сети, при уравнивании будут поправки в измеренные

расстояния и углы, превосходящие точность полевых измерений, что приведёт к искажению взаимного расположения пунктов. Это недопустимо. Сеть следует переуровнять с минимальными поправками в стороны и углы, связывающие пункты, которые используются непосредственно в разбивочных работах и являются опорными для построения внутренней разбивочной основы на «нулевом» и последующих этажах. Например, в прил. 7 – это пз1-пз5 – «жёсткая» фигура. Оставшиеся величины невязок распределяются на стороны и углы подходных ветвей к пунктам городской сети. Второй вариант – определить координаты минимум 3-х опорных пунктов с наличием взаимной видимости между ними с использованием спутниковых наблюдений навигационных систем ГЛОНАСС, GPS. Сгустить сеть можно проложением хода полигонометрии, опираясь при этом на пункты GPS, ГЛОНАСС.

Далее полученные из уравнивания координаты пунктов полигонометрии (или линейно – угловой метод) вводятся в компьютер. Их положение позиционируется на электронной версии проекта строительства. Работая в программе AutoCAD, строится разбивочная сетка, определяются координаты углов сетки (точки 1-4), полярные координаты (β_i , S_i) для выноса в натуру этих точек с опорных пунктов стройплощадки, а также координаты узлов сетки. Выполняется это путём графических построений и измерений быстро, в комфортных условиях.

При отсутствии электронной версии проекта строительства вся эта подготовительная работа производится вручную с использованием калькулятора путём решения прямых и обратных геодезических задач, что весьма трудоёмко.

Можно выполнить предрасчёт точности выноса в натуру угловых пунктов строительной сетки полярным методом по формуле

$$m_P = \sqrt{m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} S^2}, \quad (81)$$

где m_P – средняя квадратическая погрешность выноса точки;

m_s – средняя квадратическая погрешность отложения полярного расстояния S ;

m_β – средняя квадратическая погрешность построения полярного угла;

S – расстояние от теодолита до выносимой точки;

ρ – радианная мера (206265").

Например, при $S=50$ м, $m_s=5$ мм, $m_\beta=5''$, $m_P=5,14$ мм, т.е. точность выноса зависит практически от точности отложения полярного расстояния S .

После построения сетки на местности по известным правилам с временным закреплением вершин прямоугольников деревянными кольями и вбитыми в их торец гвоздями, выполняется координирование вершин. Полу-

ченные фактические координаты вершин сетки сравниваются с проектными значениями. По разностям координат $X_{\Phi_i} - X_{\text{пр}_i} = dx_i$, $Y_{\Phi_i} - Y_{\text{пр}_i} = dy_i$ вычисляются элементы редукции α_i и dS_i .

$$\alpha_i = \frac{dy_i}{dx_i}, \quad dS_i = \sqrt{dx_i^2 + dy_i^2}.$$

На местности при помощи теодолита и стальной рулетки положение пунктов уточняется по данным α_i , dS_i .

Часть вершин сетки (согласно рекогносцировки) закрепляется знаками длительной сохранности, т.е. бетонированием с закладной металлической пластикой в бетоне, на которую выносится положение пункта и накрывается керном точка или насакается крест зубилом.

Для этого перед началом земляных работ плановое положение пункта (гвоздь в торце колышка) фиксируется тремя направлениями из ниток, натянутых на кольях с гвоздями, пересекающихся в пункте А (см. рис. 112).

Затем нити снимаются с одного из гвоздей, убираются. После бетонирования котлована, с заложенной в бетон металлической закладной, положение нитей восстанавливается, точка их пересечения фиксируется керном на закладной. Положения закрепленных пунктов следует вновь проконтролировать.

Основные требования при выполнении этих работ – обеспечить сохранность пунктов и их постоянство до конца строительства, удобство пользования ими.

10.3.1. Вынос основных осей строящегося здания

Построенная строительная сетка является внешней разбивочной сетью, с пунктов которой выносятся основные оси здания. Для этого от линии сетки откладывается проектное расстояние до основной выносимой оси плюс или минус 300 мм от него для её параллельного сноса. Смещённая ось удобна для реализации монтажа конструкций, так как она всегда остаётся видимой и доступной для измерений при монтаже и пооперационном контроле, тогда как на основную ось монтируется конструкция, закрывая её. Естественно, величина смещения оси должна быть известна не только мастеру, но и каждому рабочему, монтажнику конструкций здания.

Вынос основных осей выполняется створным методом. Для этого теодолит устанавливается на смещённую ось относительно пунктов разбивочной сетки площадки, например, ось 1 с (прил. 8) линия сетки 1-1, смещение по оси $A^I - A^I$ 0,300 м – точка T ; смещение по оси Д-Д (узел 1-Д) 0,300 м – точка T^I . Теодолит устанавливается на точке по оптическому

центриру. Зрительная труба наводится на точку T^I , например, при КЛ. Проекция коллимационной плоскости отмечается на местности в зоне стен будущего здания. Затем зрительная труба теодолита переводится через зенит, выполняется визирование на точку T^I при круге право (КП), и вновь отмечается на местности проекция коллимационной плоскости у отметки, нанесенной ранее при КЛ. Если величина коллимационной погрешности $“C” \leq 0-8”$, то обе проекции совпадут при условии, что наблюдения и фиксации выполнены качественно. В противном случае вынос оси надо повторить при КЛ и КП, и если предыдущие метки совпали с повторно вынесенными, то принимается за правильное положение оси середина между полученными метками. По этой технологии выносятся все опорные оси. Внутренние второстепенные оси выносятся от опорных путём линейных построений.

После образования на местности прямоугольника от пересечения вынесенных осей, с целью контроля правильности построений, надо измерить его диагонали и сравнить с проектными значениями. Отклонения не должны превосходить величин, приведённых в табл. 16.

В настоящее время самым распространённым способом создания геодезической разбивочной основы на стройплощадке и выноса основных осей здания (сооружения), а также контрольно-измерительных работ при монтаже конструктивных элементов является использование в геодезических работах электронных тахеометров (ЭТ). Они позволяют измерять и строить при выносе в натуру углы и расстояния с высокой точностью: $m_\beta \leq 0,5'' - 6,0''$, $m_S \leq 1 \text{ мм} - 3 \text{ мм} + 2 \text{ мм} \cdot S(\text{км})$. Дальности измерений от 1,3 м до 5000 м с применением светоотражательных призм, пленок – катафотов и до 500 м безотражательно, т.е. отражателем является поверхность объекта наблюдения (диффузный метод).

Многие зарубежные фирмы изготавливают электронные тахеометры: Sokkia, Nikon, Topcon (Япония), Leica, Trimble, Geomax (Европа) и др. Их функциональные возможности примерно одинаковы (свыше 30 функций) в том числе и точностные характеристики.

Имея в распоряжении высокоточный электронный тахеометр ($m_S \leq 2 \text{ мм} + 2 \text{ мм} \cdot S(\text{км})$, $m_\beta \leq 3'' - 5''$), нет необходимости в построении разбивочной строительной сетки. Достаточно реализовать опорную геодезическую сеть в виде комбинации линейно-углового метода или полигонометрии. Предрасчет точности измерений горизонтальных углов можно вычислить по ранее приведённым формулам, учитывая, что погрешность измерения расстояний уже задана ($m_S = 2 \text{ мм}$, т.к. длины сторон менее 1 км).

На застроенной территории целесообразно создать пространственную сеть в виде светоотражательных марок-катафотов, прикрепленных к стенам прилегающих к стройплощадке существующих зданий, опорам ЛЭП,

фонарным осветительным железобетонным опорам и др. Важно, чтобы объекты не имели сезонной деформации и не подверглись бы сносу. Марки следует размещать на объектах на достаточной высоте для обеспечения видимости на них с возможно больших позиций, в том числе и с будущих этажей. На центры прикрепленных марок передаются координаты и высоты при помощи ЭТ с пунктов геодезической разбивочной основы площадки полярным методом. Вычислим среднюю квадратическую погрешность передачи координат на центр марки по формуле (73), если $m_S = 2$ мм, $m_B = 3''$, $S = 100$ м:

$$m_P^2 = 2^2 \text{ мм} + \frac{3^2 \cdot 100^2 \text{ м}}{206265^2} = 4,0001 \text{ мм}^2, m_P = 2,0 \text{ мм}.$$

Для контроля и повышения точности определений X , Y , H центров марок координаты надо передать с 2-х, 3-х ближайших к ним пунктов ГРО стройплощадки, за окончательные принять средние значения. Это повысит также «жесткость» разбивочной основы.

В целом преимуществом такой разбивочной основы является:

- сохранность пунктов на период строительства и постпериод;
- пункты всегда доступны для наблюдений с разных позиций, в том числе и с других уже смонтированных этажей
- отпадает необходимость в закладке грунтовых знаков длительной сохранности при дальнейшем развитии разбивочной основы.

10.3.2. Вынос проектных осей и точек в натуру с использованием электронного тахеометра

Наличие в электронном тахеометре программ «Вынос в натуру» и «Вынос линии» позволяют быстро и точно вынести точку или линию в натуру, если ЭТ (станция) ориентирован и имеются координаты или параметры выносимых элементов. Для этого тахеометр устанавливается на пункте базиса пз1 (рис.114).

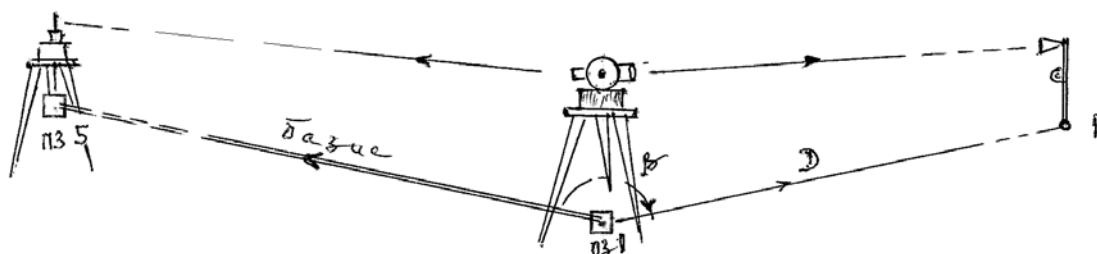


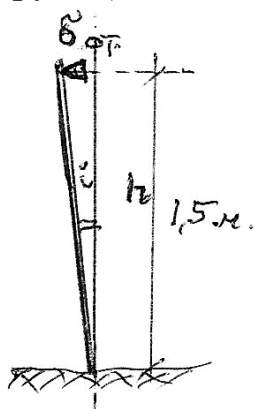
Рис.114. Схема выноса в натуру точек объекта

В «Меню» выбирается функция «Вынос в натуру», вводятся координаты станции X_0, Y_0 . Зрительная труба наводится на визирную цель, установленную на ориентирном пункте (пз5), вводятся координаты

наты точки ориентирования ХТО, УТО. Прибор вычисляет значения дирекционного направления и требует его подтверждения (нажать клавишу Да). Далее вводятся координаты выносимой точки P . На дисплее высвечивается значение полярного угла β , на которой надо повернуть алидаду. Вращая алидаду, строим полярное направление (отсчёт по горизонтальному кругу $0^\circ 00' 00''$) на точку P . Устанавливаем на линии отражатель, измеряем D' . На дисплее появится домер, на который надо сместить отражатель. Например, 1,805 м. Это значит, что отражатель надо переместить ближе к прибору на 1,805 м. Переместим отражатель на 1,805 м, сохраняя направление на P , получим местоположение выносимой точки. Положение отражателя фиксируется на местности. Знак домера полярного расстояния определяется $D_{\text{изм}} - D_{\text{проект}}$.

Для контроля и повышения точности выноса пункта операцию по выносу следует повторить при другом положении вертикального круга, для чего зрительную трубу надо перевести через зенит и повторить действия по выносу. При качественной работе точки выноса совпадут.

Отметим, что при выносе точек в проектное положение необходимо пользоваться минипризмой на максимально короткой вешке (100 мм, 300 мм), так как её наклон приводит к существенной погрешности в отложении расстояния D . Вычислим эту погрешность. Точность установки вешки в вертикальное положение по круглому уровню примем $20'-30'$ (суммарное влияние цены деления уровня $10'$, неточность юстировки уровня, колебание вешки при её удерживании в руках). Тогда $\delta_{\text{отр}}$ будет равна:



$$\delta_{\text{отр}} = h \cdot \tan i = 1,5 \text{ м} \cdot \tan 0^\circ 20' = 8,7 \text{ мм}.$$

$$\delta_{\text{отр}} = 1,5 \text{ м} \cdot \tan 0^\circ 30' = 13,1 \text{ мм}.$$

$$\delta_{\text{отр}} = 0,3 \text{ м} \cdot \tan 0^\circ 20' = 1,7 \text{ мм}.$$

$$\delta_{\text{отр}} = 0,1 \text{ м} \cdot \tan 0^\circ 20' = 0,6 \text{ мм}.$$

Из расчётов видно, что приведённое выше утверждение справедливо.

Вычислим среднюю квадратическую погрешность m собственно выноса точки P полярным методом при: $D=50$ м, $m_s = 2$ мм, $m_\beta = 3''$ по формуле (81). Она будет равна $m_P = 2,1$ мм. Суммарная средняя квадратическая

погрешность выноса точки Р полярным методом будет равна: при $D=50$ м, $h_{отр}=0,3$ м, $m_s=2$ мм, $m_\beta=3''$

$$m^2 = m_p^2 + m_{отр}^2 + m_\phi^2 + m_\alpha^2, \quad (82)$$

$$m^2 = 2,1^2 \text{ мм} + 0,8^2 \text{ мм} + 2^2 \text{ мм} + 1^2 \text{ мм} = 10,1 \text{ мм}^2,$$

$$m = 3,18 \text{ мм}.$$

Вынос проектных точек в натуру можно выполнить «Полярным методом» или «Вынос линии» с так называемой «Свободной станции». В этом случае координаты местоположения тахеометра определяются из обратной линейно-угловой засечки. Достаточно выполнить измерения расстояний и горизонтального угла между двумя «твёрдыми» пунктами (рис.115). Программа «Засечка» ЭТ вычислит координаты положения станции и будет удерживать их в памяти. При этом на дисплей будет выведена также оценка точности полученных значений координат σ_x , σ_y .

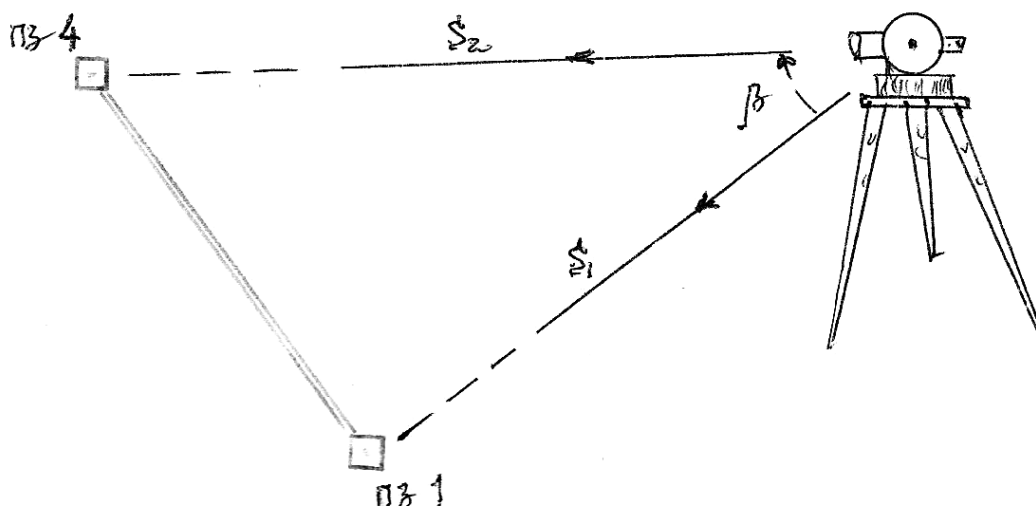


Рис.115. Схема измерения расстояний и горизонтального угла между двумя «твёрдыми» пунктами

Если точность положения станции будет недостаточна (значения σ_x , σ_y более 10 мм), то надо отнаблюдать дополнительно ещё одно или два направления на пункты с известными координатами, а затем нажать клавишу Выч.

