



Министерство образования  
Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Инженерная геодезия»

В.П. Подшивалов  
М.С. Нестеренок  
В.В. Мкртычян

## ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Учебно-методическое пособие  
для студентов IV и V курсов  
специальности 1-70 02 01 «Промышленное  
и гражданское строительство»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением в сфере  
высшего образования Республики Беларусь по образованию  
в области строительства  
и архитектуры*



Минск  
БНТУ  
2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Инженерная геодезия»

В. П. Подшивалов  
М. С. Нестерёнок  
В. В. Мкртычян

## ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Учебно-методическое пособие  
для студентов IV и V курсов  
специальности 1-70 02 01 «Промышленное  
и гражданское строительство»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением в сфере  
высшего образования Республики Беларусь по образованию  
в области строительства и архитектуры*

Минск  
БНТУ  
2013

УДК 6.115 (075)

ББК 39.7я7

П44

Рецензенты:

*А. С. Позняк, Л. В. Дорогокупец,*

*В. Н. Вексин, А. С. Кульбеда*

**Подшивалов, В. П.**

П44 Геодезическое обеспечение строительства : учебно-методическое пособие для студентов IV и V курсов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» / В. П. Подшивалов, М. С. Нестерёнок, В. В. Мкртычян. – Минск : БНТУ, 2013. – 164 с.  
ISBN 978-985-550-237-2.

В учебно-методическом пособии рассмотрены типичные геодезические работы, необходимые для обеспечения геометрической точности возведения зданий и сооружений в промышленном и гражданском строительстве. Учебный материал рассчитан на студентов IV и V курсов специальности «Промышленное и гражданское строительство», обладающих определенной инженерно-строительной подготовкой, и базируется на действующих нормативных правовых актах в области строительства.

**УДК 6.115 (075)**

**ББК 39.7я7**

ISBN 978-985-550-237-2

© Подшивалов В. П., Нестерёнок М. С.,  
Мкртычян В. В., 2013

© Белорусский национальный  
технический университет, 2013

# 1. ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

## 1.1. Некоторые основные термины и определения

В техническом кодексе установившейся практики ТКП 45-1.01-4-2005 даны определения ряда технических терминов в строительстве, в их числе следующих:

**Здание** (building) – строительное сооружение, состоящее (по мере необходимости) из надземной и подземной частей, с помещениями для проживания и (или) деятельности людей, размещения производства, хранения продукции или содержания животных.

**Сооружение** (building) – единичный продукт строительной деятельности, предназначенный для осуществления определенных потребительских функций.

**Строительная конструкция** (building design) – часть здания или сооружения, выполняющая определенные несущие, ограждающие, а в открытом виде и эстетические функции.

**Строительная продукция** (building product) – законченные строительством (принятые в эксплуатацию) здания и сооружения, а также их комплексы.

**Строительное изделие** (building article) – изделие, предназначенное для применения в качестве элемента строительных конструкций зданий и сооружений.

## 1.2. Задачи геодезического обеспечения строительства

**Задачи геодезического обеспечения строительства.** В современном строительстве геодезические работы являются неотъемлемой частью всего технологического процесса строительномонтажного производства. На стадии изысканий геодезические работы включают топографическую съемку территории и создание картографической основы для отражения на ней результатов изысканий: инженерно-геологических, гидрологических, геоморфологических, почвенных, экологических и других. Названные материалы необходимы для проектирования зданий и сооружений. На этапах возведения объектов строительства основная задача геодезических работ – обеспечить необходимую геометрическую точность мон-

тажа конструкций и здания (сооружения) в соответствии с нормативными документами ТКП 45-03-26-2006 «Геодезические работы в строительстве. Правила проведения» [1], ГОСТ 21779-82. «Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски» [2] и другими, названными в таблице 3.1. Несоблюдение норм геометрической точности строительства рассматривается как производственный брак, подлежащий устранению, поскольку чрезмерные отклонения конструкций от проектного положения приводят к ухудшению условий их работы и соответствующему снижению долговечности, значительным деформациям и даже к разрушению здания или сооружения. Обеспечение заданной геометрической точности возведения зданий и сооружений возложено на геодезическую службу строительных организаций в соответствии с ТКП 45-1.03-106-2008 «Геодезическая служба в строительстве. Основные положения» [3] и на самих работников строительного производства.

Геодезические разбивочные работы выполняют по единому для данной строительной площадки графику, в котором строго увязаны сроки общестроительных, монтажных и специальных работ. Такие графики предусматривают при составлении проектов организации строительства (ПОС) и проектов производства работ (ППР).

На начальном этапе возведения объектов геодезическими методами **выносят в натуру главные и основные оси** здания или сооружения, определяющие проектное положение объекта в плане. Оси закрепляют на местности осевыми (плановыми) знаками. На высотные знаки (реперы) стройплощадки передают отметки. Затем приступают к строительным работам и на всех их этапах детальными разбивочными геодезическими работами обеспечивают возведение здания или сооружения и его частей в соответствии с формами и размерами, указанными в проекте. Детальные разбивочные геодезические работы предшествуют каждому виду установки конструкций в проектное положение.

**Исполнительные съемки** производят для проверки геометрической точности построенных конструкций в плане и по высоте и составления исполнительной документации.

**Точность взаимного положения пунктов геодезической основы** для разбивочных работ и исполнительных съемок определяется геометрическими *допусками*, установленными на отклонения кон-

струкций при возведении зданий и сооружений. Расчеты допусков рассматриваются в строительной метрологии. Расчет требуемой точности геодезических данных ведут одновременно с расчетом необходимой точности всего комплекса разбивочных работ с учетом допусков на геометрические отклонения при изготовлении конструкций.

**Геодезическая служба строительных организаций** руководствуется в своей работе техническими нормативными правовыми актами (ТНПА) в области строительства. К ТНПА относят технические кодексы установившейся практики (ТКП), а также строительные нормы Республики Беларусь (СНБ), а при их отсутствии – российские ГОСТы (Государственные стандарты Союза ССР) и СНиПы до их предстоящей замены современными ТНПА.

### **1.3. Организация и задачи геодезической службы в строительстве**

Геодезическая служба организуется и выполняет возложенные на нее задачи в соответствии с требованиями ТКП «Геодезическая служба в строительстве. Основные положения» [3].

Геодезическая служба строительного объединения, треста возглавляется главным геодезистом, который осуществляет руководство геодезистами, действующими в подчиненных тресту строительных управлениях и в субподрядных строительных организациях, и принимает участие в наиболее сложных разбивочных работах и исполнительных съемках.

В строительных управлениях в состав производственно-технического персонала должен входить инженер-геодезист или техник-геодезист.

При большом объеме сложных строительно-монтажных работ в строительном тресте может быть организована расширенная геодезическая группа, или же геодезические разбивочные работы и исполнительные съемки принимает на себя субподрядная геодезическая организация. Геодезическая группа (субподрядная геодезическая организация) проводит разбивку и закрепление основных осей сооружений, периодически контролирует отметки исходных реперов и марок, расположенных на территории строительной площадки; производит дополнительное развитие геодезической основы; на

основании документации рабочего проекта составляет разбивочные чертежи; контролирует всю исполнительную документацию по разбивочным работам и приемке зданий; обеспечивает планово-высотными разбивками строительство земляных сооружений, коммуникаций, фундаментов, монтаж строительных конструкций и оборудования; выполняет исполнительную съемку по этапам строительного-монтажных работ.

Инженер-геодезист (техник-геодезист) строительного управления обязан:

- принимать от заказчика разбивочную основу и выполнять разбивочные работы в процессе строительства зданий, сооружений (создание разбивочной основы на монтажных горизонтах, разбивку промежуточных осей, разбивку основных и промежуточных осей временных зданий, сооружений, внутриплощадочных подземных коммуникаций, кроме магистральных), разбивку элементов благоустройства, вести журнал производства геодезических работ на объекте;

- своевременно проводить исполнительные съемки, в том числе, съемку подземных коммуникаций, составлять исполнительную документацию и вносить соответствующие записи в журнал производства геодезических работ;

- контролировать техническое состояние и точностные параметры геодезических приборов, средств линейных измерений, следить за правильностью их эксплуатации и хранения;

- следить за сохранностью принятых геодезических знаков на строительной площадке и неизменностью их положения в процессе строительства;

В зависимости от сложности и объема строительного-монтажных работ возможны следующие формы организации инженерно-геодезического сопровождения строительства.

1. При возведении крупных, сложных зданий и сооружений геодезические работы выполняет *субподрядная* геодезическая организация или специальная геодезическая группа, созданная при строительной организации. В этом случае в задачу строителей входят утверждение планов и смет на геодезические работы, а также контроль за графиком выполнения этих работ.