На дисплее вновь появятся координаты станции X , Y и их оценка σ_x , σ_y .

Если направлений 3 и более, то следует нажать клавишу Результ., появится оценка точности σ_x , σ_y каждого направления. Из них надо исключить худшее направление и вновь дать команду Выч.

Полученный результат с оценкой точности следует принять в работу, нажав клавишу Да. Появится сообщение «Дирекционный угол». Прежде чем принять его (клавиши Нет, Да) следует проверить наведение на цель зрительной трубы и, если надо, подправить его, а затем нажать клавишу

Да. Станция ориентирована и готова к решениям задач. Положение пункта «плохого» направления надо проверить, выяснить причину, т.е. точность координат пункта, и, если надо, присвоить другие значения, полученные из дополнительных контрольных измерений.

Точность определения координат станции можно заранее предвычислить по формулам [15]:

$$m_x = \frac{1}{2} \sqrt{m_s^2 (\cos^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_2) + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} (S_1^2 \cdot \sin^2 \alpha_1 + S_2^2 \cdot \sin^2 \alpha_2)}, \quad (83)$$

$$m_y = \frac{1}{2} \sqrt{m_s^2 (\sin^2 \alpha_1 + \sin^2 \alpha_2) + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} (S_1^2 \cdot \cos^2 \alpha_1 + S_2^2 \cdot \cos^2 \alpha_2)}, \quad (84)$$

где m_s – средняя квадратическая погрешность измерения расстояний светодальномером;

m_β – средняя квадратическая погрешность измерения горизонтальных углов;

α_1, α_2 – значения дирекционных направлений сторон засечки;

S_1, S_2 – длины сторон засечки, т.е. отстояние прибора от точек базиса.

Результирующий скаляр погрешности будет равен

$$M = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}, \quad (85)$$

по которому и можно судить о точности засечки. Здесь погрешности исходных данных не учитываются.

Метод «Свободной станции» имеет очень большое преимущество, когда пункты сети закреплены светоотражательными марками, что ускоряет решение задач на стройплощадке. Кроме этого метод позволяет судить о точности сети, стабильности положения её пунктов. Конечно, это справедливо только при качественном выполнении измерительных работ наблюдателем. Тахеометр можно установить в месте, удобном для выполнения геодезических работ, что тоже в условиях строительства немаловажно.

Одной из самых эффективных функций тахеометра при производстве разбивочных работ на стройплощадке является «Вынос линии». Выбрав в «Меню» эту функцию, надо выбрать на дисплее строку **“Задать базовую линию”** (прибор при этом должен быть ориентирован, например, по программе «Засечка»), затем ввести в прибор координаты двух точек, принадлежащих линии, т.е. выносимой разбивочной оси. Далее установить отражатель в предполагаемое местоположение оси, навести зрительную трубу на отражатель и выполнить измерение. Нажать клавишу **Да** для подтверждения результатов измерений и вновь **Да** – для вычислений. Появятся на экране величины «Отступ» и «Отстояние» (или расстояние).

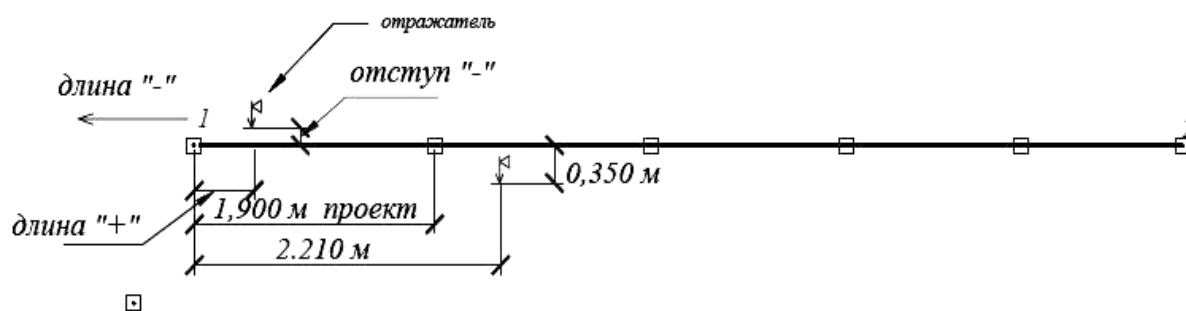


Рис. 116. Схема значений параметров

На рис. 116 показаны эти параметры. Понятно, что для выноса линии надо отражатель переместить на 0,740м вправо (по направлению линии 1-2). Если значение «Отступа» положительное, например, 0,740 – смещение отражателя будет влево. Если надо вынести точку 1, то следует переместить отражатель на 1,200 м к точке 1. При работе с этой программой надо помнить – параметры «Отступ» и «Расстояние» привязаны всегда к точке №1 и линии 1-2, координаты которой введены в память ЭТ. Зная проектные значения «Отступа» и «Расстояния» любой точки от линии 1-2, можно установить её местоположение на местности (например, любой сваи в свайном поле, введя координаты угловых свай или смещённая параллельно ось для монтажа стеновых панелей).

Приведём оценку точности выноса проектной точки в натуру. По существу здесь используется координатный метод: по направлению 1-2 выносятся ΔX , а по перпендикуляру от направления 1-2 ΔY – «Отступ». Уместно применить формулу оценки точности выноса

$$m_A^2 = m_{\Delta X}^2 + m_{\Delta Y}^2 + m_{Ц}^2 + m_{Ф}^2 + m_{ИСХ}^2, \quad (86)$$

где $m_{\Delta X}$ – средняя квадратическая погрешность отложения расстояния от точки 1 до основания перпендикуляра (ΔY);

$m_{\Delta Y}$ – средняя квадратическая погрешность построения ΔY (отступа);

$m_{Ц}$ – средняя квадратическая погрешность установки тахеометра над «твёрдой» точкой (центрирования);

$m_{Ф}$ – средняя квадратическая погрешность фиксирования точки на местности;

$m_{ИСХ}$ – средняя квадратическая погрешность исходных данных.

При использовании метода «Свободная станция», что чаще всего и применяется при разбивке, формула оценки точности будет следующей

$$m_A^2 = m_{\Delta X}^2 + m_{\Delta Y}^2 + m_{Ф}^2 + m_{ЗАС}^2, \quad (87)$$

где $m_{\Delta X} = m_{\Delta Y} = 2 - 3$ мм;

$m_{Ф} = 1$ мм;

$m_{\text{ЗАС}}$ – ср. квадр.погрешность определения координат станции или по фактическим данным

$$M = \sqrt{\sigma x^2 + \sigma y^2};$$

здесь $\sigma x, \sigma y$ – оценка точности определения положения станции из измерений фактическая.

Подставим в (79) численные значения средних квадратических погрешностей

$$m_A^2 = 2^2 \text{ мм} + 2^2 \text{ мм} + 1^2 \text{ мм} + 6^2 \text{ мм};$$

$$m_A = 6,7 \text{ мм.}$$

Из расчётов следует, что основная составляющая – это определение положения «Станции», точность которой может быть повышена увеличением наблюдаемых направлений на пункты с известными координатами (например, 3-4).

10.4. Создание высотной сети

Высотная сеть строительной площадки и отдельного строящегося здания создаётся методом геометрического нивелирования, ходы которого опираются не менее чем на два исходных репера (марки) III класса точности и выше, руководствуясь при этом требованиями СП И-104-97 «Свод правил по инженерным изысканиям для строительства».

Целесообразно высотную сеть совместить с плановой, а также дополнительно, если есть возможность, заложить высотные знаки в стенах зданий, прилегающих к площадке. Достаточно проложить ходы нивелирования III класса. Средняя квадратическая погрешность определения превышения на станции не должна превышать 2 мм (предельная $\Delta = 2 \text{ м}$). Рейки используются шашечные с сантиметровыми делениями, длины плеч до 100 м. Допустимая невязка нивелирного хода вычисляется по формуле

$$m = 20 \text{ мм} \sqrt{L}_{(\text{км})}, \quad (88)$$

где L – количество км. в длине хода.

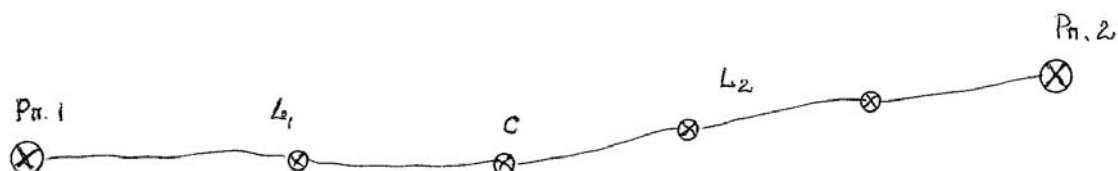


Рис.117. Схема нивелирования между реперами

Погрешность отметки наиболее удалённого репера С от исходных реперов (середина хода) можно предвычислить по формуле

$$m_c^2 = \eta^2 L_1^2 + \sigma^2 L_1^2, \quad (89)$$

где η – средняя случайная погрешность 1 км хода, в нивелировании IV класса – 10 мм;

σ – средняя систематическая погрешность (в нивелировании IV класса не учитывается).

Погрешность отметки репера С, вычисленной от двух исходных реперов №1, 2 можно предвычислить по формуле

$$M_{H_c} = \frac{m_1^2 m_2^2}{\sqrt{m_1^2 m_2^2}}. \quad (90)$$

При возведении здания достаточно обеспечить взаимное расположение элементов по высоте с погрешностью 3-5 мм. И это может быть Условная система высот. Однако в условиях города необходимо пользоваться городской системой высот, так как необходима увязка проекта коммуникаций с городской инфраструктурой.

10.5. Внутренняя разбивочная основа.

Общие принципы построения

Внутренняя разбивочная сеть строится для детальной разбивки монтажа строительных конструкций. Она создаётся на перекрытиях этажа в виде сети, образующих фигуры: треугольника, четырёхугольника, цепочки этих фигур для плановых разбивок. Геометрические фигуры часто повторяют конфигурации строящегося сооружения, так как при проектировании сети руководствуются следующим: стороны фигуры должны быть параллельны (перпендикулярны) основным осям сооружения, между пунктами должна быть взаимная видимость и их сохранность на весь период строительства. Пункты располагают вблизи основных осей на расстоянии 0,5-1 м с учётом возможности их вертикального проектирования на последующие верхние горизонты-этажи.

Исходя из этого на исходном монтажном горизонте и закладываются пункты, образующие фигуру, которую называют базисной из-за её повторения на последующих горизонтах. Число пунктов должно быть не менее трёх. Также определяются и передаются наверх высотные отметки.

Построение базисной фигуры на исходном горизонте выполняется с пунктов внешней разбивочной сети площадки. При этом выносятся сначала самая длинная сторона фигуры. Далее, приняв одну точку стороны и направление за исходные, строят другие точки. Затем, в построенной фигуре, измеряют стороны и углы, вычисляют координаты, сравнивают их

с проектными, т.е. ранее предвычисленными. По полученным расхождениям вычисляются элементы редукции, положение точек перемещается. Желательно, в местах положения точек, закрепить в бетоне предварительно металлические пластины, это сделает удобным и редуцирование, и закрепление точек.

Вновь, после редуцирования, выполняются контрольные линейные промеры между точками, и производится окончательное закрепление точек кернением на металле.

При наличии электронного тахеометра работа по построению внутренней разбивочной сети выполняется быстро и точно. Для этого надо использовать функцию «Свободная станция», то есть определить и ориентировать ЭТ из решения обратной линейно-угловой засечки, а затем, используя функцию «Вынос в натуру», полярным методом построить по предвычисленным координатам базисную фигуру. Далее войти в режим «Координаты», произвести координирование построенных точек, и сравнить значения координат с проектными. Если потребуются – выполнить редукцию. Вновь проверить положение точек и закрепить их на длительную сохранность.

Высоты передаются на реперы исходного горизонта методом геометрического нивелирования.

10.5.1.Проектирование и построение внутренней разбивочной сети строящегося объекта

Запроектирована внутренняя разбивочная основа в форме четырёхугольника, вершины которого образованы пересечением смещённых на 0,5 м осей A'_c , B'_a и $2'_c$, $6'_c$ (прил. 8).

Как отмечалось ранее, смещённые оси более удобные для производства монтажных работ и сохранности.

При использовании оптического теодолита-тахеометра оси выносятся на исходной горизонт методом створа.

Для этого от соответствующих вершин строительной сетки откладываются расстояния смещённых осей при помощи стальной компарированной рулетки с погрешностью 0–5 мм (1:5000). Точки на местности закрепляются временными знаками, руководствуясь при этом временем их использования не только выноса осей на исходный горизонт, но и на последующие этажи. Приведём расчёт точности створа.

Погрешностями построений обоих створов являются: погрешность построения первого створа $m_{ст1}$ и второго $m_{ст2}$, погрешности фиксации $m_{ф}$

$$m_c^2 = m_{ст1}^2 + m_{ст2}^2 + m_{ф}^2. \quad (91)$$

Основными погрешностями при построении каждого створа являются: – погрешности положения в плане исходных точек;

- погрешности центрирования теодолита и визирных целей;
- погрешность визирования и перефокусировки зрительной трубы при наведении на визирную цель и определяемую точку

$$m_{\text{ств}}^2 = m_{\text{исх}}^2 + m_{\text{ц}}^2 + m_{\text{виз}}^2 + m_{\text{ф}}^2. \quad (92)$$

Погрешности положения исходных точек для задания створа имеют значения только сдвиги в плане по перпендикуляру к направлению створа, т.е. по одной из координат X или Y . Влияние их можно вычислить по формуле [15]:

$$m_{\text{исх}}^2 = m_{x,y}^2 \left[\left(1 - \frac{d}{S} \right)^2 + \left(\frac{d}{S} \right)^2 \right], \quad (93)$$

где d – расстояние от пункта установки теодолита до определяемой точки;

S – расстояние между исходными точками, т.е. длина створа (рис.118).

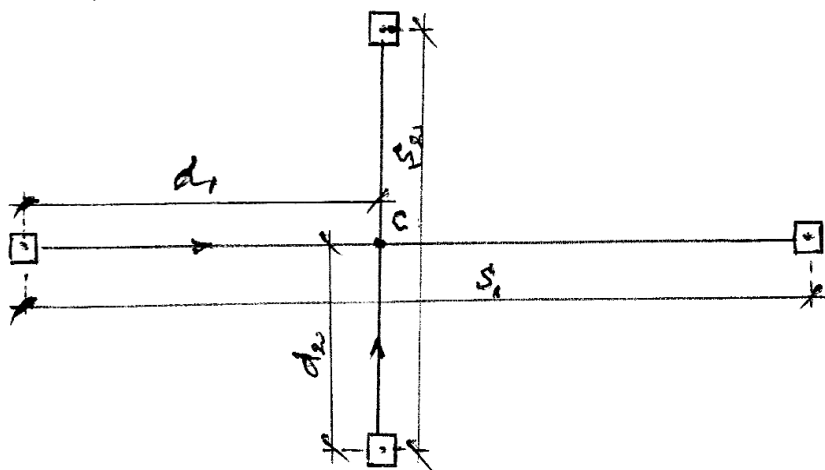


Рис.118. Схема расположения створов

Влияние погрешностей центрирования теодолита и визирной цели определяется формулой:

$$m_{\text{ц}}^2 = \frac{e^2}{2} \left[\left(1 - \frac{d}{S} \right)^2 + \left(\frac{d}{S} \right)^2 \right], \quad (94)$$

здесь e – линейный элемент погрешности центрирования (X или Y).

Погрешности визирования и перефокусировки зрительной трубы примерно одинаковы, и их совместное влияние может быть предвычислено по формуле

$$m_{\text{виз.,фок}} = \frac{20''}{\Gamma^x} \frac{\sqrt{3}}{\rho''} d, \quad (95)$$

где Γ^x – увеличение зрительной трубы.

Приведём расчёт точности разбивки положения точки С, если она находится посередине створов (рис. 118) при значениях: $d=75$ м, $S=150$ м, $\Gamma^x=30$, $m_{x,y}=5$ мм, $e=1$ мм, $m_\phi=1$ мм

$$m_{\text{исх}} = \sqrt{5^2 \left[\left(1 - \frac{7,5}{15} \cdot \frac{10^4}{10^4} \right)^2 + \left(\frac{7,5}{15} \cdot \frac{10^4}{10^4} \right)^2 \right]} = 2,6 \text{ мм};$$

$$m_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{1^2}{2} \left[\left(1 - \frac{7,5}{15} \cdot \frac{10^4}{10^4} \right)^2 + \left(\frac{7,5}{15} \cdot \frac{10^4}{10^4} \right)^2 \right]} = 0,6 \text{ мм};$$

$$m_{\text{виз,фок}} = \frac{20''}{30} \cdot \frac{\sqrt{3}}{20,62} \cdot \frac{7,5}{10^4} \cdot 10^4 = 0,4 \text{ мм}.$$

Общая погрешность разбивки точки С с двух створов будет равна

$$m_c = \sqrt{2 \cdot (2,6^2 + 0,6^2 + 0,4^2) + 1,0^2} = 3,94 \text{ мм}.$$

Самой существенной составляющей здесь является погрешность исходных данных.

Разбивочная сеть является четырёхугольником, вершины которого 1, 2, 3, 4 образованы пересечением смещённых осей (см. прил. 8). Допустим положение пунктов 3, 4 определено створным методом с опорных пунктов строительной площадки (сетки). Положение пунктов 1, 2 определено из линейно-угловой сети этажа. Для этого измерены в фигуре углы 1, 2, 3, 4 и стороны 1-4; 2-3; диагонали 1-3, 2-4, погрешности измерения углов $5''$, сторон – 2 мм (требования 4 кл.). По оценке точности, выполненной программой CredoDAT, получили следующие значения погрешностей: $m_x=0,2$ мм, $m_y=0,3$ мм, $M=0,4$ мм, что удовлетворяет требованиям строительства. Фигура является базисной, от которой выносятся все оси сооружения.

10.5.2. Построение базисных фигур на монтажных горизонтах

При строительстве многоэтажного здания возникает необходимость переноса базисной фигуры на вышерасположенные монтажные горизонты. Это может осуществляться как теодолитом по ранее изложенной схеме, конечно в пределах наличия видимости с пунктов наземной основы, так и специальными приборами – приборами вертикального проектирования. Они могут быть оптическими или лазерными. В обоих случаях приборы оснащены компенсаторами, с помощью которых луч приводится в вертикальное (отвесное) положение. В России широко применяется оптический зенит-прибор FG-L100 фирмы К.Цейсс, точность которого при

переносе точки характеризуется погрешностью 1 мм на 100 м. Для перенесения точки с нижнего горизонта на верхний необходимо иметь технологические отверстия, можно использовать так же лифтную шахту, сквозное отверстие для мусоропровода.

Прибор центрируется над точкой базисной фигуры (рис.119). Над отверстием в перекрытии монтажного горизонта устанавливается палетка из прозрачного оргстекла, на которой построена сетка со стороной 5,10 мм, оцифрована буквами и цифрами

Перенесение точки заключается в координировании креста сетки нитей зенит-прибора (центра лазерного пятна), отмеченного на палетке. Отмечается четыре проекции креста сетки нитей на палетке при перестановке (вращении) прибора на 90° по горизонтальному кругу для исключения погрешности неперпендикулярности визирного луча. Кроме этого для сведения к минимуму влияния погрешности центрирования подставку прибора надо переставлять на 120° между 3-я приёмами. Приём составляет координирование 4-х положений креста сетки нитей на палетке.

На монтажные горизонты необходимо перенести минимум 3 точки внутренней разбивочной сети здания. Если нет возможности переноса точек базисной фигуры вертикальным проектированием, то для построений следует воспользоваться другими способами, но для этого необходимо иметь электронный тахеометр.

Обратная засечка

Метод обратной засечки может быть использован, если с монтажного горизонта видны пункты внешней разбивочной сети здания или другие пункты в окрестностях заранее построенные, например, марки-катафоты пространственной сети, закреплённые на прилегающих к строительству зданиях, опорах ЛЭП и др.

Плановое положение установленного на этаже электронного тахеометра («Свободная станция») определяется из наблюдений 4-х пунктов с известными координатами, при этом измеряются только горизонтальные углы. В результате прибор выдаёт на дисплей координаты точки стояния прибора X , Y и оценку точности по осям σ_x , σ_y , что позволит судить о точности координат и возможности производства дальнейших разбивочных работ на этаже.

Но наиболее широко используется обратная линейно-угловая засечка. В этом случае достаточно пронаблюдать два пункта с известными коорди-

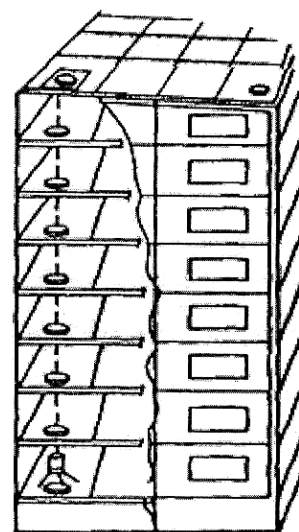


Рис.119. Схема переноса точек опорной сети на монтажный горизонт способом вертикального проектирования

натами. При этом измеряются оба расстояния до пунктов и горизонтальный угол между направлениями. Если нужна и высота положения станции, то в память прибора вводятся и отметки наблюдаемых пунктов одновременно с вводом координат. Прибор автоматически измеряет углы наклона при наблюдениях на пункты. В результате на дисплее прибора после команды «Вычислить» появятся значения X, Y, H станции, и оценка точности σ_x, σ_y . При допустимой точности прибор ориентируется по направлению на 2-ю точку. Далее выполняются разбивочные работы на монтажном горизонте в координатном режиме обычными приёмами.

В конечном итоге на точность разбивки осей будут влиять погрешности планового положения исходных пунктов, погрешности собственно обратной засечки и погрешности разбивочных работ.

Величина “ e ” выражает суммарное влияние погрешности исходных данных и собственно самой засечки. Её можно интерпретировать как погрешность центрирования прибора и применить известную формулу для предрасчёта [15]:

$$m_{\text{ц}}^2 = \rho^2 \frac{e^2 L^2}{2S_1^2 S_2^2}. \quad (96)$$

Из формулы (88) найдём

$$e^2 = \frac{m_{\text{ц}}^2 2S_1^2 S_2^2}{\rho^2 L^2},$$

для её упрощения примем $L=2S$, $S_1=S_2$, тогда

$$e = \frac{m_{\text{ц}}}{\rho} \frac{S}{\sqrt{2}}. \quad (97)$$

Из формулы (89) видно, что для min значения “ e ” надо располагать визирные цели (опорные пункты) ближе к станции. Предвычислим значение “ e ”, например, при $S=150$ м, $m_{\text{ц}}=20''$, получим $e=10,3$ мм. Это недопустимо. Следовательно, угловые измерения надо выполнять более точно, например $7''$, тогда $e=3,6$ мм, что вполне приемлемо.

Полярная засечка

Разбивочная основа строится полярным методом с опорных пунктов геодезической сети путём отложения полярного угла и полярного расстояния от базиса наклонным визированием.

При наличии электронного тахеометра построение разбивочных точек на рабочем горизонте выполняется в режиме «Координаты» с пунктов наземной геодезической разбивочной основы.

В любом случае с построенной точки на рабочем горизонте для целей контроля следует выполнить обратные измерения, включая и точки внешней разбивочной сети.

Спутниковый метод

Разбивочную основу на открытом монтажном горизонте можно построить спутниковыми методами. Для этого необходимо иметь несколько спутниковых приёмников, одни из них устанавливаются на пунктах внешней разбивочной сети строительной площадки или здания, например, пз4, пз5, а другая – на рабочем горизонте, на плитах перекрытия, т.е. на закреплённых пунктах разбивочной основы.

Выполнив наблюдения, результаты обрабатываются на компьютере по специальным программам, в результате чего получают координаты и высоты пунктов на рабочем горизонте.

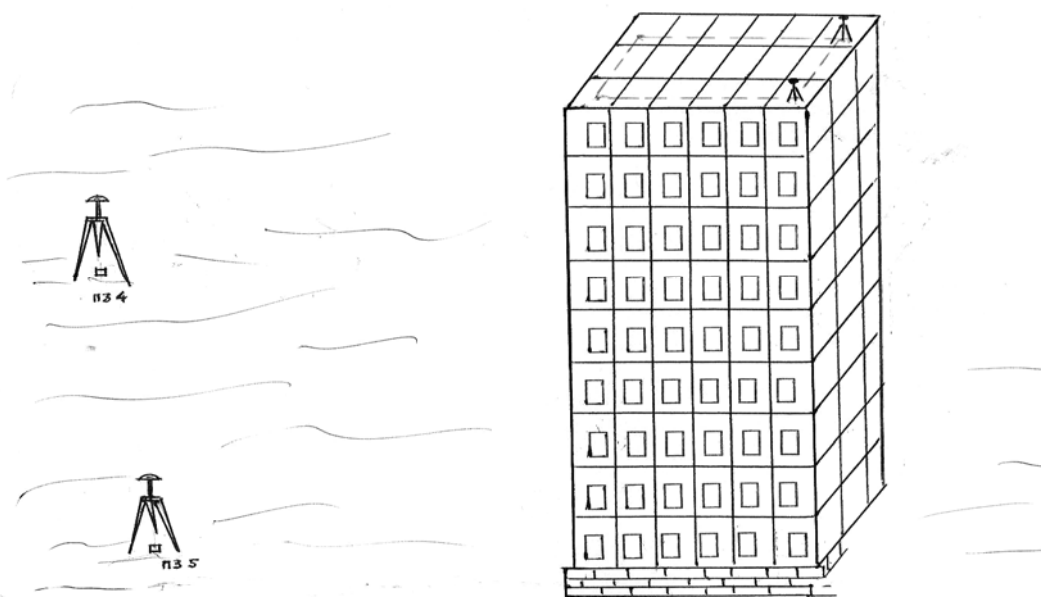


Рис.120. Схема построения разбивочной основы на монтажном горизонте

На высоких и сверхвысоких объектах возможно влияние колебаний сооружений под давлением ветровых нагрузок, кручения из-за неравномерности нагрева объекта солнечной радиацией. Величина смещения точки из-за влияния солнечной радиации может быть приближенно вычислена по формуле [4]:

$$T_i = \frac{\alpha_t H_i^2 \Delta t}{2D_{\text{ср}}}, \quad (98)$$

где α_t – коэффициент линейного расширения материала сооружения;

Δt – разность температур солнечной и теневой сторон;

$D_{\text{ср}}$ – средний диаметр сооружения;

H – высота определения смещения.

При значениях: $\alpha_t = 0,0000125 \text{ м/}^\circ\text{С}$, $\Delta t = 15^\circ$, $H = 75 \text{ м}$, $D = 25 \text{ м}$ величина смещения точки $T = 0,3 \text{ мм}$, т.е. пренебрегаемо мала. Но тем не менее наблюдения в сети рекомендуется выполнять в безветренные часы при облачной спокойной погоде.

10.5.3. Передача высот на монтажные горизонты

Геометрическое нивелирование

Высотные отметки могут быть переданы на монтажные горизонты от высотных реперов строительной площадки. При этом наиболее часто используется метод геометрического нивелирования, как простой и наиболее надёжный.

С монтажного горизонта опускается стальная компарированная рулетка с мм делениями через технические отверстия, шахту для лифта, вентиляционных коробов и др. вниз. Нивелир устанавливается примерно посередине между репером и полотном рулетки (равноплечье). Рулетка должна быть надёжно закреплена вверху и натянута внизу при помощи груза или рабочим. Она должна занимать отвесное положение. Берутся отсчёты по рейке, установленной на исходном репере и по рулетке. Наверху по рулетке берётся отсчёт одновременно при помощи второго нивелира (рис.120). Вычисляются горизонты приборов ГП1 и ГП2 :

$$\text{ГП1} = H_{\text{рп}} + a, \text{ ГП2} = H_{\text{рп}} + (b - c).$$

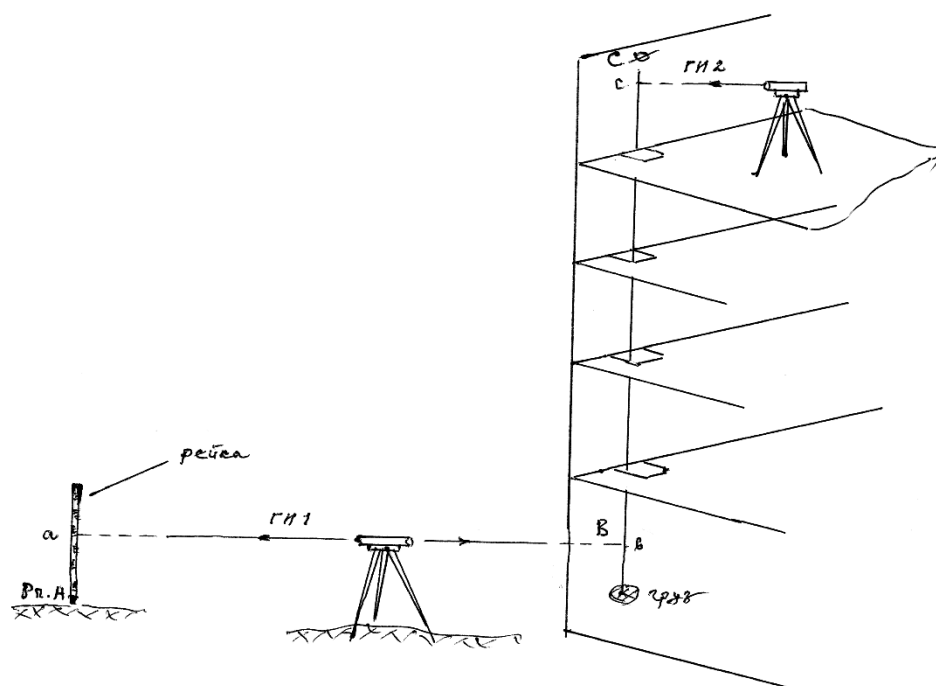


Рис.121. Схема передачи высот на монтажные горизонты методом геометрического нивелирования

Далее, пользуясь ГП2, переносятся отметки на монтажную разбивочную основу. Выполняется 2-3 приёма передачи отметок на горизонт, расхождения не должны превосходить 4 мм, а в разновременную передачу — 7 мм.

Отметим, что в полученное превышение $(b-c)$ вводятся поправки за компарирование рулетки, за температуру по формуле:

$$\Delta_t = a (b-c) (t_c - t_0), \quad (99)$$

где a – коэффициент расширения стали, $a = 0,0000125 \text{ м/}^{\circ}\text{С}$;
 t_c – температура полотна рулетки при выполнении измерений;
 t_0 – температура, для которой дано уравнение рулетки (чаще 20°С).

При большой высоте передачи отметки снизу вверх в превышение следует ввести поправку за удлинение рулетки под действием собственной массы по формуле [15]:

$$\Delta_l = \frac{Pl}{2EF}, \quad (100)$$

где P – собственная масса рулетки,
 l – длина подвешенного полотна рулетки,
 E – модуль упругости,
 F – поперечное сечение.

Для рулеток шириной 10 мм и толщиной 0,2 мм $E = 2 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$,
 $F = 0,02 \text{ см}^2$.

Удлинение рулетки длиной 50 м составит: $\Delta_l = 0,5 \text{ мм}$, а для 100 м – 2 мм.

Второй способ передачи отметки (если есть такая возможность):

- нанесение в точке В риски на стене отметки ГП1;
- нанесение риски вверху на стене;
- измерение расстояния $вс$ (превышения $вс$, рис.121) при помощи электронной рулетки (например, Disto). Для этого рулетка устанавливается горизонтально на риске В при помощи обычного строительного уровня, а наверху устанавливается на риску С отражательный элемент (например, кусок фанеры). Берётся отсчёт по рулетке и прибавляется к отметке ГП1. Точность передачи отметки этим способом – 3мм., что удовлетворяет требованиям СНиП.