2. В практике жилищно-гражданского строительства наиболее сложные геодезические работы выполняет *субподрядная* геодезиче-

ская организация или *специальная* геодезическая группа, созданная для обслуживания комплекса объектов строительства, а строители выполняют менее сложные геодезические работы.

3. Геодезические работы на объекте выполняют сами строители. Такая форма организации работ практикуется на типовых, небольших и несложных строительных объектах.

## **2. ОСОБЕННОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ЕГО МЕСТО В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Метрология – греч. *metron* – мера, *logos* – понятие, учение.

Метрологическое обеспечение строительного производства – это систематическое выполнение определенных функций по соблюдению правил и требований, направленных, в частности, на повышение геометрической точности строительной продукции, надежности и точности измерений в процессе изготовления, возведения и эксплуатации строительных конструкций.

Метрологический контроль осуществляют, чтобы своевременно выявить несоответствие продукции требованиям технических нормативных правовых актов (ТНПА), к которым относятся ТКП, ГОСТы, СНиПы и технические условия. Метрологическое обеспечение представляет собой составную часть мероприятий по повышению эффективности строительного производства.

Информация о количестве и качестве исходных материалов и готовой продукции, а также техническом уровне технологических процессов на всех стадиях производства – основа управления производством, под которым понимается анализ, прогнозирование, планирование, контроль и регулирование.

### **2.1. Основные положения метрологии в строительстве**

К основным положениям метрологии в строительстве относятся:

- 1). Общая теория измерений;
- 2). Единицы физических величин и их системы;
- 3). Эталоны и образцовые средства измерений;



4). Методы передачи размеров единиц измерений от эталонов или образцовых средств измерений к рабочим средствам измерений.

5). Основы обеспечения единства измерений и единообразия средств измерений;

6). Методы определения и обоснования необходимой точности измерений;

**Физические величины. Единицы физических величин. Международная система единиц.** Учеными разных стран разработана наиболее совершенная форма метрической системы мер – Международная система единиц СИ (system international), которая действует и в Республике Беларусь. Основными преимуществами системы СИ являются универсальность (она охватывает все области измерений), согласованность (все производные единицы, образованы по единому правилу, исключая появление в формулах коэффициентов) и возможность создания новых производных единиц (открытость системы). Одним из достоинств СИ является четкое разделение понятий массы, веса и силы благодаря введению разных единиц: килограмм – единица массы, ньютон – единица силы и веса позволяет не смешивать понятия массы и веса.

В качестве основных единиц в системе СИ приняты:

*Метр* – в настоящее время определяется как расстояние, проходимое в вакууме светом за  $1/299\,792\,458$  долю секунды.

*Килограмм* – масса международного прототипа килограмма.

Единицами плоских углов служат радиан, градус и град.

*Радиан* – безразмерная величина, ей соответствует центральный угол, стянутый дугой, длина которой равна радиусу окружности. Радиан содержит приблизительно  $57^\circ 17' 44,8''$ . Отношение длины полной окружности к ее диаметру равно числу  $\pi = 3,141592654\dots$ . Для перевода градусной меры угла  $\beta^\circ$  в радианы  $\beta^p$  и обратно служат формулы

$$\beta^p = \pi\beta^\circ / 180^\circ; \quad \beta^\circ = \beta^p 180^\circ / \pi.$$

*Градус* – единица плоского угла, соответствующая  $1/360$  части дуги окружности. Прямой угол равен  $90^\circ$ . Одна угловая минута равна  $1/60$  части градуса. Одна угловая секунда равна  $1/60$  части угловой минуты или  $1/3600$  части градуса ( $1^\circ = 60' = 3600''$ ).

*Град* – единица плоского угла, соответствующая 1/400 части дуги окружности. Прямой угол равен  $100^g$ . 1 град делится на 100 десятичных минут ( $1^g = 100^c$ ). Одна десятичная минута делится на 100 десятичных секунд ( $1^c = 100^{cc}$ ).

Основные единицы в настоящее время могут быть воспроизведены с погрешностями:

длина –  $5 \cdot 10^{-9}$  м, масса –  $2 \cdot 10^{-3}$  мг, сила –  $5 \cdot 10^{-6}$  Н, время, частота –  $1 \cdot 10^{-12}$  с, плоский угол –  $2 \cdot 10^{-2}$  с.

### **Основные виды измеряемых величин в геодезии**

Измеряют, в основном, линейные и угловые величины.

*Линейные величины* (расстояния и превышения) измеряют либо непосредственно с помощью стальных лент и рулеток, проволок, оптических дальномеров, светодальномеров, либо косвенно – измерением других величин, связанных с искомыми функционально.

*Горизонтальные и вертикальные углы* непосредственно измеряют преимущественно угломерными приборами (теодолитами, тахеометрами, буссолями, эклиметрами), но углы можно определять косвенно через другие измеренные величины.

Для измерения превышений в строительстве наиболее часто применяют:

- *геометрическое нивелирование* горизонтальным лучом с помощью таких приборов, как нивелиры в комплекте со шкаловыми линейными мерами (рейками, рулетками);
- *непосредственное измерение превышений* при помощи металлических или лазерных рулеток;
- *тригонометрическое нивелирование* наклонным лучом с помощью теодолитов, электронных тахеометров.

При монтаже оборудования используют также *механическое мини-нивелирование* при помощи мини-нивелира в виде штанги, снабженной уровнем и индикатором перемещений часового типа; а также *гидростатическое нивелирование* при помощи гидронивелира, действующего по принципу сообщающихся сосудов.

При инженерно-геодезических изысканиях и строительстве сооружений линейного вида и большой протяженности эффективно применяют *спутниковое нивелирование* в сочетании, например, с тригонометрическим нивелированием электронными тахеометрами.

## 2.2. Метрологическое обеспечение строительства.

**Метрологическое единство средств и результатов измерений** обеспечивает достижение заданных конечных показателей качества строительной продукции. Метрологические характеристики качества представляют, например, фактическими размерами строительных конструкций заводского изготовления, фактическими отклонениями смонтированных конструкций и возведенных сооружений от их проектного положения и т. д.

Главнейшая практическая задача метрологии в строительстве – это поверки мер и измерительных приборов с целью обеспечения правильности их показаний. *Метрологические поверки* состоят из: контроля исправности, надежности работы и правильности эксплуатации средств измерений. Эта задача возложена на Метрологическую службу Республики Беларусь, в состав которой входят подразделения по периодической (как правило, ежегодной) метрологической аттестации геодезических приборов. Приборы, не прошедшие такие государственные поверки, к применению не допускают.

Нормативной основой метрологического обеспечения является Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ – комплекс установленных стандартом взаимоувязанных правил, положений, требований).

Единство измерений достигается путем точного воспроизведения и хранения установленных единиц физических величин и передачи их размеров рабочим средством измерений. Воспроизведение, хранение и передачу размеров единиц осуществляют с помощью эталонов и образцовых средств измерений.

Эталон – это средство измерений (или комплекс средств измерений), обеспечивающее воспроизведение и хранение единицы с целью передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений, выполненное по особым правилам и утвержденное в установленном порядке. Эталоны по подчиненности подразделяют на первичные (исходные) и вторичные (подчиненные). Первичные эталоны воспроизводят единицы и передают их размеры с наивысшей точностью, достигнутой в данной области измерений. Первичные эталоны являются исходными для страны, их утверждают в качестве государственных.

К вторичным эталонам относят эталоны-копии, эталоны-сравнения и рабочие эталоны. Эталон-копии предназначены для передачи размеров единиц рабочим эталонам. Эталон-сравнения предназначены для взаимного сравнения эталонов. Рабочие эталоны предназначены для поверки рабочих средств измерений.

**Метрология и качество строительной продукции.** Для обеспечения требуемой точности и высокой надежности всех контрольно-измерительных операций при управлении качеством строительства необходимо строгое выполнение следующих условий:

- в технической документации должно быть предусмотрено необходимое количество контрольных операций с указанием методов и средств измерений, обеспечивающих требуемую точность измерения контролируемых параметров в зданиях и сооружениях;

- все измерительные приборы, применяемые при выполнении контрольных операций, должны поверяться через промежутки времени, гарантирующие поддержание их точностных характеристик в установленных пределах;

- для всех применяемых методов измерений должна быть инструктивно-техническая документация, определяющая методику измерений, необходимые условия выполнения измерений и способы обработки результатов измерений;

- все подразделения строительного предприятия и строительные участки должны быть обеспечены необходимыми измерительными приборами;

- при практическом выполнении измерительных процессов необходимо применять средства и методы измерений, указанные в технической документации;

- измерения должны выполнять работники соответствующей квалификации и соблюдать все необходимые условия для достижения заданной точности результатов.

Несоблюдение хотя бы одного из вышеперечисленных условий часто приводит к получению неверных или недостаточно надежных результатов и к соответствующему браку в строительстве.