Возможна передача отметок последовательно с предыдущего этажа на рабочий этаж любым из изложенных способов. Но при этом происходит накопление погрешностей передачи отметок. Поэтому по мере возведения здания передачу отметки на рабочий горизонт надо повторить через 3-5 этажей, уменьшая число передач, тем самым существенно избегая накопления погрешностей.

Отметим, передача отметки на горизонт выполняется от двух, трёх исходных отметок реперов, что позволит избежать возможной ошибки. Нивелир должен быть поверен и отъюстирован, полотно рулетки не должно иметь перегибов.

Тригонометрическое нивелирование

Высотная отметка на рабочий горизонт строящегося здания может быть передана из решения обратной засечки по высоте. Программа электронного тахеометра: «Засечка», строка «Высота».

Прибор устанавливается в удобном месте с видимостью на два исходных репера, лучше – три, как ранее отмечалось – «Свободная станция».

Выполняются измерения на установленные визирные цели на исходных реперах. При этом в память прибора вводятся отметки реперов и высоты визирных целей. После команды «Вычислить» на дисплее появится отметка высоты прибора H и её оценка точности σ_H . При удовлетворительном результате решения обратной засечки по высоте можно передать отметки на любые точки разбивочной основы, в том числе и на наклеенные катафоты – отражатели на конструкциях этажа. Если прибор имеет безотражательный режим, то отметку можно передать в любую точку.

Для определения высоты точки стояния прибора надо ввести в память электронного тахеометра его высоту установки над этой точкой (i).

Погрешность определения превышения можно предвычислить по формуле

$$h = S \cdot \sin v, \quad (101)$$

$$m_h^2 = m_s^2 \cdot \sin^2 v + S^2 \cdot \cos^2 v \frac{m_v^2}{\rho^2}, \quad (102)$$

где m_s и m_v – средние квадратические погрешности измерения расстояния и угла наклона, соответственно;

ρ – радианная мера (206265").

Средняя квадратическая погрешность отметки может быть вычислена по формуле:

$$m_H^2 = m_h^2 + m_v^2 + m_i^2; \quad (103)$$

здесь m_v и m_i – средние квадратические погрешности определения высоты визирной цели и прибора, соответственно.

При значениях: $S = 50$ м, $m_s = 2$ мм, $v = 30^\circ$, $m_i = 1$ мм, значение $m_H = 2,8$ мм, что отвечает требованиям строительства.

Второй способ передачи отметки тригонометрическим нивелированием состоит в следующем.

Тахеометр устанавливается вблизи репера, расположенного на стройплощадке. Зрительная труба наводится на нивелирную рейку, установленную на репере, устанавливается отсчёт по вертикальному кругу равный MZ , (MO), по рейке берётся отсчёт « a ». Далее зрительная труба наводится на визирную цель, установленную на этаже, прибор выдаёт на дисплей значение превышения “ h ” центра отражателя (катафота или просто точки при безотражательном режиме). Тогда отметка визирной цели будет равна (рис.122)

$$H_{отр} = H_{рп} + a + h.$$

Для контроля передачу отметки на горизонт надо повторить, переставив тахеометр несколько дальше от репера. Расхождения не должны превышать 4 мм.

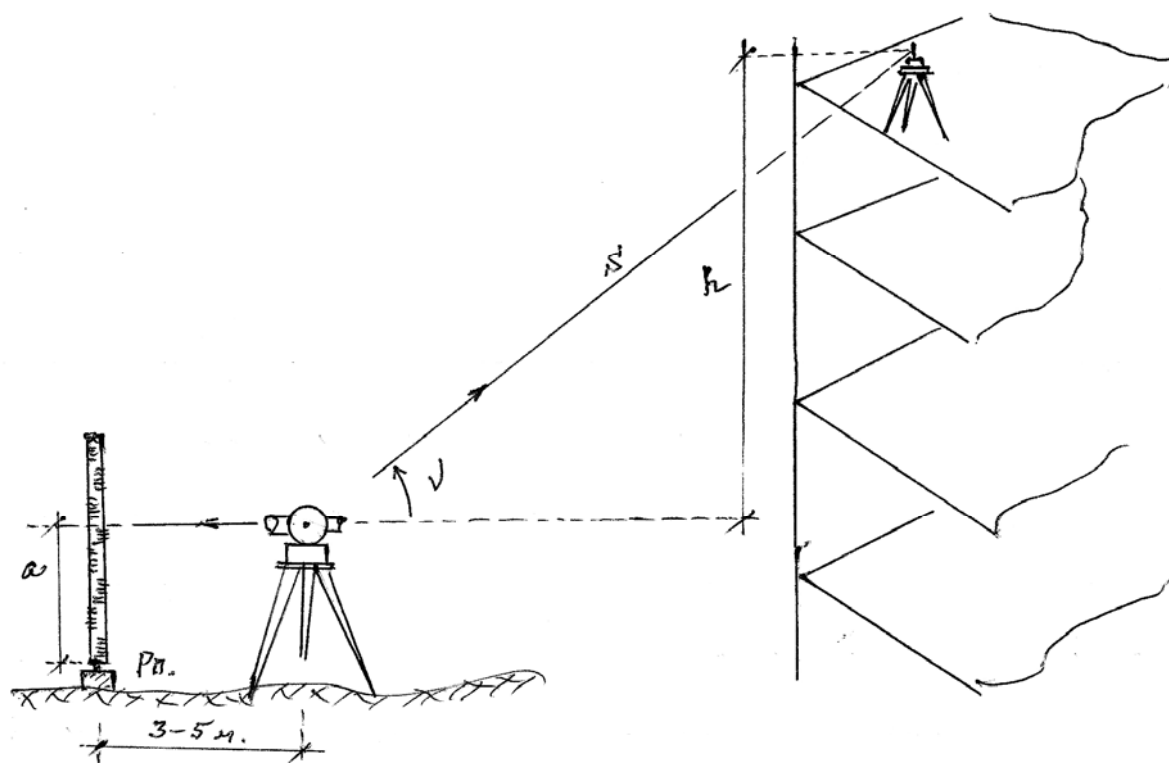


Рис.122. Схема передачи высот на монтажные горизонты методом тригонометрического нивелирования

Дальнейшая передача отметок на рабочем горизонте может выполняться при помощи нивелира, приняв за исходную отметку, полученную из тригонометрического нивелирования.

10.6. Разбивочные работы при строительстве «нулевого» цикла

Возведение зданий и сооружений выполняется в два этапа:

1. Работы нулевого цикла. Сюда относятся работы, которые выполняются до уровня пола первого этажа – «нулевого горизонта». Это разработка котлована, изготовление фундамента и стен подвала, монтаж перекрытия подвала, устройство водопровода, газопровода, канализации, прокладывание кабелей энергетических и связей. Гидроизоляция «нуля» и обратная засыпка пазух грунтом и песком с уплотнением, планировка площадки.

2. Строительно-монтажные работы по возведению надземной части здания.

Земляные работы

Исходными данными для геодезических разбивок при выполнении земляных работ служат: генеральный план объекта; проект вертикальной планировки и картограмма земляных работ; план осей; проект дорог и инженерных подземных коммуникаций; разбивочный чертёж перенесения на местность границ участка строительства и осей сооружения.

При разработке котлована под фундамент здания экскаватором с гидравлическим приводом, бульдозером, скрепером допускается **недобор +10 см**. Допустимое отклонение при окончательной (ручной) зачистке дна котлована в местах устройства фундамента не должно превышать 5 см от проектных отметок.

Контроль поверхности дна котлована после его зачистки осуществляется геодезистом исполнительной съёмкой. Нивелируются точки пересечения буквенных и цифровых осей дна котлована или узлы построенной сетки квадратов со сторонами 10×10 м. На схеме указывается положение верхней и нижней бровок дна котлована, отклонения от проекта дна котлована по высоте. По этим данным вычисляется объём вынутого грунта из котлована.

Забивка свай

Исходными документами для забивки свай под фундамент являются: план свайного поля, координаты положения свай, план осей, акт разбивки осей. Перед выносом проекта в натуру положения свай геодезист обязан проверить правильность проектных данных для выноса. В случае обнаружения ошибок вопрос решается ГИПом по представлению ПТО «Подрядчика», и только после этого можно приступать к разбивке местоположения свай.

Вынос проекта в натуру может быть выполнен с использованием оптического теодолита и стальной рулетки с миллиметровыми делениями. Для этого надо воспользоваться вынесенными на местность осями сооружения традиционно на скамейки. По натянутой рулетке или струне откладываются расстояния согласно проектных данных, и закрепляется местоположение свай арматурными штырями длиной 30-40 см, бракованными электродами и др. (рис. 123).

При наличии электронного тахеометра вынос местоположения свай в натуру может быть выполнен быстро и с высокой точностью с использованием программ «Полярный метод»(координатный) и «Смещённая линия». Особенно эффективна последняя программа, так как она не требует ввода координат каждой выносимой сваи. Достаточно ввести координаты только крайних свай ряда, вынести их в натуру, а остальные сваи выносятся по значениям «отступа» и «расстояния» от 1-й точки введенных координат. Прибор можно расположить в месте, удобном для разбивки, а его положение и ориентирование определяется из решения обратной линейно-угловой засечки («Свободная станция») или другими известными методами.

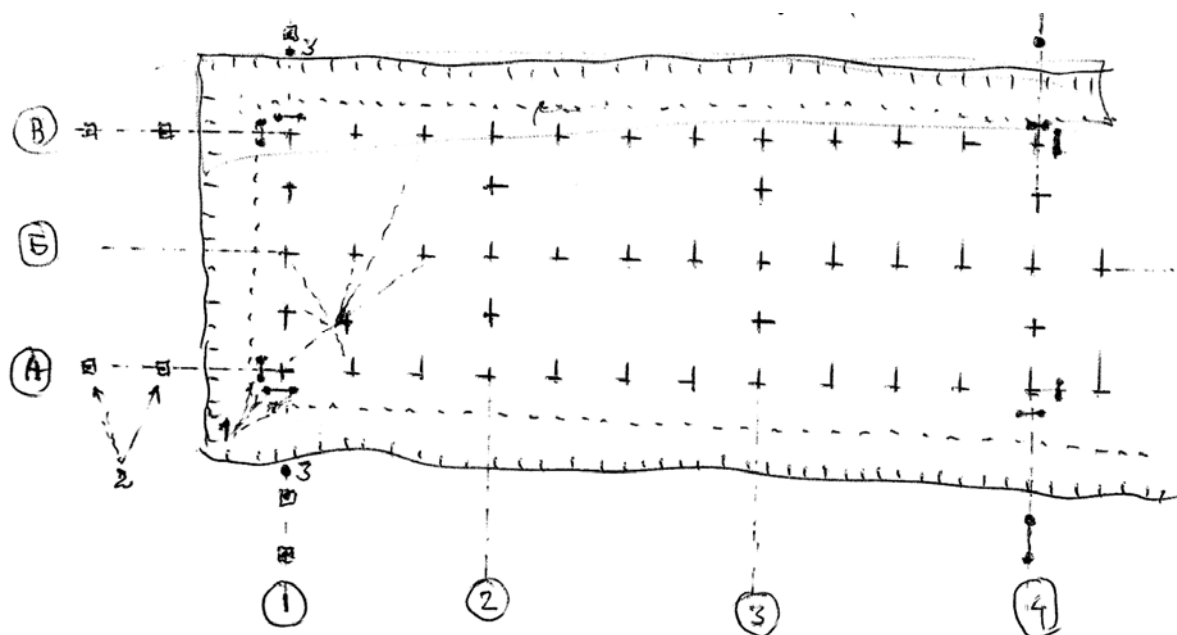


Рис.123. Схема расположение свай:
 1 – скамейки закрепления осей под забивку свай;
 2 – строительные скамейки осей; 3 – знаки закрепления створа оси;
 4 – положение свай

Предельные отклонения в плановом положении и высотном забиваемых свай и шпунта приведены в СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты». Они не должны превышать для свай диаметром или стороной сечения до 0,5м:

- при одно-, двух- и трёхрядном расположении свай, кустов, лент
- $\pm 0,3d$ – поперёк оси свайного ряда;
- $\pm 0,3d$ – вдоль оси свайного ряда;
- сплошное свайное поле под всем зданием или сооружением
- $\pm 0,2d$ – для крайних свай;
- $\pm 0,4d$ – для средних свай.

Для одиночных свай предельное отклонение не должно быть более 5 см, для свай-колонн ± 3 см.

Предельные отклонения в плане забивных, буронабивных, набивных свай диаметром более 0,5 м не должны превосходить:

- ± 10 см – поперёк ряда
- ± 15 см – вдоль ряда при кустовом расположении свай;
- ± 8 см – для круглых одиночных полых свай под колонны.

Высотные отметки голов свай не должны отклоняться от проектных:

- ± 3 см – для монолитных ростверков;
- ± 1 см – для сборных ростверков;
- ± 5 см – для безростверковых фундаментов со сборным оголовком;
- ± 3 см – для свай-колонн.

Предельные отклонения в плане для шпунтовых ограждений:

± 10 см железобетонного на отметке поверхности грунта;

± 15 см стального на отметке верха шпунта.

Для сооружений «стена в грунте» допускается смещение осей в плане ± 3 см; отклонение от вертикали $\tan 0,005$; толщина стены может быть только завышена до 10 см; глубина может быть только завышена на 20 см.

Отметим, приведённые значения допустимых отклонений положения свай от проекта – это суммарный результат влияния погрешностей всех операций, сопровождающих забивку свай. Погрешность геодезических разбивочных работ должна быть в 2-3 раза меньше приведённых значений.

Ранее рассматривалась точность выноса основных осей на нулевой горизонт при помощи оптического теодолита створным методом. ***Здесь приведём расчёт точности разбивочных работ с использованием электронного тахеометра.***

Погрешность выноса точки при помощи ЭТ по известным координатам полярным методом можно предвычислить по формуле

$$m_T^2 = m_{CT}^2 + m_S^2 + \frac{m_B^2}{\rho^2} S^2 + m_\Phi^2, \quad (104)$$

где m_{CT} – ср.кв. погрешность определения положения станции,

m_S – ср.кв. погрешность отложения полярного расстояния,

m_B – ср.кв. погрешность построения полярного угла,

m_Φ – ср.кв. погрешность фиксации точки,

S – расстояние от прибора до выносимой точки.

При значениях: $S = 50$ м, $m_S = 2$ мм, $m_B = 5''$, $m_\Phi = 2$ мм, $m_{CT} = 5$ мм, погрешность выноса точки $m_T = 5,9$ мм. Здесь основная составляющая (5 мм) погрешность определения положения станции. Полученный результат m_T удовлетворяет практически все виды разбивочных работ при возведении подземной части сооружения. Однако надо принимать во внимание – визирная цель (вешка с минипризмой) должна быть высотой не более 0,1–0,3 м, в противном случае погрешность фиксации (из-за наклона вешки) будет более 2 мм. При необходимости можно использовать штатив с подставкой и адаптером под марку-отражатель, имеющую оптический центрир. В этом случае придётся делать два-три приближения выноса точки в натуру.

10.6.1. Требования к железобетонным ростверкам и их устройству

Документами для монтажа опалубки по устройству фундамента являются: план осей, опалубочный план или план монолитного железобетонного ростверка.

В СНиП 3.03.01-87 (СП 70.13330.2012) «Несущие и ограждающие конструкции» приведены требования к сборным и монолитным бетонным, железобетонным и металлическим конструкциям.

Для монолитных конструкций предельные отклонения от вертикали плоскостей и линий их пересечений на всю длину конструкции для фундаментов не должны превышать ± 20 мм;

- для стен и колонн, поддерживающих монолитные перекрытия ± 15 мм;
- для стен и колонн, поддерживающих сборные балочные конструкции ± 10 мм;
- отклонение горизонтальных плоскостей на всю длину выверяемого участка ± 20 мм;
- длина или пролёт элементов ± 20 мм;
- размер поперечного сечения элементов $+6$ мм или -3 мм;
- отметки поверхностей и закладных металлических изделий, служащих опорами для других элементов 5 мм.

При строительстве многоэтажного сооружения имеющиеся отклонения в нижележащем этаже положения осей необходимо выправить в строящемся верхнем.

Вынос осей под установку опалубки, на опалубку или монолитный ростверк осуществляется аналогично как при разбивке свайного поля: со знаков закрепления осей (оптический теодолит) или «Свободной станции» (электронный тахеометр) по выбранной программе.

После установки стального каркаса из арматуры, геодезист выполняет съемку положения опалубки и каркаса, выносит на опалубку отметку верха бетона. На исполнительной схеме съёмки указываются отклонения от проекта положения опалубки в нижнем и верхнем сечениях. Если отклонения превосходят допустимые значения, производится рихтовка опалубки. При укладке бетона в опалубку необходимо следить за её положением. При обнаружении деформаций опалубки процесс бетонирования следует немедленно приостановить, элементы опалубки отрихтовать в проектное положение и надёжно закрепить, продолжить укладку бетона.

После раскружаливания ростверка выполняется геодезическая съёмка его положения. Составляется схема исполнительной съёмки, на которой указываются отклонения положения фундамента в плане и по высоте относительно проекта.

Разбивка осей сборных фундаментов аналогична монолитным. Но к установке опорных поверхностей для сборных железобетонных колонн и анкерных болтов под стальные колонны предъявляются более высокие точностные требования. Допустимые отклонения в положении анкерных болтов не должны превышать ± 5 мм в плане внутри контура опоры, ± 10 мм – вне контура, а по высоте ± 20 мм.

Разбивочные оси закрепляются вне контура опор вследствие их многократного использования.

В табл. 17 приведены из СНиП 3.03.01-87 допустимые погрешности для сборных конструкций

Т а б л и ц а 17

№ п/п	Параметры	Предельные отклонения
1	2	3
1	Отклонение от совмещения установочных ориентиров фундаментных блоков и стаканов фундаментов с рисками разбивочных осей	12 мм
2	Отклонение отметок для стаканов фундаментов от проектных	± 5 мм
3	Отклонение от совмещения в нижнем сечении геометрических осей колонн, панелей, крупных блоков несущих стен, объемных блоков, ригелей, прогонов, балок и рельсов, подстропильных ферм, подкрановых балок с разбивочными осями	8 мм
4	Отклонение от совмещения в верхнем сечении осей колонн многоэтажных зданий с рисками разбивочных осей при длине колонн: до 4 м 4-8 м 8-16 м 16-25 м	12 мм 15 мм 20 мм 25 мм
5	Разность отметок верха колонн каждого яруса многоэтажных зданий в пределах выверяемого участка	$12 \text{ мм} + 2 \cdot n$

10.7. Геодезические работы при строительстве надземной части здания

Рабочими документами для построения разбивочных монтажных осей здания являются: план этажа, план осей, схема внешней разбивочной сети площадки, схемы внутренних поэтажных разбивочных сетей плановые и высотные.

При монтаже надземной части здания геодезические работы заключаются в следующем:

- построение разбивочных осей на исходном (нулевом) горизонте и передача отметок на реперы;
- проектирование основных разбивочных осей и передача высот на вышележащие монтажные горизонты;
- построение разбивочных осей на монтажном горизонте;
- детальная разбивка положения конструкций на монтажном горизонте (нанесение монтажных меток);
- исполнительная съёмка смонтированных элементов и конструкций.

Ранее рассматривались методы разбивки основных осей(смещённых) с использованием тахеометра или оптического теодолита-тахеометра и

стальной рулетки с миллиметровыми делениями створно –линейными и линейными засечками.

Детальная разбивка монтажных осей (смещённых) выполняется от точек базисной фигуры. При этом используются не менее чем 2-3 точки. Створ задаётся теодолитом, линейные размеры откладываются на поверхности плит перекрытий рулеткой и отмечаются карандашом. Построив одну ось, например, цифровую, при помощи теодолита строится прямой угол и отмечается положение буквенной оси. Построенный прямоугольник контролируется и внутри него линейными засечками строятся промежуточные оси.

Приведём расчёт точности разбивки линейной засечкой по упрощённой формуле [15]:

$$m_{ЛЗ} = \frac{m_S \sqrt{2}}{\sin \gamma}, \quad (105)$$

где γ – угол при засекаемой точке, и он равен 90° .

Тогда при $m_S = 2$ мм, получим точность линейной засечки $m_{ЛЗ} = 2,8$ мм.

Но на положение вынесенной точки в плане будет влиять погрешность исходных данных-точек, построенных створно-линейной засечкой.

Средняя квадратическая погрешность положения в плане точек, построенных створно-линейной засечкой, будет содержать следующие составляющие:

$$m_{СТВ}^2 = m_{ИС}^2 + m_{Ц}^2 + m_{ВИЗ}^2 + m_S^2 + m_{Ф}^2, \quad (106)$$

где $m_{ИС}$ – ср.кв. погрешность исходных данных;

$m_{Ц}$ – ср.кв. погрешность центрирования теодолита;

$m_{ВИЗ}$ – ср.кв. погрешность визирования;

m_S – ср. кв. погрешность отложения расстояния рулеткой;

$m_{Ф}$ – ср.кв. погрешность фиксирования.

Здесь исходными являются пункты базисной фигуры, которые выносятся на монтажный горизонт с помощью зенит-прибора, погрешность которого составляет 1 мм на высоту до 100 м. Погрешность центрирования оптическим центриром $m_{Ц} = 1$ мм, а отложения расстояния длиной не более 30 м примем $m_S = 3$ мм. Погрешность фиксации $m_{Ф} = 2$ мм. Погрешность визирования на расстояние до 30 м вычислим по формуле (91) при увеличении зрительной трубы теодолита 30^X . Она составит $m_{ВИЗ} = 0,1$ мм, т.е. ею можно пренебречь.

Подставим численные значения в формулу (106)

$$m_{СТВ}^2 = 1^2 \text{ мм} \sqrt{2} + 1^2 \text{ мм} + 3^2 \text{ мм} + 2^2 \text{ мм} = 15,41 \text{ мм}^2,$$

$$m_{СТВ} = 3,9 \text{ мм}.$$

Тогда средняя квадратическая погрешность точек, вынесенных линейной засечкой, с учётом погрешности исходных данных ($m_{\text{СТВ}}$) составит:

$$m_{\text{ЛЗ}}^2 = 2,8^2 \text{ мм} + 3,9^2 \text{ мм} = 23,05 \text{ мм}^2,$$

$$m_{\text{ЛЗ}} = 4,8 \text{ мм}.$$

Ранее рассматривалась погрешность разбивочных работ электронным тахеометром с использованием программы «Свободная станция».

Выполним расчёты точности выноса проекта в натуру (разбивку осей), когда электронный тахеометр устанавливается на точку базисной фигуры, и точки выносятся в режиме «Координаты», т.е. полярным методом. Для оценки точности выноса воспользуемся формулой (73), при этом примем: погрешность плановых координат базисной фигуры $m_{\text{ИС}} = 1 \text{ мм}$, $\sqrt{2} = 1,4 \text{ мм}$, погрешность центрирования $m_{\text{Ц}} = 1 \text{ мм}$, погрешность ориентирования $m_{\text{ОР}} = 1 \text{ мм}$, погрешность построения полярного угла $m_{\beta} = 10''$, погрешность отложения полярного расстояния $m_S = 2 \text{ мм}$, полярное расстояние $S = 30 \text{ м}$, погрешность фиксации $m_{\Phi} = 2 \text{ мм}$.

Суммарное влияние всех погрешностей на положение в плане выносимой точки «Р» электронным тахеометром будет равно

$$m_P^2 = m_{\text{ИС}}^2 + m_{\text{Ц}}^2 + m_{\text{ОР}}^2 + m_S^2 + \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} S^2 + m_{\Phi}^2, \quad (107)$$

подставим числовые данные:

$$m_P^2 = 1,4^2 \text{ мм} + 1^2 \text{ мм} + 1^2 \text{ мм} + 2^2 \text{ мм} \frac{10^2}{206265^2} 30^2 \text{ м} + 2^2 \text{ мм},$$

$$m_P = 3,5 \text{ мм}.$$

Важнейшим при разбивке осей на монтажном горизонте является точность построения базисной фигуры. Она может быть перенесена методом вертикального проектирования или построена электронным тахеометром по программе «Свободная станция».

При любых методах построения базисной фигуры необходимо убедиться в точности её построения путём промеров её сторон и диагоналей. И только затем можно приступить к выносу разбивочных (смещённых) осей.

В случае разбивки со «Свободной станции» сначала определяется её положение на монтажном горизонте из решения обратной линейно-угловой засечки, прибор ориентируется по направлению. Далее целесообразно определить координаты нескольких точек на этаже, удобных для производства детальных разбивочных работ (так называемые «вторичные станции»), а затем приступить к выносу осей и мест установки конструкций по

заранее подготовленным для этого данным, пользуясь рабочими чертежами.

Такой подход к решению разбивочных работ позволит обеспечить высокую точность взаимного положения монтируемых конструкций на этаже, так как разбивка ведётся от одного определения положения станции, в том числе и «*вторичных станций*», т.е. избежать влияния погрешности собственно самой засечки на взаимное расположение элементов конструкции.

Оси несущих элементов конструкций зданий, сооружений (стены, колонны, пилоны) в основном совпадают с основными или разбивочными осями сооружения или располагаются в непосредственной близости. Поэтому целесообразно выносить «смещённые» разбивочные оси относительно разбивочных на расстоянии 300-400 мм, а от них выносить риски для монтажа конструкций.

На опалубке перекрытия или на поверхности плит перекрытия этажа просто и с достаточной точностью, используя створно-линейную или линейную засечки, способ прямоугольных координат, комбинацию этих способов, можно вынести оси, контуры более сложных элементов конструкций (эркеро́в, лифтовых шахт, балконов и др.), риски для установки конструкций, смещённые оси. Но для производства детальных разбивок необходимо выполнить аналитические расчёты разбиваемых данных, используя для этого план перекрытия, координаты осей, привязки элементов конструкций к осям. При наличии электронной версии проектных чертежей данные для разбивки можно получить графически, работая в программе AutoCAD, быстро и точно.

Координаты точек на монтажном горизонте для производства разбивочных работ, при строительстве сверхвысоких сооружений и зданий, когда пункты пространственной разбивочной сети, пункты стройплощадки находятся слишком низко к монтажному горизонту и на них нет видимости, можно определить на основе спутниковых наблюдений систем ГЛОНАСС, GPS.

В этом случае на монтажном горизонте следует определить координаты трёх пунктов с погрешностью не более 3-5 мм в плане, 5 мм – по высоте. Далее разбивочные работы производятся с помощью электронного тахеометра или другими методами, изложенными выше.

Естественно, это самая высокопроизводительная и передовая методика разбивочных работ, но она требует наличия дорогостоящей геодезической аппаратуры и программного обеспечения. И всё же за нею будущее.

10.8. Рекомендации по организации геодезических работ

Прежде чем приступить к созданию геодезической разбивочной основы (ГРО), разбивочным или контрольно-измерительным геодезическим работам при строительстве любого объекта необходимо выполнить проверки и юстирование используемых геодезических приборов: электронных тахеометров (ЭТ), подставок-адаптеров для трехштативной системы проложения ходов полигонометрии или измерений в линейно-угловой сети, визирных угловых светоотражательных марок, входящих в комплект электронного тахеометра, нивелиров, снабженных компенсаторами для установки визирной линии в горизонтальное положение, цифровых электронных нивелиров в комплекте с кодовыми рейками, приборов вертикального проектирования оптических и лазерных, гироскопических теодолитов, магнитных буссолей, приборов для поиска и установки местоположения подземных инженерных коммуникаций (водопровод, газопровод, энергетические кабели, кабели связи, теплотрасса, нефтепровод и т.д.), приборы с лазерно-опорной плоскостью, должны быть исследованы шапечные нивелирные рейки, стальные рулетки с миллиметровыми делениями, используемые в выполнении геодезических работ.

Для быстрой и точной передачи координат и высот на рабочие горизонты (этажи) следует иметь сквозные технологические отверстия в плитах потолочного перекрытия не менее двух. Они должны располагаться примерно в 1 м. от углов здания, что позволит устанавливать над ними штатив с прибором вертикального проектирования. Между этими точками должна быть прямая видимость на рабочем горизонте.

При сроках строительства объекта свыше года пункты геодезической разбивочной основы надлежит закреплять знаками длительной сохранности со столиками принудительного центрирования приборов, что обеспечит их сохранность, точность и быстроту установки приборов.

Разбивочную основу, при наличии возможностей, развивать в виде пространственной планово-высотной сети, закрепляя пункты светоотражательными марками-катафотами на стенах, прилегающих к объекту зданий, опорах ЛЭП и др. Наличие таких пунктов эффективно при решении обратных линейно-угловых засечек (“Свободная станция”) и выполнении разбивочных и контрольно-измерительных работ.

Геодезическая служба должна быть оснащена нивелирами III, IV класса точности, имеющими компенсаторы для автоматической установки линии визирования в горизонтальное положение, а также телескопическими рейками с сантиметровыми делениями.

Записи о проведении проверок и юстировок всех геодезических приборов необходимо вести в отдельном журнале, указывая номер прибора, остаточное значение контролируемого параметра, кем и когда выполнены проверки. Особое внимание следует уделять определению постоянной

поправки в измерение расстояний комплектом светодальномера (эл. тахеометр и отражатель). Измерительные рулетки использовать только со стальным полотном с миллиметровыми делениями.

Геодезист и его помощник при выполнении разбивочных работ или контрольно-измерительных съемок должны иметь прямую радиосвязь, т.е. оснащены рациями малого радиуса действий.

Разбивочные работы рекомендуется выполнять со знаков ГРО, переданной генеральной подрядной организацией. В случае отсутствия видимости с пунктов ГРО следует применять метод обратной линейно-угловой засечки («Свободная станция») для определения координат и ориентирования станции. При определении положения станции погрешности X , Y , H не должны превышать **10мм**. Точность измерения расстояний при разбивочных работах должна удовлетворять $1/5000$, точность измерения углов – **10"**, что соответствует 3-му классу точности. Точки при разбивке на земной поверхности закрепляются деревянными кольями, в верхний обрез которых вбиваются гвозди, фиксирующие вынесенные точки, или обрезками арматуры, верх которых покрашен желтой или красной краской. На бетонной и металлической поверхностях точки открашиваются крестами 6 см × 6 см или закрепляются дюбелями. Отметки открашиваются на колоннах, стойках, стенах – рисками масляной краской или фломастером.

Все разбивочные работы в плане рекомендуется производить электронным тахеометром. Стараться не использовать призмы с высокими вехами, а наблюдать непосредственно на минипризму, высота которой 100-300 мм или марку-катафот, или на поверхность в безотражательном режиме. Перед началом работы следует узнать атмосферное давление и определить температуру воздуха для учета атмосферной поправки при измерении расстояний. Разбивочные работы выполняются на объектах электронными тахеометрами SET 330,530RK3 фирмы SOKKIA или ему подобными по точности приборами других зарубежных фирм (TOPCON, NICON, Leica, Trimble, GEOMAXи др.).

Вопросы для самоконтроля знаний

1. Назовите общие положения при составлении ППГР при высотном домостроении?
2. Укажите перечень государственных стандартов, строительных норм и правил при составлении ППГР.
3. Порядок передачи материалов ППГР в производстве.
4. Рекомендации по поверкам геодезических приборов и инструментов.
5. Порядок выноса основных осей строящегося здания с использованием электронного тахеометра.
6. Содержание создания высотной сети.

7. Порядок построения базисных фигур на монтажных горизонтах высотных зданий и сооружений.

8. Порядок передачи высот на монтажные горизонты.

9. Суть детальной разбивки при строительстве «нулевого» цикла с использованием электронного тахеометра.

10. Разбивочные работы при строительстве надземной части здания с использованием электронного тахеометра.