Номенклатура и объем контрольно-измерительных операций в строительстве очень велики. Например, только в строительномонтажном производстве необходимо измерять и контролировать около шестисот показателей. Совершенствование и развитие материальной базы метрологического обеспечения строительного про-

изводства представляет необходимое условие повышения эффективности работы средств измерений и высокой геометрической точности строительства.

**Стадийность и виды геодезического контроля качества строительной продукции.** *На стадии проектирования геодезических работ*, в рамках разработки проекта производства геодезических работ (ППГР) или принятия решения о применении типовых схем геодезических работ для типовых строительных объектов, контроль заключается в проверке соответствия технической документации техническому заданию, проверке качества и точностных показателей парка геодезических средств измерений, технологического уровня их будущего применения, квалификации персонала, способного осуществлять автоматизированные эффективные технологии предстоящих геодезических работ по обеспечению требуемой геометрической точности строительства.

*На стадии строительства* геодезический контроль должен обеспечивать метрологические и геометрические характеристики зданий и сооружений, заложенные при проектировании уникальных объектов или в строительных нормах для определенных видов объектов промышленного и гражданского строительства.

*На стадии эксплуатации зданий и сооружений* контролируются их перемещения и деформации, если такой контроль предусмотрен проектной организацией или правилами технической эксплуатации объекта или же необходимость контроля возникла при обнаружении трещин в конструкциях и других признаков их значительных деформаций.

**Виды контроля.** *Приемочный контроль* производится по основным стадиям строительства – промежуточным и окончательным, по его результатам принимается решение о пригодности промежуточной продукции для дальнейшего использования, а окончательный – для ввода в эксплуатацию. Такой контроль осуществляют должностные лица или государственные приемочные комиссии.

*Операционный контроль* предусматривает проверку качества продукции, работ или процесса после завершения определенной операции. Такой контроль выполняют по определенным технологическим схемам после окончания отдельного этапа работ. В геодезических работах примером операционного контроля служит измерение углов одним полным приемом (при КЛ и КП), измерение пре-

вышней по основной и дополнительной шкалам реек. В строительстве, например, проверка разбивки основных осей или осей фундаментов, точности монтажа фундаментов выполняется контрольными промерами от других разбивочных осей и расстояний между вынесенными осями и т.д.

*Самоконтроль* – необходимое условие высокого качества геодезических работ. Самоконтроль основан на опыте и умении учитывать специфику каждого вида измерений, ответственном отношении к работе и немедленном принятии мер по устранению чрезмерных погрешностей в геодезических данных.

*Вычислительный контроль* обычно входит в самоконтроль, но может выполняться вторым лицом (т.е. «во вторую руку»), однако, вычислительный контроль следует выполнять не повторением расчетов, а их проведением по другим формулам.

*Измерительный контроль* выполняется по заданию руководства стройки или контролирующих инстанций по качеству. Измерениями проверяют соблюдение допусков на геометрические отклонения конструкций. Применяемые приборы должны быть по точности не ниже рабочих средств измерений.

### **2.3. Основные геодезические приборы, рекомендуемые для контроля геометрических параметров сооружений**

*Универсальные средства для измерения углов, линий, превышений и проецирования точек по вертикали:*

- тахеометры электронные в комплекте с световозвращающими призмами (используются также световозвращающие пленки и метки, обозначенные на строительных конструкциях).

*Средства измерения и контроля углов, вертикального проецирования точек наклонным лучом, вспомогательные устройства:*

- теодолиты точные типа Т2, Т5;
- теодолиты технические типа Т30;
- визирные цели, марки;
- лазерные уровни, построители опорных линий, плоскостей;
- рейки с уровнем;
- угольники металлические, деревянные.

*Средства линейных измерений, вспомогательные устройства:*

- светодальномер типа «Лазерная рулетка»;

- лазерные уровни, построители плоскостей;
- рулетки металлические длиной 1, 5, 20-30 м, 50-100 м;
- динамометры, натяжные устройства;
- термометры;

*Средства для измерения превышений:*

- нивелир высокоточный класса Н-05 (оптико-механический, цифровой) в комплекте с рейками с инварной полосой или кодовой шкалой – по потребности;

- нивелиры точные оптико-механические класса Н-3;
- рейки нивелирные класса РН-3;
- нивелиры технические класса Н-10;
- рейки нивелирные класса РН-10;
- гидростатический нивелир (высотомер).

*Средства для непосредственного контроля вертикальности:*

- приборы вертикального проецирования;
- механические отвесы с уровнями;
- нитяные отвесы.

### **3. НОРМАТИВНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ РАБОТАМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

#### **3.1. Технические нормативные правовые акты**

При обосновании точности и методов геодезических разбивочных работ используют технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее – ТНПА), названные в таблице 3.1. Развитие геодезического приборостроения создает условия для внедрения в практику геодезического обеспечения геометрической точности строительства высокоэффективных методов создания геодезической основы на стройплощадке, проведения детальных разбивочных работ и исполнительных съемок. На этой основе действующие ТНПА требуют совершенствования, а приборная база строительных и геодезических организаций – оснащению современными приборами, обеспечивающими широкое внедрение инновационных технологий геодезических работ в строительстве.

**Примечание.** Статус ТНПА присвоен строительным нормам СНБ и СНиП на переходный период до их замены техническими нормативными правовыми актами, предусмотренными Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации»

*Таблица 3.1*

**ТНПА, определяющие содержание и обоснование  
точности геодезических работ в строительстве**

1. ТКП 45-1.03-26-2006	Геодезические работы в строительстве. Технический кодекс установившейся практики. Правила проведения
2. ГОСТ 26433.2-94.	Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений параметров зданий и сооружений: – Минск, 1995
3. ТКП 45-1.03-106-2008	Геодезическая служба в строительстве. Основные положения. – Минск.: Министерство архитектуры и строительства, 2008.
4. СНБ 1.02.01-96	Инженерные изыскания для строительства
5. СНБ 1.03.04-2000	Приемка законченных строительством объектов. Основные положения
6. СНБ 5.01.01-99	Основания и фундаменты зданий и сооружений
7. ГОСТ 2268-76	Геодезия. Термины и определения.

**3.2. Состав проекта производства геодезических  
разбивочных работ**

В соответствии с ТКП 45-1.03-26-2006 [1], пункт 5.1, при строительстве зданий выше девяти этажей, а также других технически сложных и крупных объектов составляют проект производства геодезических разбивочных работ (ППГР) на основе требований действующих технических нормативных правовых актов. ППГР разрабатывает подрядная (субподрядная) организация или по ее поручению специализированная проектная организация.



При строительстве типовых зданий технология и объем выполнения геодезических работ рассматриваются в одном из разделов проекта производства работ (ППР).

Содержание ППР увязывают с технической и экономической сторонами проекта организации строительства (ПОС) и ППР. При пересмотре проектно-сметной документации на производство строительно-монтажных работ все изменения вносят и в ППР. Финансирование разработки производится за счет заказчика.

ППР согласовывают с геодезической службой строительно-монтажной организации, утверждают руководители организации-исполнителя и заказчика проекта и подписывает главный инженер генподрядной строительно-монтажной организации. ППР передают в производство не позднее двадцати дней до начала работ.

В ППР должны быть включены:

- на подготовительный период строительства: схема расположения и закрепления знаков внешней разбивочной сети здания, приблизительная схема размещения свободных тахеометрических станций на случай утраты соответствующих пунктов закрепления внешней разбивочной основы, потребность в материальных и людских ресурсах, график выполнения геодезических работ;

- на возведение объекта: точность и метод создания внутренней разбивочной сети здания (сооружения), схема расположения и закрепления знаков сети, типы центров; приблизительная схема размещения свободных тахеометрических станций на монтажных горизонтах (в случае применения электронных тахеометров), точность и методы выполнения детальных разбивочных работ, контрольных измерений, исполнительных съемок; потребность в материальных и людских ресурсах, график выполнения геодезических работ;

- на период наблюдения за смещениями и деформациями зданий и сооружений: точность, методы, средства и порядок производства наблюдений за смещениями и деформациями объектов строительства, схема геодезической сети, точность и методы ее построения, типы центров знаков, график выполнения работ.

К схеме внешней разбивочной сети здания прилагают:

- схему закрепления сети;

- данные о точности и методика построения внешней разбивочной сети здания (сооружения) с учетом требований строительных норм и правил или государственных стандартов;

- чертежи рекомендуемых знаков для закрепления разбивочных осей.

ППГР на строительство подземной части здания должен содержать помимо названных выше основных положений и следующее:

- точность детальных разбивочных работ;
- методы выполнения детальных разбивочных работ;
- технологию выноса и закрепления в натуре контура котлована здания (сооружения), трасс инженерных сетей;
- технологию геодезического контроля при производстве земляных и строительно-монтажных работ;
- технологию производства исполнительных съемок и составление исполнительной документации;
- прямоугольные координаты точек, подлежащих выносу в проектное положение в случае применения электронного тахеометра.