11. Назовите основные рекомендации по организации геодезических работ при высотном домостроении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авакян, В.В. Прикладная геодезия. Геодезическое обеспечение строительного производства [Текст] / В.В. Авакян. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 2013. – 432 с.
2. Андреева, Ф.В. Геодезическое обеспечение жилищно-гражданского и промышленного строительства [Текст] / Ф.В. Андреева, Б.Г. Борисенков, В.Г. Бузятков, В.С. Сытник. – М.: Недра, 1988.
3. Булгаков, Н.П. Прикладная геодезия [Текст] / Н.П. Булгаков, Б.М. Рывина, Г.А. Федотов. – М.: Недра, 1990.
4. Буш, В.В. Геодезические работы при строительстве сооружений башенного типа [Текст] / В.В. Буш, В.В. Калугин, А.И. Саар. – М.: Недра, 1985.
5. Васильев, В.М. Организация и управление в строительстве. Основные понятия и термины [Текст] / В.М. Васильев, В.В. Исаев, Ю.П. Панибратов. – М.: АСВ, 1998.
6. Визгин, А.А. Практикум по инженерной геодезии [Текст] / А.А. Визгин, В.А. Коугия, Л.С. Хренов. – М.: Недра, 1989.
7. Ганьшин, В.Н. Геодезические работы при реконструкции промышленных предприятий [Текст] / В.Н. Ганьшин, Б.И. Коськов, И.М. Репалов. – М.: Недра, 1990.
8. Застуев, А.К. Геодезические методы исследования деформаций сооружения [Текст] / А.К. Застуев [и др.]. – М.: Недра, 1991.
9. Золотова, Е.В. Геодезия с основами кадастра [Текст]: учебник для вузов / Е.В. Золотова, Р.Н. Скогорева. – М.: Академический проект: Трикста, 2011. – 413 с.
10. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов ГКИНП (ГНТА)-03-010-03 [Текст]: утвержден приказом Роскартографии от 25.12.2003 г. №81
11. Исполнительная техническая документация при строительстве зданий и сооружений. Общероссийский общественный фонд «Центр качества строительства» [Текст]: справочное пособие. – СПб., 2005 – 37 с.
12. Киселёв, М.И. Геодезия [Текст]: учебник для среднего профессионального образования / М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 384 с.
13. Кулешов, Д.А. Инженерная геодезия. [Текст] / Д.А. Кулешов, Г.Е. Стрельников, Г.Е. Рязанцев. – М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 1996. – 304 с.
14. Климов, О.Д. Практикум по прикладной геодезии. Изыскания, проектирование и возведение инженерных сооружений [Текст]: учебное пособие для студентов геодезических специальностей вузов / О.Д. Климов. – М.: Недра, 1991.

15. Ключин, Е.Б. Инженерная геодезия [Текст]: учебник для вузов / Е.Б. Ключин, М.И. Киселёв, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман; под ред. Д.Ш. Михелева. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 496 с.
16. Левчук, Г.П. Прикладная геодезия. Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ [Текст]: учебник для вузов / Г.П. Левчук, В.Е. Новак, В.Г. Конусов; под ред. Г.П. Левчука. – М.: Недра, 1981. – 439 с.
17. Новак, В.Е. Курс инженерной геодезии [Текст] / В.Е. Новак [и др.]. – М.: Недра, 1989.
18. Перфилов, В.Ф. Геодезия [Текст]: учебник для вузов / В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогорева, Н.В. Усова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2008. – 350 с.
19. Пискунов, М.Е. Геодезия при строительстве газовых, водопроводных и канализационных сетей и сооружений [Текст] / М.Е. Пискунов, В.Н. Крылов. – М.: Стройиздат, 1989.
20. Поклад, Г.Г. Геодезия [Текст]: учеб. пособие для вузов / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Академический Проект, 2011. – 538 с.
21. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов (ПБ-10-14-92) [Текст] / Госгортехнадзор России. – М.: ПИО ОБТ, 1996. – 199 с.
22. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения [Текст]: утвержд. приказом Госстроя России 10.12.2012 г. №83/ГС. – М.: Минстрой, 1997. – 43 с.
23. СНиП 12-01–2004. Организация строительства [Текст]: утвержд. приказом Минрегиона России от 27.12.2010 г. №781.
24. СНиП 3.01.03–84. Геодезические работы в строительстве [Текст]: утвержд. приказом Минрегиона России от 25.12.2012 г. №106/ГС. – М.: ЦИТП Гостроя СССР, 1985. – 28 с.
25. СП 11-104–97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства [Текст]. – М.: ПНИИИС, 1997.
26. СП 11-110–99. Авторский надзор за строительством зданий и сооружений [Текст]. – М.: Госстрой России, 1999. – 6 с.
27. ТСН 12-316–2002. Приемка и ввод в эксплуатацию законченных строительством объектов недвижимости [Текст]. – СПб., 2002.
28. Стороженко, А.Ф. Инженерная геодезия [Текст] / А.Ф. Стороженко, О.К. Некрасов. – М.: Недра, 1993.
29. Сытник, В.С. Геодезический контроль точности возведения монолитных зданий и сооружений [Текст] / В.С. Сытник, А.Б. Ключин. – М.: Стройиздат, 1981.
30. Тахеометр электронный 5Та5. Руководство по эксплуатации 5202.00000000 РЭ [Текст]. – УОМЗ, 2008. – 84 с.

31. Типовое положение о геодезической службе в строительстве (Утверждено Госстроем СССР 19.01.87 г.) [Текст]. – М., 1989.
32. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия [Текст]: учебник / Г.А. Федотов. – 3-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2006. – 463 с.
33. Хаметов, Т.И. Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений [Текст]: учеб. пособие / Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 286 с.
34. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.nivelir.biz/>
35. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.rusgeocom.ru/>
36. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.metronics.ru/>
37. Электронный теодолит Vega ТЕО-5/10/20. Руководство по эксплуатации [Текст]. – М.: ЗАО «Геостройизыскания», 2005. – 22 с.
38. Электронный тахеометр Trimble М3. Руководство пользователя. Версия 1.00 Редакция А Артикул С192Е [Текст]. – 2006. – 150 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

АКТ

приемки геодезической разбивочной основы для строительства

(наименование объекта строительства)

г. _____ « » _____ 201__ г.

Комиссия в составе:

ответственного представителя заказчика _____

(фамилия, инициалы, должность)

ответственных представителей генподрядной строительной-монтажной организации

(фамилии, инициалы, должности)

рассмотрела представленную техническую документацию на геодезическую разбивочную основу для строительства

(наименование объекта строительства)

и произвела осмотр закрепленных на местности знаков этой основы.

Предъявленные к приемке знаки геодезической разбивочной основы для строительства, их координаты, отметки, места установки и способы закрепления соответствуют представленной технической документации

(наименование проектной организации, номера чертежей, дата выпуска)

и выполнены с соблюдением заданной точности построений и измерений.

На основании изложенного комиссия считает, что заказчик сдал, а подрядчик принял знаки геодезической разбивочной основы для строительства (наименование объекта или его отдельных цехов, зданий, сооружений)

Приложения:

(чертежи, схемы, ведомости и т.п.)

Представитель заказчика:

(подпись)

Представители подрядчика: производитель работ

(подпись)

Работник геодезической службы

(подпись)

AKT

на разбивку осей здания (сооружения) на местности

Г. _____ « » _____ 201__ г.

Мы нижеподписавшиеся:

представитель заказчика: _____

автор проекта _____

представитель генподрядной организации _____

производитель работ _____

составили настоящий акт в том, что в соответствии с распоряжением

произведена в натуре приемка разбитых заказчиком осей

Здания

При этом установили:

1. Разбивка произведена по данным разбивочного чертежа № _____,
шифр _____, проектной организации _____

2. Закрепление осей произведено

3. Обозначение осей, нумерация и расположение точек соответствует проекту.

Акт составлен в трех экземплярах.

Приложение. Схема закрепления осей.

Представитель заказчика (геодезист) _____ Ильян О.В.
(фамилия)

Представитель подрядной организации _____
(фамилия)

Приложение 3

Акт сдачи-приемки разбивки осей здания

г. Санкт-Петербург

«24» апреля 201 г.

ГУП «Трест ГРИИ» в лице представителя: геодезиста Беликова Д.В.
с одной стороны, представителя Заказчика (Подрядчика)
ЗАО «Жилстрой Ленэнерго»; ЗАО «Строительный Трест», прораб Якименко В. А.
с другой стороны, составили настоящий акт в том, что сего числа, на основании письма
ЗАО «Жилстрой Ленэнерго»
(наименование организации)

первый сдал, а второй принял в натуре работы по разбивке осей корпуса №: 44,44А
и геодезической разбивочной основы озеро Долгое, квартал 23А, жилой дом
расположенного оси корпуса, выполненные ГУП «Трест ГРИИ» в соответствии с разбивочным
чертежом № 2000.3 АР, ГП от 02.2010
Оси Б, И, Т, 1, 20, 29, 47

закреплены на знаках геодезической основы, на обноске, на стене здания и указаны в натуре заказчику

Примечание _____

Акт составлен в 2-х экз.: один для ГУП «Трест ГРИИ», второй для Заказчика.
Представитель ГУП «Трест ГРИИ» Д. Беликов
Представитель Заказчика В. Якименко

АКТ

приемки-передачи результатов геодезических работ при строительстве
зданий (сооружений)

« » _____ 201__ г.

_____ (место составления)

Объект _____
(наименование объекта строительства)

Комиссия в составе:

ответственного представителя строительной-монтажной организации, передающей работы

_____ (фамилия, инициалы, должность)

ответственного представителя строительной-монтажной организации, принимающей работы

_____ (фамилия, инициалы, должность)

рассмотрела представленную техническую документацию на выполненные геодезические работы (схемы геодезической разбивочной основы для строительства, внутренней разбивочной сети здания (сооружения), схемы исполнительных съемок, каталоги координат, отметок, ведомости и т.д.) при строительстве

_____ (наименование объекта)

и произвела осмотр закрепленных на местности и здании знаков сети.

Предъявленные к приемке знаки разбивочной сети, их координаты, отметки, места установки и способы закрепления соответствуют представленной на них технической документации, и работы выполнены с соблюдением заданной точности построений и измерений. На основании изложенного комиссия считает, что ответственный представитель строительной-монтажной организации

_____ (наименование организации)

сдал, а представитель строительной-монтажной организации

_____ (наименование организации)

принял указанные выше работы по _____

_____ (наименование объекта, отдельных частей зданий (сооружений))

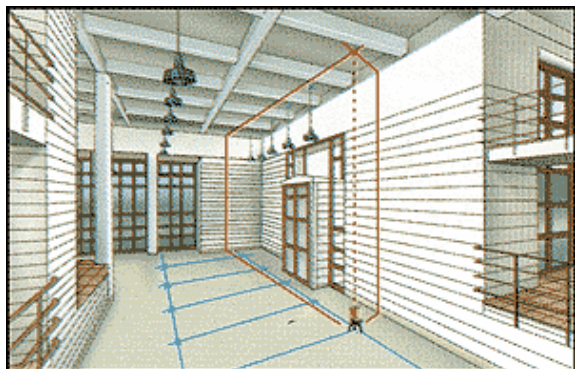
Приложения: _____
(чертежи, схемы, ведомости и т.д.)

Представитель строительной-монтажной организации,
передающей работы _____
(подписи производителя работ, работника геодезической службы)

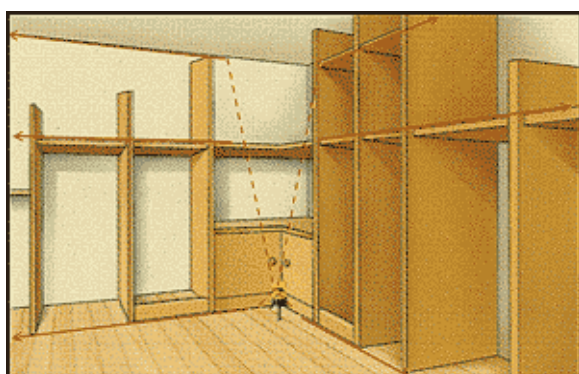
Представитель строительной-монтажной организации,
принимающей работы _____
(подписи производителя работ, работника геодезической службы)

Приложение 5

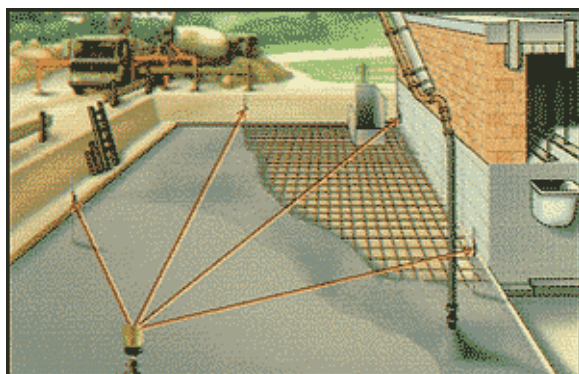
Примеры использования лазерных нивелиров в строительстве



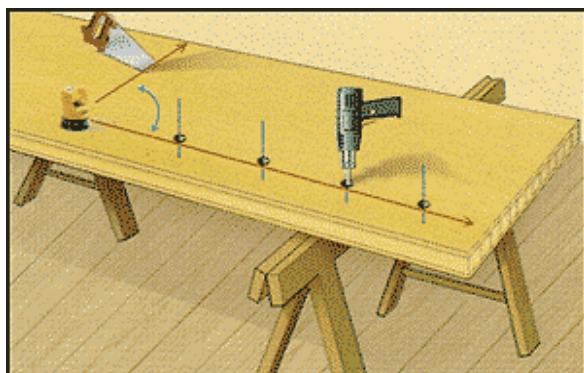
Прокладка электропроводки и монтаж осветительных приборов



Разметка и установка встроенной мебели

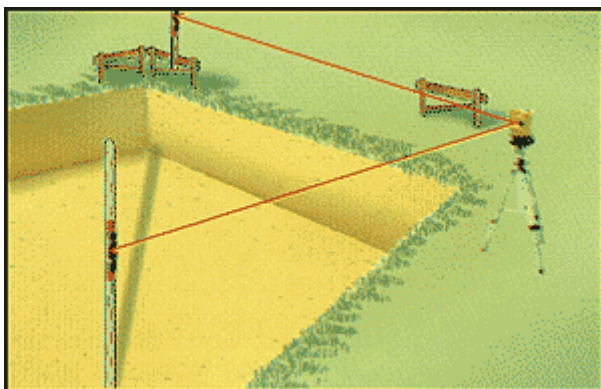


Укладка бетонной смеси

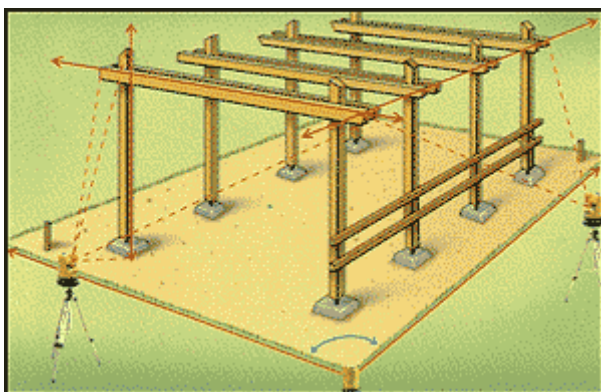


Помощь в столярных работах

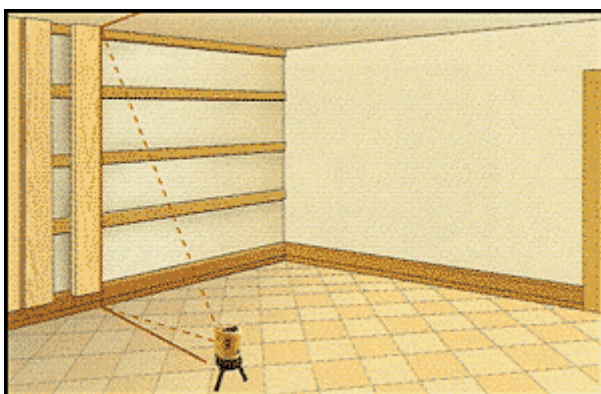
Продолжение прил. 5



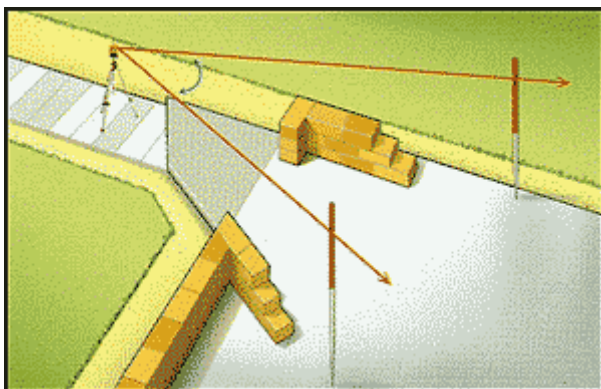
Выполнение земляных работ в комплекте с геодезической рейкой и приемником