ППГР на монтаж надземной части здания должен содержать также следующие данные:

- точность построения внутренней разбивочной сети здания на монтажных горизонтах для многоэтажных зданий;
- методы передачи разбивочных осей на монтажные горизонты;
- методику геодезических выверок при установке строительных конструкций и элементов в проектное положение;
- прямоугольные координаты точек, подлежащих выносу в проектное положение в случае применения электронного тахеометра.

Точность внешней разбивочной сети здания или сооружения должна удовлетворять необходимой и достаточной точности производства детальных разбивочных работ.

В тех случаях, когда точность построения внешней разбивочной сети здания или сооружения не регламентирована допусками технического кодекса, выполняют индивидуальный расчет проекта такой сети, исходя из требований к точности построения минимального межосевого размера данного объекта.

Редуцирование (перенос от пунктов внешней разбивочной сети) пунктов внутренней разбивочной сети здания в проектное положение производится после контрольных промеров на монтажном горизонте. Методика уравнивания и редуцирования построенной сети

как на исходном, так и на монтажном горизонтах должна быть дана в ППГР.

Выполнение детальных разбивок следует предусматривать от основных или главных осей одним из известных способов с точностью, указанной в действующих технических нормативных правовых актах.

При разработке ППГР на монтаж технологического оборудования точность установки и выверки должна быть задана проектной организацией в рабочих чертежах (паспортах на оборудование, инструкциях по монтажу оборудования) и в техническом задании, если таковых требований нет в действующих технических нормативных правовых актах.

Проект наблюдений геодезическими методами за деформациями зданий и сооружений (геодезического мониторинга деформаций) в процессе строительства и в период их эксплуатации (проект опорной геодезической сети, типы осадочных марок и реперов, программа наблюдений, методика геодезических измерений) разрабатывается в соответствии с требованиями ГОСТ 24846-81 (см. таблицу 3.1).

### **3.3. Техническая документация для разработки проекта производства геодезических работ**

Геодезические разбивочные работы на строительной площадке выполняют на основе геодезических и строительных чертежей и дополнительных расчетов. Основным техническим документом, освещающим принципы организации строительства, например промышленного предприятия или участка жилой застройки, является генеральный план, на котором показано взаимное расположение наземных и подземных зданий и сооружений.

В зависимости от условий строительно-монтажного производства различают генеральные планы предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов, строительные генеральные планы (стройгенпланы), исполнительные генеральные планы.

*Генеральный план постоянных зданий и сооружений* охватывает полный комплекс долговечных зданий и сооружений на всей строительной площадке. Генеральный план составляют в масштабе 1:500, 1:1000, 1:2000.

*Строительный генеральный план* является проектом расположения всего комплекса проектируемых капитальных зданий и сооружений, временных и вспомогательных сооружений (бетонных, шлакоблочных заводов, мастерских), строительного транспорта (автомобильных и железных дорог), временных инженерных сетей (водопровода, линий электропередачи и связи, теплофикационных магистралей и т.д.) и временных складских и административно-служебных помещений.

*Исполнительный генеральный план* фиксирует фактическое положение возведенных зданий и сооружений; его составляют после окончания всех строительного-монтажных работ.

Кроме генеральных планов геодезическая служба использует проектную документацию на объект и ее следующие разделы.

1. Вводная часть проекта, которая содержит основные характеристики объекта: его общую схему в плане и в профилях, допускаемые напряжения на грунт, планово-высотную геодезическую привязку объекта с указанием условной нулевой отметки и связи условных отметок с абсолютными.

2. План разбивки основных осей сооружений, на котором показывают продольные и поперечные основные оси, характеризующие габарит данного объекта. На таком плане (или приложенной к нему ведомости) приводят координаты пересечения продольных и поперечных основных осей, характерных частей здания, координаты углов поворота автомобильных дорог, опор линий электропередачи, центров стрелочных переводов железнодорожных путей, колодцев инженерных подземных коммуникаций (ИПК) и др.

3. План фундаментов здания, на котором показывают все разбивочные оси с привязками к ним отдельных элементов фундамента, его ширину, глубину заложения, расстояния между осями и др.

4. План фундаментов под оборудование, на котором показывают оси фундаментов промышленного оборудования (резервуары, центрифуги, прессы и др.), а также размеры и глубину их заложения с привязкой к основным осям зданий и сооружений.

5. Вертикальные разрезы, характеризующие архитектуру здания, глубину заложения фундаментов, высоту оконных и дверных проемов, конструкцию отдельных элементов здания. Вертикальные разрезы в зависимости от сложности и величины объекта могут быть

вынесены на отдельные листы или помещены на чертеже, содержащем план здания.

6. Монтажные чертежи промышленного и технического оборудования, которые используют для точных геодезических разбивок основных и вспомогательных осей и выноса проектных отметок. К монтажным чертежам прилагаются детальные схемы с указанием отдельных элементов оборудования.

В состав строительных чертежей входят также чертежи по выносу в натуру проекта вертикальной планировки.

### **3.4. Уровни значимости объектов строительства и обоснование точности разбивочных работ**

Инженерные сооружения по их значимости и распространенности подразделяют на два вида.

**1. Объекты гражданского и промышленного строительства** (жилые, общественные и производственные здания, вспомогательные сооружения, инженерные сети) – характеризуются массовостью распространения на территориях застройки. Для таких объектов точность разбивочных работ нормирована ТКП 45-1.03-26-2006 [1] и конкретизируется в проекте производства работ (ППР) или в проекте производства геодезических работ (ПРГР).

**2. Особо значимые сооружения** – это сложные крупные сооружения, предназначенные для осуществления важнейших экономических, технических, культурных, оздоровительных и иных функций в жизнедеятельности государства и населения. К ним относят атомные и тепловые электростанции, гидроэлектростанции, метрополитен, крупные мосты, уникальное здание высотного книгохранилища Национальной библиотеки Республики Беларусь, сложные сооружения культурно-спортивного назначения, например основные объекты комплекса «Минск-Арена» и др.

Методику геодезического сопровождения строительства особо значимых промышленных, энергетических и других сложных объектов подробно разрабатывают в ПРГР, учитывая специальные требования проектной организации к высокоточному монтажу несущих конструкций, технологического оборудования, машин и механизмов.

При возведении объектов гражданского и промышленного строительства разработку соответствующих ППГР основывают на технических нормативных правовых актах (ТНПА), частично названных в таблице 3.1.

### **Геометрические параметры точности размеров строительных конструкций.**

Проектная точность геометрического размера характеризуется:

- *номинальным* значением размера  $l_0$ , заданным в проекте;
- *наибольшим*  $l_{\max}$  и *наименьшим*  $l_{\min}$  предельными значениями;
- *верхним*  $\delta^B$  и *нижним*  $\delta^H$  предельными отклонениями, которые вычисляют по формулам

$$\delta^B = l_{\max} - l_0; \quad \delta^H = l_{\min} - l_0; \quad (3.1)$$

- *допуском или полем допуска*  $\Delta$  представляющим собой разность между наибольшим и наименьшим предельными значениями:

$$\Delta = X_{\max} - X_{\min} = \delta^B - \delta^H. \quad (3.2)$$

Действительная точность геометрического размера характеризуется значением действительного отклонения  $\delta_i$ , являющимся разностью действительного  $l_i$  и номинального  $l_0$  значений:

$$\delta_i = l_i - l_0. \quad (3.3)$$

Государственными стандартами нормированы требования по обеспечению геометрической точности строительства.

Система допусков в гражданском и промышленном строительстве построена на принципе группировки производственных процессов по *классам точности*. Для локализации накопившихся на определенном участке погрешностей в сборных конструкциях предусматриваются специальные устройства в виде зазора, шва или площадки опирания одного элемента конструкций на другой. Такие устройства называют *компенсатором*.

**Выбор средств и методов для выполнения геодезических работ в строительстве.** Допускаются для геодезических работ в строительстве те геодезические приборы и методы их применения, точность которых обеспечивает соблюдение допустимого отклонения  $\Delta X$  размера или взаимного сопряжения строительных конструкций

при их возведении. Обозначим через  $\delta_{г,ср}$  среднюю квадратическую погрешность (СКП) средства и метода геодезических измерений, тогда по отношению к допуску  $\Delta x$  значение СКП измерений должно приниматься с понижающим коэффициентом

$$K_{д,ср} = \delta_{г,ср} / \Delta x, \quad (3.4)$$

а значение предельной погрешности средства и метода измерений – с понижающим коэффициентом

$$K_{д,пр} = \delta_{г,пр} / \Delta x, \quad (3.5)$$

где  $\delta_{г,пр}$  – предельная погрешность принимаемого метода и средств измерений;

Требования к точности средства и метода измерений обосновываются специальными расчетами или же ссылками на нормативные документы. Например, согласно ГОСТ 26433.0-85 и ТКП 45-1.03-26-2006 [1] (п. 4.4.) для разбивочных работ в процессе строительства допускаются методы и средства геодезических измерений, характеризующиеся метрологическими погрешностями, отвечающими условиям (3.6) и (3.7):

$$\delta_{г,ср} \leq 0,16\Delta x; \quad (3.6)$$

$$\delta_{г,пр} \leq 0,4\Delta x, \quad (3.7)$$

здесь  $K_{д,ср} = 0,16$ ;  $K_{д,пр} = 0,4$ .