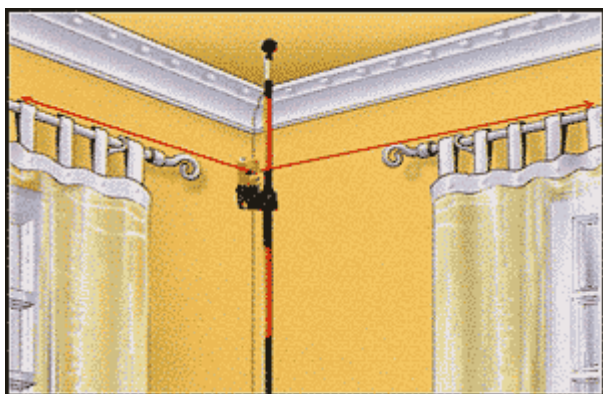
Монтаж каркасных конструкций



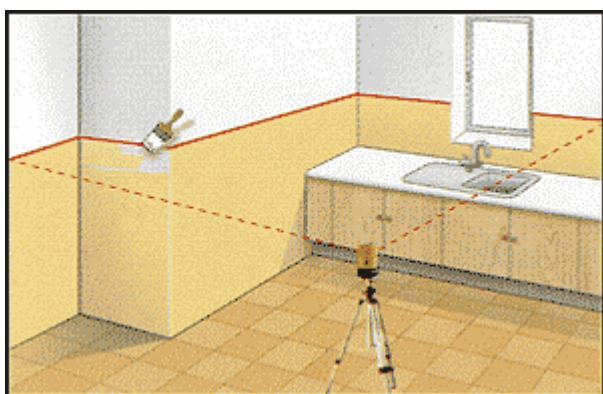
Монтаж стеновых и облицовочных панелей



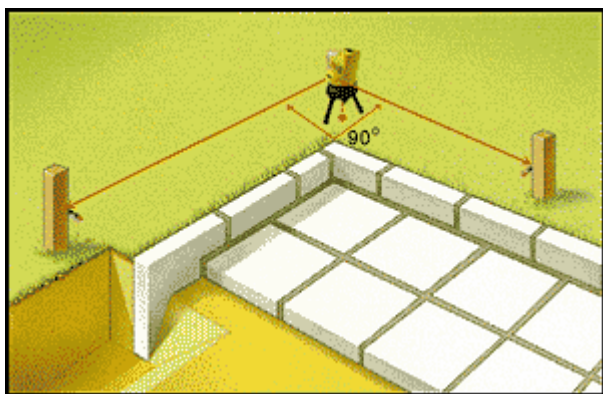
Определение рабочих горизонтов при работе на улице.



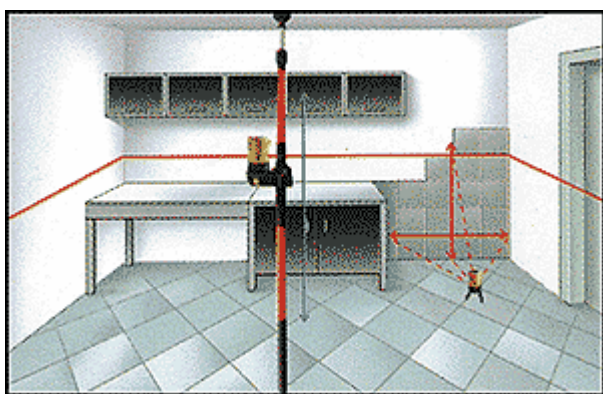
Построение видимого уровня с использованием распорной штанги



Отделочные работы. Укладке кафельной плитки, малярных работах, так и при наклейке обоев

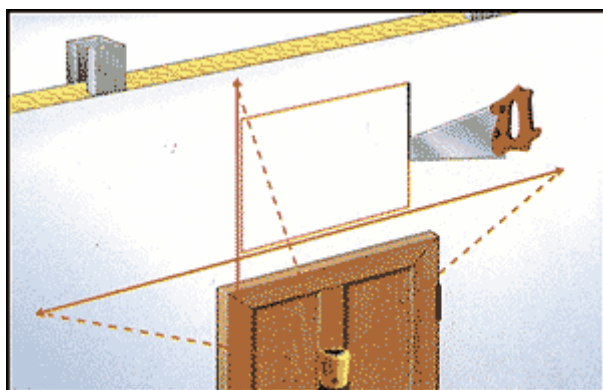


Ландшафтный дизайн

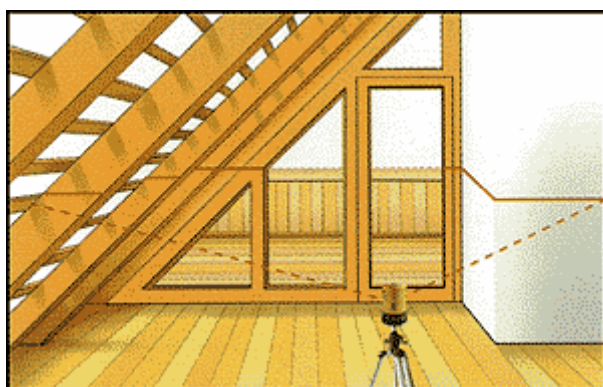


Применение распорной штанги и лазерного нивелира для контроля горизонта на любой высоте по всей площади помещения

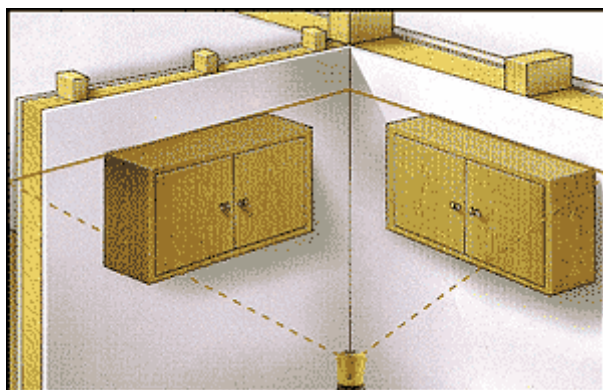
Продолжение прил. 5



Возможность использования
лазерного нивелира в качестве
маркера



Монтаж строительных
конструкций

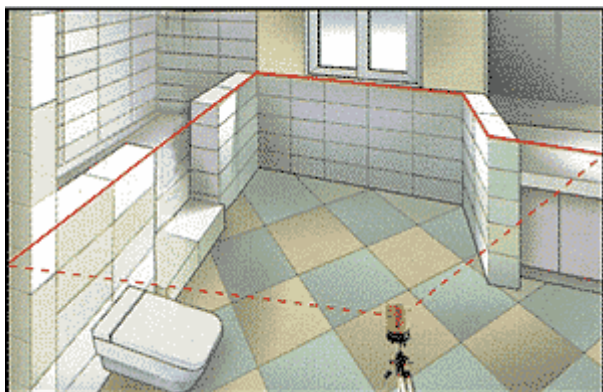


Контроля уровня при монтаже
корпусной мебели

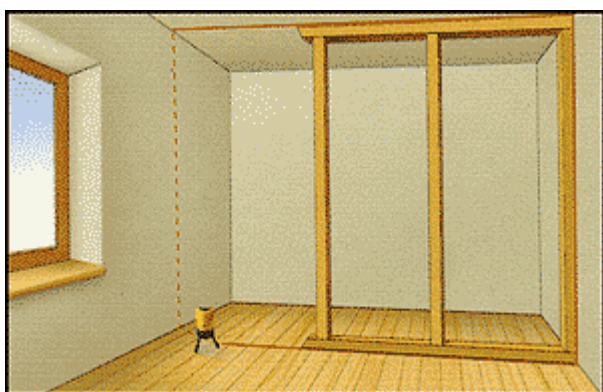


Крепление нивелира к потолку или
стене

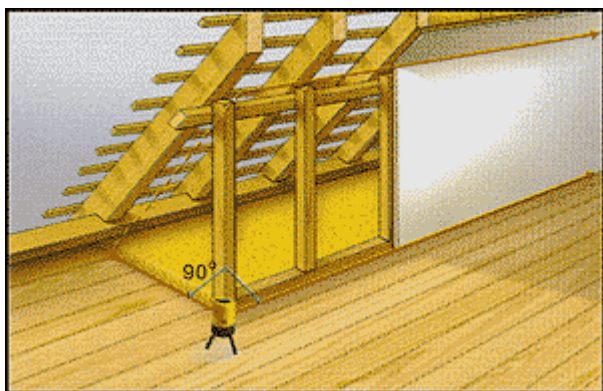
Продолжение прил. 5



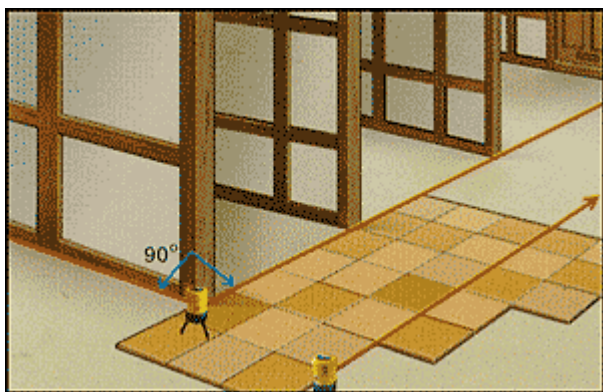
Укладка керамической плитки



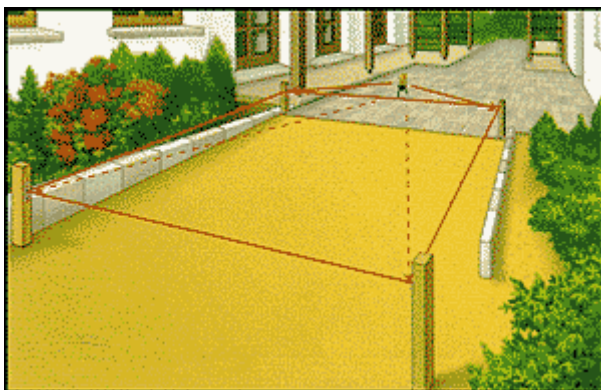
Контроль уровня горизонта и вертикали при монтаже окон, дверей и перегородок



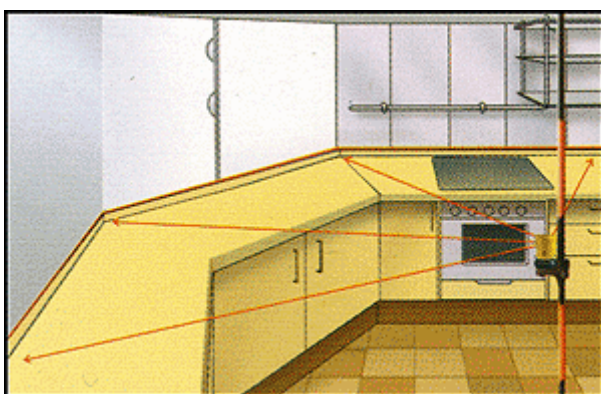
Монтаж облицовочных панелей



Построение осей трёхортogonalных плоскостей с привязкой к точке стояния при разбивке



Ландшафтный дизайн



Монтаж мебели в комплекте
с распорной штангой

Приложение 6

Иллюстрация применения лазерного нивелира Agatec при монтажных, ремонтных и отделочных строительных работах

Нивелирами Agatec A510S, A710S, LT300, Gat220HV, M10 можно выполнять разметку крепления офисных перегородок, гипсокартонных перегородок и стен в помещениях, а также связывать одной лазерной плоскостью удаленные стены и точки крепления под углом 90° к основной линии (рис. 1П6). Нивелиры Agatec A510S в вертикальном положении можно перемещать при помощи моторизованного крепления вперед назад для точной настройки на требуемые отметки. Agatec A510S, A710S, LT300 настроятся при вертикальной разметки самостоятельно, GAT220HV необходимо скорректировать кнопками, M10 выставить вручную при помощи регулировочных колес и пузырьковых уровней.

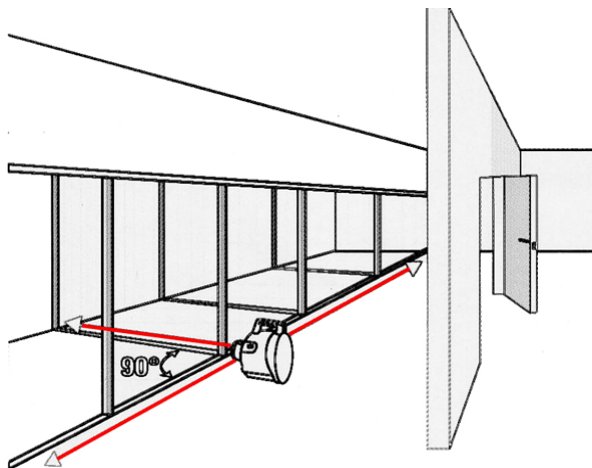


Рис. 1П6. Разбивка крепления перегородки и стен нивелиром Agatec

При разбивке крепления подвесных, натяжных или гипсокартонных потолков (рис.2П6), бордюров, плинтусов достаточно закрепить нивелир к стене саморезами (выше уровня предполагаемого крепления) и подогнать плоскость вверх/вниз до нужной высоты – по всему периметру стен рисуется лазерная линия. Agatec A510S оборудован моторизованным креплением и его можно подвинуть вверх/вниз при помощи пульта ДУ из любого конца помещения. Agatec M10 оборудован настенным креплением, которое надо регулировать вручную. Другие модели нивелиров можно дополнительно оборудовать настенным креплением, которое так же надо регулировать вручную.

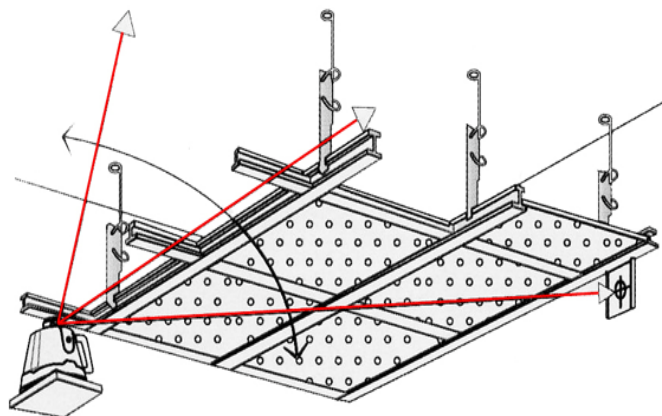


Рис. 2П6. Разметка крепления подвесных потолков нивелиром Agates

Нивелирами Agates можно выполнять проверку и выравнивание проемов окон, дверей (рис. 3П6), разметать уровень крепления батарей на разных стенах, розеток и выключателей, декоративных бордюров, панелей ПВХ, ДВП (при установке их до определенной высоты по всему периметру или на каком-то отдельном сегменте стены). Таким же способом производится разметка для установки маяков при заливке и выравнивании полов как в жилых, так и в промышленных помещениях большой площади. При использовании элевационного (с подъемной головой) штатива нивелир можно перемещать вверх вниз для настройки на требуемую высоту.