В случае допусков (3.6) и (3.7) предельная погрешность  $\delta_{г,пр}$  средства и метода геодезических измерения принимается по отношению к СКП  $\delta_{г,ср}$  с коэффициентом

$$K_{д} = 2,5. \quad (3.8)$$

С учетом того, что современные технологии геодезических измерений основаны на применении электронных тахеометров, точных светодальномеров, цифровых нивелиров и других приборов, в разделах ТКП [1] более конкретно нормируются величины допустимых средних квадратических и предельных погрешностей геодезических разбивочных измерений. Применяются более жесткие или менее жесткие соотношения между допусками на отклонения геометрических параметров и требованиями к точности их измерения.

Например, для измерений в процессе и контроле точности изготовления и установки элементов, а также при контроле точности разбивочных работ согласно пунктам 4.4 и 9.9 выбираются средства и методы измерений, предельная суммарная метрологическая погрешность которых в 5 раз меньше строительного допуска, т. е. удовлетворяют условию (3.9)

$$\delta_r \leq 0,2\Delta\chi, \quad (3.9)$$

при этом предельная погрешность определяется формулой (3.7), т.е. принимается с коэффициентом  $K_d = 0,4\Delta\chi/0,2\Delta\chi = 2$ .

В ТКП [1] пунктом 8.1.15 предусмотрено, **что автоматизация и модернизация геодезических работ реализуется электронными тахеометрами при условии обеспечения ими требуемой точности создания базисной сети и разбивок при возведении здания.** Метрологические параметры электронных тахеометров должны обеспечивать условия точности (3.9) и (3.7).

При геодезическом контроле точности геометрических параметров зданий в случае использования электронных тахеометров, угловая погрешность которых  $m_\beta \leq 5''$ , линейная погрешность  $m_d \leq 3$  мм, значение  $\delta_r$  допускается принимать согласно пункту 9.9 ТКП [1] по формуле

$$\delta_{r,пр} \leq \Delta\chi/3, \quad (3.10)$$

при этом сохраняется требование (3.7), следовательно здесь коэффициент  $K_d = 0,4\Delta\chi/(\Delta\chi/3) = 1,3$ , поэтому, работая с электронными тахеометрами названной точности, необходимо принимать меры по максимальному снижению действия источников погрешностей измерения углов и расстояний. Следует использовать наиболее точные приборы.

**При разработке ППГР** существуют два подхода к обоснованию необходимой точности геодезических разбивочных работ:

- для особо значимых и сложных объектов осуществляют специальное обоснование необходимой точности измерений и выбора соответствующих технических средств для геодезического обеспечения прецизионного монтажа конструкций и технологического оборудования (например атомных электростанций, турбоагрегатов, ряда технологических линий и др.);



- для объектов, отнесенных к классам точности 1р – 6р согласно ГОСТ 21779-82, ГОСТ 21778-81 (таблица 3.2), в ТКП 45-1.03-26-2006 нормированы показатели точности геодезических измерений при возведении гражданских и промышленных зданий и рекомендованы геодезические приборы соответствующей точности. Требуемую точность разбивочных работ обосновывают ссылками на ТКП 45-1.03-26-2006 и другие нормативные документы, частично указанные в таблице 3.1.

### **3.5. Классы геометрической точности строительства и геодезических разбивочных работ**

Для проектирования и возведения зданий и сооружений гражданского и промышленного назначения определены 6 классов геометрической точности строительства (им соответствуют 6 классов точности геодезических разбивочных работ, названные в таблице 3.2).

В ГОСТ 21779-82, ГОСТ 21778-81 и ТКП 45-1.03-26-2006 указаны геометрические допуски  $\Delta$  на отклонение конструкций от номинальных размеров и проектного положения при изготовлении конструкций и их монтаже в здании и сооружении. Допуски  $\Delta$  установлены для температуры  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Величина допуска определяется по формуле

$$\Delta = K \cdot i, \quad (3.11)$$

где  $i$  – единица допуска (мм), установленная для нормируемого размера;

$K$  – коэффициент точности, установленный соответствующими расчетами и конкретными ТНПА для каждого вида конструкций, а также зданий и сооружений.

Для рассматриваемых шести классов точности разбивочных работ в таблице 3.2 приведены допустимые значения средних квадратических погрешностей измерения углов  $m_\beta$ , превышений  $m_h$  и относительной погрешности измерения линий  $m_l / l$ .

Таблица 3.2

**Классы точности разбивочных работ и допустимые погрешности измерений при построении внешней и внутренней разбивочных сетей типовых зданий и сооружений и производстве разбивочных работ**

Класс точности разбивочных работ, здания, строительные конструкции	Величина допустимой средней квадратической Погрешности				
	линейные измерения, $m, l, l$	угловые измерения, $m\beta, c$	превышения на станции, $m_h, мм$	отметки на монтажном горизонте, $m_h, мм$	передача точек, осей по вертикали, $m_{зв}, мм$
1	2	3	4	5	6
<b>1р.</b> Металлические конструкции с фрезерованными контактными поверхностями; сборные железобетонные конструкции, монтируемые методом самофиксации в узлах; сооружения высотой свыше 100 до 120 м или с пролетами свыше 30 до 36 м	1/15000	5	1	Числовые значения допустимых погрешностей назначают в соответствии с ТКП 45-1.03-26-2006 и при необходимости расчетом в ППГР (см. примечание 2).	
<b>2р.</b> Здания свыше 15 этажей, сооружения высотой свыше 60 до 100 м или пролетами свыше 18 до 30 м	1/10000	10	2		
<b>3р.</b> Здания свыше 5 до 15 этажей, сооружения высотой свыше 15 до 60 м или пролетами свыше 6 до 18 м	1/5000	20	2,5		
<b>4р.</b> Здания до 5 этажей, сооружения высотой до 15 м или пролетами до 6 м	1/3000	30	3		
<b>5р.</b> Конструкции из дерева; инженерные сети, дороги, подъездные пути	1/2000	30	5	–	–
<b>6р.</b> Земляные сооружения, в том числе вертикальная планировка	1/1000	45	10	–	–
<p>Примечания.</p> <p>1. При наличии двух и более характеристик величины средних квадратичных погрешностей назначаются по той характеристике, которой соответствует более высокая точность.</p> <p>2. Точность геодезических построений для строительства объектов с повышенной геометрической точностью следует определять расчетами с учетом особых требований к допускам, предусматриваемых проектной документацией.</p>					

В каждом классе точность изготовления элемента регламентируют:

- допусками на линейные размеры конструкций по длине, ширине, высоте (толщине), диаметру и также на положение и размеры отверстий, выступов и др.;

- допусками на искажения (отклонения) формы конструкций от номинальной (неплоскостность, непрямоугольность, непрямолинейность, отклонение от вертикали и др.).

### 3.6. Допустимые погрешности геодезических разбивочных работ, рекомендуемые ТКП 45-1.03-26-2006

Геометрическая точность строительства гражданских и промышленных зданий, а также соответствующих инженерных сетей определена нормативным документом ТКП 45-1.03-26-2006. В его приложениях А, Ж, М, Н приведены рекомендуемые средние квадратические погрешности (СКП) геодезических разбивочных работ и условия их обеспечения. Названные значения СКП обозначим через  $m$ . Их величины должны соответствовать метрологическим погрешностям, отвечающими условиям (3.6), (3.7), (3.9) или должны быть рассчитаны, исходя из дополнительных требований к точности монтажа строительных конструкций и оборудования.

Как отмечено в п. (3.3) предельные погрешности  $\Delta_{\text{пред}}$  геодезических разбивочных работ могут приниматься по отношению к строительному допуску  $\Delta$  на геометрическое отклонение конструкции с СКП величиной  $m$  при коэффициентах  $K_d = 2,5; 2; \text{ и } 1,3$ ; т.е.

$$\Delta_{\text{пред}} = 2,5m; \quad \Delta_{\text{пред}} = 2m; \quad \Delta_{\text{пред}} = 1,3m \quad (3.12)$$

В таблице 3.3 приведены условия достижения СКП **высотных (нивелирных) измерений** при измерении превышений и укладке строительных конструкций в проектное положение с выравниванием по высоте. В таблице 3.3 приняты допустимы средние квадратические погрешности  $m_H = \pm 1; \pm 3; \pm 5 \text{ и } \pm 10$  мм при коэффициенте 2 для предельных погрешностей высотной укладки конструкций  $\Delta_{H,\text{пред}} = \pm 2; \pm(4-6); \pm 10 \text{ и } \pm 20$  мм.