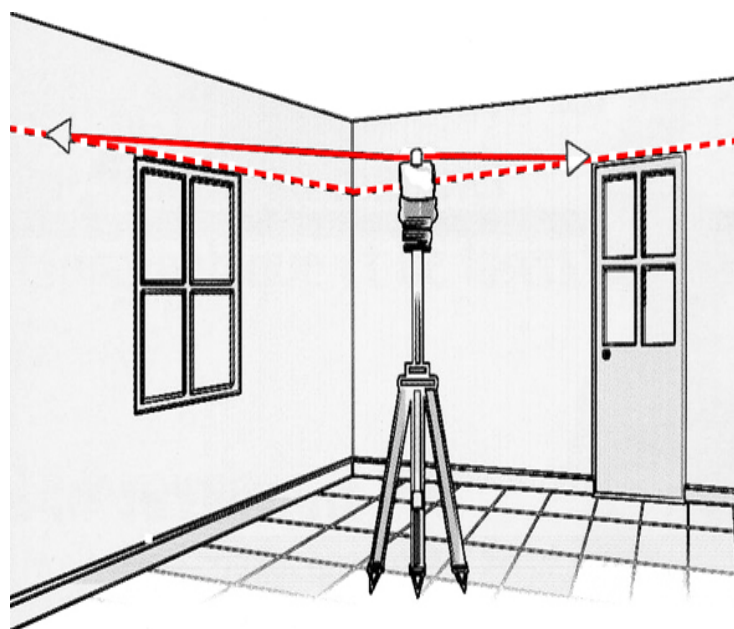


Рис. 3П6. Проверка и выравнивание проемов окон и дверей нивелиром Agates

Нивелирами Agates разметка наклонных плоскостей и перенос их проекции с одной стены на другую проста и удобна (рис. 4П6). В моделях A510S, A710S, GAT220HV, LT300, GAT220, LT200 лазерная плоскость может быть наклонена в одну или сразу в две взаимоперпендикулярные стороны до $\pm 6^\circ$ при помощи сервоприводов, на A710S ее можно контролировать при помощи ЖК дисплея и корректировать с шагом в 0,001%. В модели Agates M10 наклонную плоскость при помощи крепления можно задать любую от 0 до 90° вручную, но только при работе со штативом и в одну сторону. Можно использовать другие поворотные крепления для увеличения угла наклона любого лазерного нивелира Agates.

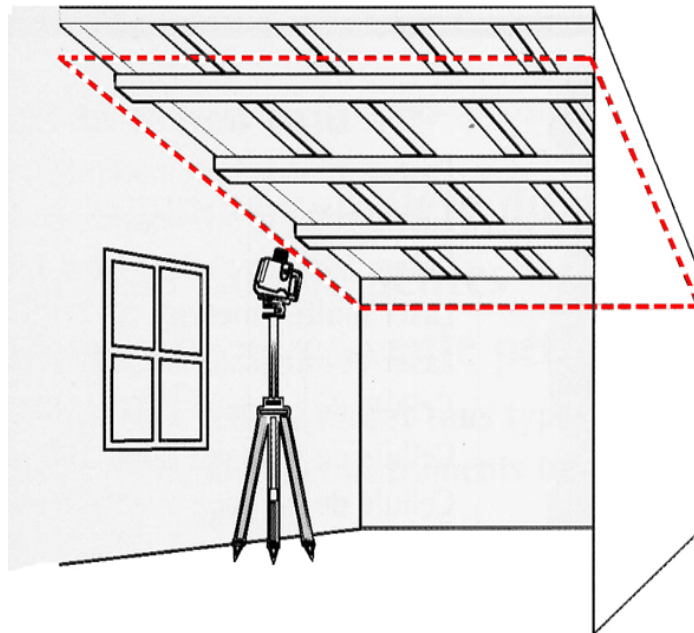


Рис. 4П6. Разметка наклона плоскостей и их проекции с одной стены на другую

Лазерными нивелирами с верхним отвесом и вертикальной установкой можно контролировать перпендикулярность линий, привязку линий кладки напольной и настенной плитки, выравнивать ряды (рис. 5П6), установку модульной мебели – кухни, шкафы купе (рис. 6П6), откатные ширмы и двери, настенные полки, разметку горизонтальную, перенос плоскости с одной стены на другую (крепление полок на противоположных стенах), кладку «фартука» из плитки над «разделочной» зоной кухонной мебели.

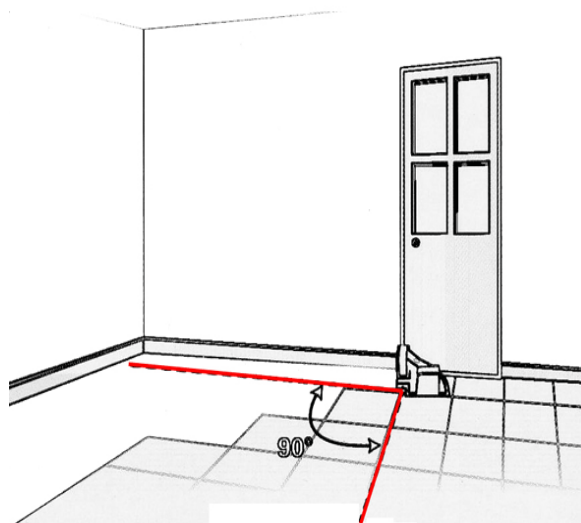


Рис. 5П6. Привязка линий кладки напольной и настенной плитки нивелиром Agatec

Особенно востребована эта функция при укладке плитки на больших площадях (торговые центры, коридоры и залы офисных помещений, вестибюли загородных домов). В нивелире A710S встроена функция наклона луча отвеса на $\pm 6^\circ$, что позволит при кладке декоративной плитки например, одновременно задать уклон площадки перед зданием.

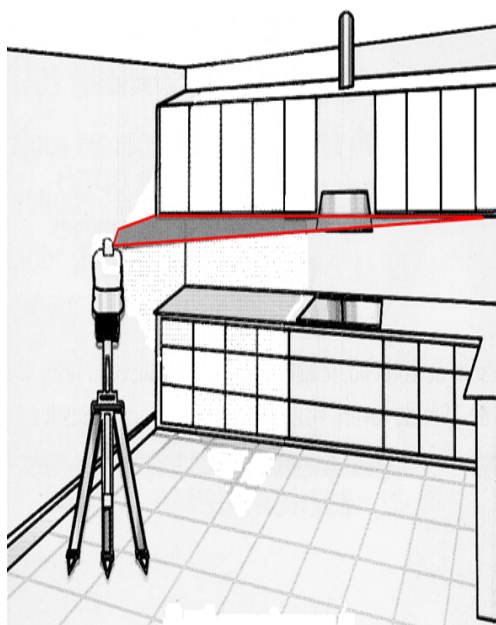
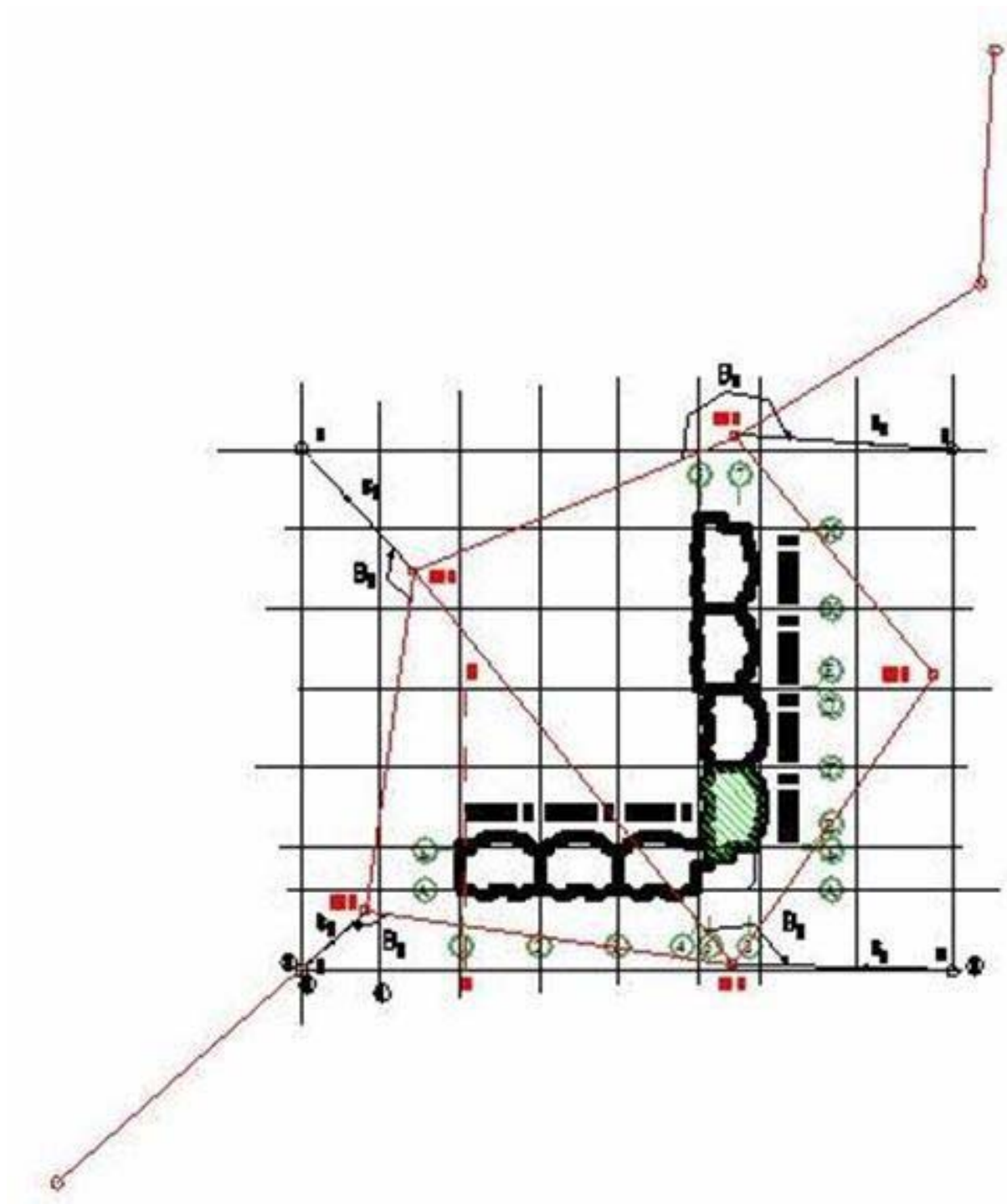


Рис. 6П6. Разметка линий и плоскостей при установке кухонной мебели

Внешняя разбивочная основа





ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	6
1.1. Виды и состав геодезических работ	6
1.2. Организация обслуживания геодезических работ	8
1.3. Геодезические работы, выполняемые линейными ИТР	11
1.4. Нормативная и проектная документация для выполнения геодезических работ	13
1.5. Техника безопасности при выполнении геодезических работ на стройплощадке	15
Вопросы для самоконтроля знаний	18
2. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ	19
2.1. Состав и содержание работ при инженерных изысканиях для целей проектирования зданий и сооружений	19
2.2. Инженерно-геодезические изыскания	20
2.3. Инженерно-геодезические изыскания трассы линейных сооружений	23
2.4. Генплан и его геодезическая основа	27
2.5. Методы подготовки данных для перенесения на местность проекта зданий и сооружений	30
2.6. Проектирование горизонтальной и наклонной площадок	33
2.7. Составление картограммы земляных работ	34
Вопросы для самоконтроля знаний	36
3. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЕРЕНЕСЕНИЯ НА МЕСТНОСТЬ ПРОЕКТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	37
3.1. Создание геодезической разбивочной основы	37
3.2. Сущность, этапы и точность перенесения проекта	41
3.3. Перенесение горизонтального угла	43
3.4. Перенесение проектной длины линии	45
3.5. Перенесение проектной отметки	47
3.6. Перенесение линии и плоскости с проектным уклоном	49
3.7. Перенесение главных и основных осей	52
3.8. Способы и точность перенесения осей	53
Вопросы для самоконтроля знаний	59
4. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	61
4.1. Этапы и точность детальной разбивки	61
4.2. Устройство обноски и закрепление осей	63
4.3. Устройство котлованов	66

4.4. Определение объема грунта при разработке котлована	69
4.5. Устройство фундаментов	71
4.6. Устройство наземных подкрановых путей	76
4.7. Устройство подвальной части здания	77
4.8. Знаки закрепления разбивочных сетей	78
Вопросы для самоконтроля знаний	80
5. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	81
5.1. Построение разбивочной сети на исходном и монтажном горизонтах	81
5.2. Способы перенесения осей на монтажные горизонты	83
5.3. Детальные разбивочные работы	87
5.4. Монтаж панельных и блочных зданий	90
5.5. Монтаж каркасных зданий	94
5.6. Устройство надземных подкрановых путей	99
5.7. Возведение зданий из кирпича	102
5.8. Возведение монолитных зданий	104
5.9. Возведение сооружений башенного типа	108
5.10. Монтаж технологического оборудования	110
Вопросы для самоконтроля знаний	112
6. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ	114
6.1. Состав геодезических работ	114
6.2. Перенесение на местность проекта подземных коммуникаций	115
6.3. Контроль устройства траншей	118
6.4. Контроль укладки труб в траншеи	121
Вопросы для самоконтроля знаний	123
7. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЁМКИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	125
7.1. Назначение и содержание исполнительных съёмок	125
7.2. Состав схем исполнительных съёмок	127
7.3. Исполнительная съемка инженерных коммуникаций	132
7.4. Исполнительная документация	135
7.5. Исполнительный генеральный план	136
Вопросы для самоконтроля знаний	138
8. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	139
8.1. Общие сведения о деформациях	139
8.2. Состав процесса наблюдения за деформациями	140
8.3. Размещение и закрепление геодезических знаков для наблюдения за осадками	142
8.4. Периодичность и точность измерения деформаций	145

8.5. Методы измерения деформаций	147
8.6. Измерение осадки методом геометрического нивелирования	150
8.7. Наблюдения за трещинами	153
8.8. Измерение осадки методом гидростатического нивелирования	155
8.9. Наблюдения за горизонтальными смещениями зданий и сооружений.....	157
8.10. Измерение кренов зданий и сооружений	162
8.11. Измерение деформаций фотограмметрическим методом	165
Вопросы для самоконтроля знаний	168
9. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ, ПОВЕРКИ, ЮСТИРОВКИ И РАБОТА С НИМИ	169
9.1. Оптические теодолиты.....	169
9.1.1. Поверки и юстировки теодолита	174
9.1.2. Установка теодолита в рабочее положение	179
9.1.3. Измерение горизонтальных и вертикальных углов	180
9.2. Приборы вертикального проектирования	185
9.3. Лазерные и электронные теодолиты	186
9.3.1. Лазерные теодолиты.....	186
9.3.2. Электронные теодолиты	189
9.4. Электронные тахеометры	194
9.4.1. Поверки и юстировки электронного тахеометра	198
9.5. Нивелиры	208
9.5.1. Поверки и юстировки нивелиров.....	214
9.6. Лазерные нивелиры	220
9.7. Цифровые нивелиры.....	225
9.8. Нивелирные рейки и их исследования	228
9.9. Контроль работы индуктивного трубокабелеискателя	230
9.10. Порядок обращения с геодезическими приборами.....	231
Вопросы для самоконтроля знаний	233
10. ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ ВЫСОТНОМ ДОМОСТРОЕНИИ	234
10.1. Общие положения.....	234
10.2. Опорная геодезическая разбивочная сеть для строительства зданий, сооружений.....	237
10.3. Внешняя разбивочная сеть для строительства объекта.....	244
10.3.1. Вынос основных осей строящегося здания	247
10.3.2. Вынос проектных осей и точек в натуру с использованием электронного тахеометра.....	249
10.4. Создание высотной сети	254
10.5. Внутренняя разбивочная основа. Общие принципы построения	255

10.5.1.Проектирование и построение внутренней разбивочной сети строящегося объекта.....	256
10.5.2.Построение базисных фигур на монтажных горизонтах ...	258
10.5.3. Передача высот на монтажные горизонты	262
10.6. Разбивочные работы при строительстве «нулевого» цикла.....	265
10.6.1.Требования к железобетонным ростверкам и их устройству.....	268
10.7. Геодезические работы при строительстве надземной части здания	270
10.8. Рекомендации по организации геодезических работ.....	274
Вопросы для самоконтроля знаний	275
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	277
ПРИЛОЖЕНИЯ	280

Учебное издание

Хаметов Тагир Ишмуратович
Швидкий Валентин Яковлевич
Шлапак Василий Викторович

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
Учебник

В авторской редакции
Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 2.10.15. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 17,44. Уч.-изд.л. 18,75. Тираж 100 экз.
Заказ № 346.



Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.