В таблице 3.4 названы условия достижения заданных СКП  $m_B$  **угломерных работ** при создании плановой разбивочной основы

здания, разбивке сетки его осей, проецировании точек и осей на монтажные горизонты, укладке строительных конструкций в проектное положение в плане. Рекомендуемым средним квадратическим погрешностям  $m_B = \pm 3; \pm 5; \pm 10; \pm 20; \pm 30$  и  $\pm 45''$  соответствуют предельные погрешности  $\Delta_{\beta, \text{пред}}$  угловых измерений, последние выбираются с одним из коэффициентов  $K_d$  – см. условия (3.11), исходя из заданной проектом геометрическая точность строительства.

Таблица 3.3

**Значения СКП  $m_h$  превышений, рекомендуемые  
ТКП 45-1.03-26-2006 для разбивочных работ по высоте,  
и условия их обеспечения**

Тип приборов, условия измерений, вид нивелирования	Средние квадратические погрешности измерения превышений, $m_h$ , мм на 100 м			
	1	3	5	10
<b>Геометрическое нивелирование</b>				
Нивелиры класса	Н-05 и кодовые	Н-3 и равноточные		Н-10 и равноточные
Типы нивелирных реек	РН-05 и кодовые	РН-3 и равноточные		РН-10 и равноточные
Допустимое отклонение от горизонтального положения визирного луча на 100 м, мм	1	3		5
Неравенство расстояний визирования на станции, м, не более	2	5	10	15
Допустимая длина визирного луча нивелира при разбивках, м	70	50		
<b>Тригонометрическое нивелирование</b>				
Электронный тахеометр, угловая СКП, $m_h$	2"; (5")			
Допустимая длина визирного луча, м	100: (40)	150: (90)	200:( 110)	250: (200)

Таблица 3.4

**Условия обеспечения СКП угловых измерений с учетом рекомендаций ТКП 45-1.03-26-2006**

Процессы, условия измерений, тип приборов	Средние квадратические погрешности результатов измерения углов $m_{\beta}$ , с					
	3	5	10	20	30	45
Центрирование угломерного прибора и визирной цели	оптическим центриром с погрешностью $m_{ц} \leq 1$ мм			отвесом с погрешностью $m_{ц} \leq 2-3$ мм		
Фиксация центра знака	чертилкой		керном	шпилькой, карандашом		
Теодолит класса	Т2		Т5		Т30	
Количество приемов измерения угла теодолитом	3		2		1	
Электронный тахеометр, угловая точность, с	1-3		5		9	

В таблице 3.5 цитированы значения средних квадратических погрешностей (СКП)  $m_{0.в}$  **передачи точек и осей по вертикали и  $m_{H}$  передача отметок на монтажные горизонты**, рекомендуемые ТКП 45-1.03-26-2006. Дополнительно названы применяемые геодезические приборы.

Таблица 3.5

**Средние квадратические погрешности передача точек и осей по вертикали и передача отметок на монтажные горизонты, рекомендуемые ТКП 45-1.03-26-2006. Применяемые приборы**

Вид разбивочных геодезических работ, обозначение СКП, применяемые приборы, их точность: угловая $m_{\beta}$ ; линейная $m_D$	Высота монтажного горизонта, м				
	до 15	св. 15 до 50	св. 50 до 100	св. 100 до 120	св. 120
	средние квадратические погрешности, мм				
Передача точек и осей по вертикали, СКП ( $m_{0.в}$ )	2	2,5	3	4	расчет в ПППР
Электронный тахеометр, $m_{\beta} \leq 3''$	$\leq 2$	$\leq 2,5$	$\leq 3$	$\leq 4$	
Зенит /надир приборы, $m_{0.в} \leq 5$ мм на 100 м высоты					
Передача отметок по высоте, $m_H$	3	4	5	6	
Нивелир и подвешенная лента	$\leq 3$	$\leq 4$	$\leq 5$	$\leq 6$	
Лазерная рулетка, $m_D \leq 3$ мм					
Электронный тахеометр, $m_{\beta} \leq 3''$ ; $m_D \leq 2$ мм					

## 4. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРАХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

### 4.1. Электронные тахеометры

На рисунке 3.1 в качестве примера внешнего вида дано изображение электронного тахеометра Trimble.

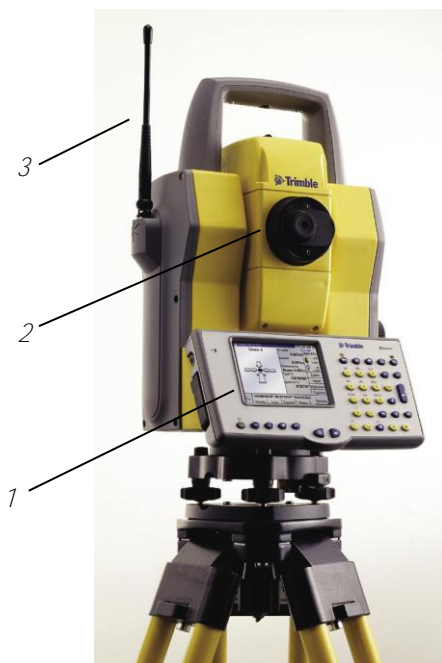


Рисунок 4.1. Электронный тахеометр Trimble:  
1 – панель управления встроенным процессором; 2 – объектив зрительной трубы; 3 – антенна радиомодема

#### **Общие функциональные показатели**

Современные электронные тахеометры значительно различаются не только своими техническими характеристиками, но и ориентацией на определенную сферу применения. Различают технологичные электронные тахеометры, содержащие ограниченный пакет про-

граммного обеспечения, и высокотехнологичные приборы с максимальным пакетом встроенных программ и с функциями роботизации. Например, для работ по изысканиям и строительству наиболее эффективным будет применение роботизированного электронного тахеометра, имеющего функцию автоматического слежения за мобильным световозвращателем (рисунок 4.2, *а*) и программы, позволяющие не только работать с проектными данными, но и воспроизводить полученные результаты непосредственно в поле на экране контроллера.

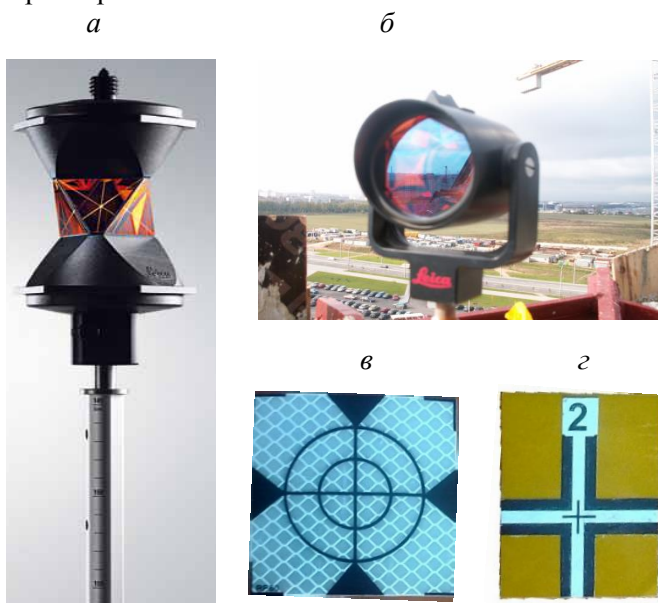


Рисунок 4.2. Световозвращатели:

*а, б* – призмные; *в, г* – пленочные; (*а* – на мобильной вехе; *б, в, г* – стационарно укрепляемые)

Внутри класса высокотехнологичных электронных тахеометров можно выделить: относительно «упрощенные» тахеометры с сервомоторами, «полуроботы» – тахеометры со следящей системой и «роботы» – тахеометры, оснащенные дистанционным управлением.

К «упрощенным» тахеометрам с сервомоторами относятся приборы Leica TCM1200, TCRM1200, TCM1100 TCRM1100, приборы Trimble Navigation (США), Trimble 5600S. Литера «М» у тахеомет-

ров Leica означает моторизованный, литера «S» у тахеометров Trimble – сервомоторы. Преимущество использования таких приборов выявляется при выполнении работ, связанных с мониторингом, когда необходимо периодически выполнять наблюдения на одни и те же цели. В этом случае прибор наводится на цели автоматически, оператор выполняет лишь точное наведение. На строительной площадке при выносе проекта на местность, по заданным координатам проектных точек, прибор автоматически разворачивается в проектную ориентацию.

К «полуроботам» можно отнести модели Leica TC700auto, TCR700auto, TCA1200, TCRA1200, TCA1100, TCRA1100, приборы Geodimeter 600Autolock, Trimble 5600Autolock. Литера «A» у тахеометров Leica означает ATR (Automatic Target Recognition — система автоматического распознавания цели и наведения на нее), «Autolock» у тахеометров Geodimeter и Trimble – наличие следящей системы. Для работы с приборами требуется бригада из двух человек.

Наличие системы слежения требует использования «активного световозвращателя». В тахеометрах Geodimeter и Trimble 5600 следящая система смонтирована под зрительной трубой и принимает сигнал от активного излучателя, закрепленного на вехе, и действует на расстояниях до 750 м. При перемещении вехи сервомоторы разворачивают прибор в направлении излучателя на вехе. К недостаткам системы следует отнести частую замену источника электропитания, закрепленного на вехе, это заметно снижает производительность полевых работ.

Следящая система тахеометров Leica работают более эффективно: они наводятся на пассивный световозвращатель в виде световозвращающей призмы, при этом разнесены функции «автонаведение» (ATR) и «сопровождение цели» (Lock).

«Роботы» – это тахеометры со следящей системой, дистанционным управлением и радиосвязью. К «роботам» можно отнести приборы Leica TCP1200, TCRP1200, TCA1100 TCRA1100, приборы Geodimeter 600Robotic, Trimble 5600Robotic. Литера «P» у тахеометров Leica означает – Power Search – система быстрого поиска отражателя, Robotic у тахеометров Geodimeter и Trimble означает наличие следящей системы и встроенного радио модема. В строительстве тахеометр-«робот» может быть высоко эффективным, но его серво-



мотор требует перезарядки аккумуляторов через 2-3 дня непрерывной работы.

### **Световозвращатели, поправка в расстояние**

В комплекте к тахеометру поставляются призмные световозвращатели из оптического стекла, которые могут быть встроенными в переносную вежу (см. рисунок 4.2, *а*) или изготовлены в виде стационарно закрепляемого устройства (рисунок 4.2, *б*). В зависимости от геометрии и размеров призмы лазерный луч в ней проходит расстояние, которое называется поправкой светоотражателя  $\Delta_D$  и вычитается из измеренного расстояния. Такие поправки могут быть равными, например,  $-30$  или  $-54$  мм, их значения вводятся в процессор тахеометра.

Применяются также световозвращатели на пленочной основе (рисунки 4.2, *в*, *г*) размерами от  $10 \times 10$  до  $60 \times 60$  мм и больше или диаметром около 10 мм и больше. Их отражающая поверхность структурирована с расчетом на увеличение доли возвращения светового пучка в сторону источника излучения. Поправка за отражатель принимается равной нулю или определяется экспериментально.

### **Классификация тахеометров по точности**

В обобщенном виде средняя квадратическая погрешность (СКП) измерения фазовым светодальномером расстояний  $D$  (км) до световозвращателя определяется формулой

$$m_D = \delta_D + \delta \cdot D \cdot 10^{-6} = \delta_D + \delta \cdot \text{ppm} \quad (\text{при } D \leq D_{\text{max}}), \quad (4.1)$$

где  $\delta_D$  – постоянная составляющая погрешности расстояния, мм;

$\delta$  – единичное значение переменной составляющей погрешности расстояния;

$\text{ppm} = D \cdot 10^{-6}$  – выраженное в мм расстояние  $D$ , км;

$D_{\text{max}}$  – максимальная дальность измерений с данным светоотражателем.

Например, в характеристике « $m_D = 2$  мм +  $2 \text{ppm}$  до 3500 м при стандартном световозвращателе» (см. рисунок 3.2, *а*, *б*) величина  $2 \text{ppm}$  указывает, что переменная составляющая погрешности светодальномера в стандартных условиях воздушной среды составляет 2 мм/км, а дальность измерений ограничена до 3,5 км.

Угловая точность характеризуется СКП  $m_{\beta}$  измерения горизонтального угла одним приемом в лабораторных условиях. По названному параметру и точности светодальномерного блока тахеометры можно условно разделить на высокоточные, точные и технические.

*Высокоточные* – СКП измерения углов  $m_{\beta} \leq 1,5''$ ; расстояния до призмы измеряются с СКП  $m_D \leq 1,5 \text{ мм} + 2 \text{ ppm}$ .

*Точные* – для измерения углов с СКП от 2 до 5''; расстояния до призмы измеряются с СКП  $m_D \leq 2-5 \text{ мм} + 2-3 \text{ ppm}$ .

*Технические* – для измерения углов с СКП от 6 до 10''; расстояния до призмы измеряются с СКП  $m_D \leq 6-9 \text{ мм} + 2-3 \text{ ppm}$ .

В случае использования светоотражающих пленок (см. рисунок 3.2, в, г) точность и дальность светодальномера уменьшаются до значений, указанных в таблице 4.1.

### **Встроенное программное обеспечение**

Электронные тахеометры оснащены устройствами автоматизации собственно измерений (длин линий, горизонтальных и вертикальных углов) и электронными средствами обработки, хранения и представления результатов. Кроме этого, программное обеспечение, заложенное в электронную память тахеометров, позволяет решать непосредственно в полевых условиях ряд аналитических задач. Минимально необходимое программное обеспечение решает возникшие в поле задачи, такие как определение непреступного расстояния, обратную засечку, выбор единиц измерений, ввод высоты прибора, высоты визирования, константы призмы, температуры и давления воздушной среды, а так же масштаб локальной системы координат, производить измерения. Программное обеспечение предусматривает ввод информации о точке, а так же возможность редактирования проекта измерений с помощью специальных фильтров, тем самым готовить данные измерений к передаче на персональный компьютер.

Встроенная память электронных тахеометров обладает емкостью, например, 15 000 – 50 000 точек.

### **Основные проверки электронных тахеометров**

Электронные тахеометры подлежат ежегодной метрологической проверке и сертификации на право использования в геодезических работах. При подготовке к измерениям сертифицированный прибор проверяют и юстируют на:

- положение места нуля компенсатора наклонов вертикальной оси прибора;
- устранение коллимационной погрешности, возникающей при наклоне горизонтальной оси вращения трубы;
- проверку постоянства места нуля компенсатора наклонов вертикальной оси прибора при ее наклонах;
- ось рубинового лазерного луча при измерении расстояний должна совпадать с линией визирования зрительной трубы (т.е. центр лазерного пятна должен совпадать с центром сетки нитей зрительной трубы).

Тщательно отъюстированный тахеометр выдает равные угловые и дальномерные отсчеты при измерениях в положениях «вертикальный круг слева» (КЛ) и «вертикальный круг справа» (КП). Такая юстировка позволяет во многих задачах производить измерения только в одном положении электронного тахеометра, при этом пользователь обязан постоянно проверять настройку прибора измерениями при КЛ и КП.

### **Безотражательные светодальномеры**

Безотражательными условно называют светодальномеры, измеряющие расстояния не только с использованием световозвращателя, но и без него – по лазерному лучу, возвращенному от поверхности предметов.

Безотражательные измерения расстояний электронными тахеометрами применяются при:

- трехмерном выносе в натуру (по осям  $x$ ,  $y$ ,  $H$ );
- маркировка частей здания для трехмерного выноса в натуру;
- обмерах высоких объектов;
- измерениях геометрии фасадов;
- измерениях габаритов мостов, съемке дорог;
- обмерах недоступных – загрязнённых и зараженных объектов;
- контроле неустойчивых поверхностей;
- съемке противоположного края котлована, карьера и др.;
- определениях координат контрольных точек для фотограмметрических обмеров объекта и др.

### **Лазерные рулетки**

Лазерные рулетки различных модификаций представляют малогабаритные лазерные светодальномеры, рассчитанные на безотражательный режим работы. Они действуют также со светотражате-

лями в виде специальных пленок. Лазерные рулетки могут быть оснащены визирным устройством для предварительного наведения лазерного луча на точку объекта. Наведение производится совмещением видимого лазерного пятна с поверхностью предмета. При этом прибор должен быть зафиксирован. Нажатием кнопки электронная схема активизируется и на дисплее высвечивается результат – расстояние с погрешностью от 1 до 5 мм в зависимости от точности прибора. В пасмурную погоду и в тени многие лазерные рулетки действуют без светоотражателя при расстояниях до 200 м. Масса приборов составляет 0,4 – 0,5 кг. Аккумулятор встроенный. Процессор различных приборов обладает внутренней памятью на 20 – 2000 измерений, а также некоторыми встроенными функциями. Применяется функция по вычислению площади прямоугольного помещения, его объема, если измерены его длина, ширина и высота, а также функция по вычислению высоты вертикальной конструкции, если измерены горизонтальное расстояние (катет) и наклонное расстояние (гипотенуза) от прибора до соответствующих точек объекта.

Лазерные рулетки можно подключать к компьютеру и, используя специальную программу, выполнять обработку данных.

Безотражательный дальномер (лазерная рулетка) модели DLE15 (рис. 4.3) измеряет расстояния до 150 м с погрешностью 2 мм. Прибор вычисляет площадь, объем, имеет другие функции и встроенную память. В комплект входит цилиндрический уровень и насадки для измерений углов.

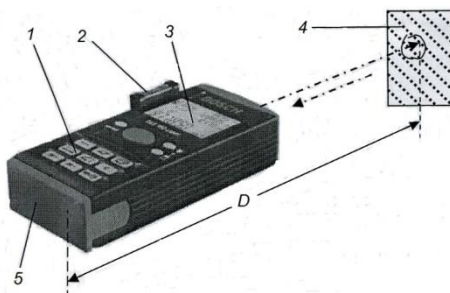


Рисунок 4.3. Лазерная рулетка DLE15:

- 1 – панель управления встроенным процессором;
- 2 – цилиндрический уровень;
- 3 – дисплей;
- 4 – поверхность объекта;
- 5 – плоское основание (упор);
- $D$  – измеряемое расстояние

В таблице 4.1 приведены примеры основных технических характеристик электронных тахеометров и лазерных рулеток, рекомендуемых для использования в строительстве.

Таблица 4.1

**Примеры основных метрологических характеристик электронных тахеометров и малогабаритных светодальномеров (лазерных рулеток), рекомендуемых для применения в строительстве**

Прибор	Масса, кг	Измеряемые расстояния, точность						Точность измерения углов, с
		светоотражатель		отражающая пленка		поверхность объекта		
		от 1 м до, м	точность	от 1 м до, м	точность	до, м	точность	
Электронные тахеометры Leica FlexLine TS09	5,1	3 500	1,5 мм +2 ррм	500	2 мм + 2 ррм	250	2 мм	1 / 2 / 3
Электронный тахеометр для строительства Leica Builder 500	5	3 500	1,5 мм +2 ррм	500	2 мм + 2 ррм	250	2 мм	3 / 5 / 9
Электронные тахеометры серии TRS09	6,5	3 000	1 + 1 ррм	250	2 мм + 2 ррм	200	2 мм	0,5 / 1
Электронный тахеометр TCR802	6	3 000	2 мм + 2 ррм	500	3 мм + 2 ррм	300	3 мм	1
Электронный тахеометр TRIMBLE Total Station	3,5	3 000	2 мм + 2 ррм	250	2 мм + 2 ррм	180	3 мм	2
Лазерная рулетка DLE15	0,6	300	2 мм	200	2 мм	150	3 мм	-
Лазерная рулетка DISTO, малогабаритная	0,3	250	3 мм	200	3 мм	150	3 мм	-
Лазерная рулетка HD 150	0,4	200	2 мм	200	2 мм	150	2-3 мм	-

#### **Дополнительные сведения к таблице 4.1**

Реальная точность результатов измерений электронными тахеометрами зависит, среди прочих причин, от неоднородностей плотности воздушной среды. Как правило, температура стеновых конструкций отличается от температуры воздуха, возникает горизонтальный перепад температуры последнего и горизонтальная рефракция

световых лучей. Если лучи проходят параллельно протяженным стенам ближе 2–3 м к ним погрешность определения горизонтальных углов может достигать 2–30" при расстояниях визирования, больших 30–50 м.

Точность измерения вертикальных углов (как и превышений при геометрическом нивелировании) ограничивается кривизной Земли и вертикальной рефракцией световых лучей в приземном слое воздуха. При расстояниях визирования  $D = 50, 100, 150, 200, 250, 300$  и  $1000$  м соответствующее искажение измеряемых вертикальных углов составляет в среднем соответственно 0,7; 1,4; 2; 2,7; 4; 6 и 14". В электронных тахеометрах такие осредненные искажения учитываются автоматически соответствующими поправками. Но если световой луч проходит ближе 2–3 м к поверхности земли или строительных конструкций, нагретых солнцем, возникают дополнительные значительные погрешности в результатах измерения вертикальных углов.

Для уменьшения рефракционных искажений траектории световых лучей при угловых измерениях необходимо ограничивать расстояния от прибора до визирных целей и избегать приближения визирных и лазерных лучей ближе к 4–5 м к поверхности объектов.

#### **4.2. Теодолиты**

Теодолиты можно разделить на две конструктивные группы.

1. Оптико-механические теодолиты (рисунок 4.4, *a*) – это теодолиты со стеклянными угломерными кругами и призмочно-линзовыми отсчетными микроскопами; все измерительные действия производит наблюдатель.

2. Частично автоматизированные теодолиты, к ним относятся кодовые. В кодовых теодолитах на угломерные круги нанесены штриховые кодовые дорожки и применена фотоэлектрическая реги-

страция отсчетов при измерении углов. Результаты измерений выдаются на дисплей прибора в числовой или в кодовой форме, и записываются на магнитный носитель информации для последующей компьютерной обработки.

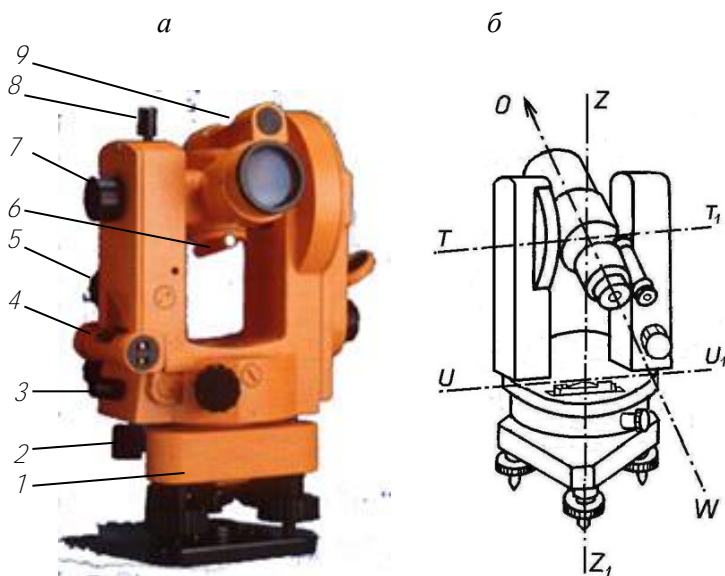


Рисунок 4.4:

*a* – оптико-механический теодолит 4Т30П в положении КЛ; *б* – главные геометрические оси теодолита; (1 – подставка; 2 – закрепительный винт в подставке; 3 – закрепительный винт горизонтального круга; 4 – цилиндрический уровень; 5 – наводящий винт по углу наклона зрительной трубы; 6 – диоптр при зрительной трубе; 7 – кремальера (фокусируемый винт зрительной трубы); 8 – закрепительный винт вертикального круга и трубы; 9 – цилиндрический уровень при зрительной трубе; главные оси:  $ZZ_1$  – основная (вертикальная ось вращения верхней части прибора);  $UU_1$  – ось цилиндрического уровня;  $TT_1$  – горизонтальная ось вращения трубы;  $WO$  – визирная ось

### Классификация теодолитов по точности

Оптико-механические теодолиты российского производства по точности разделены на 3 класса: *высокоточные* (Т1), *точные* (Т2, Т5) и *технические* (Т15, Т30). В обозначении теодолита цифрами указана средняя квадратическая погрешность измерения угла (в секундах) одним полным приемом в благоприятных условиях. Основ-

ные технические характеристики оптических теодолитов, выпускаемых в России по ГОСТу, приведены в таблице 4.2. Эти сведения используются также при рассмотрении сравнительной точности и выборе теодолитов других зарубежных фирм.

Таблица 4.2

**Основные технические характеристики оптико-механических теодолитов**

Характеристика	Теодолит класса				
	T1	T2	T5	T15	T30
Средняя квадратическая погрешность измерения угла одним приемом в производственных условиях, с:					
горизонтального	1,5	3	7	15	30
вертикального	3	5	12	15	45
Зрительная труба:					
увеличение, крат	40	25	25	25	18
наименьшее расстояние визирования, м	5	2	1,5	1,2	1,2
Цена деления цилиндрического уровня при алидаде круга, с:					
горизонтального	10	15	30	45	60
вертикального	15	15	15	30	30
Масса теодолита, кг	11,0	5,5	3,5	3,0	2,5

Требования к точности теодолитов, применяемых в геодезических работах для строительства, определяются допусками к погрешностям конкретного вида измерений при установке конструкций в проектное положение. Для съемочных работ используют технические теодолиты, разбивочные работы выполняют техническими, точными и высокоточными теодолитами.

**Конструктивные особенности теодолитов**

В высокоточных, точных и некоторых типах технических теодолитов на алидаде вертикального круга устанавливается контактный уровень для повышения точности измерения вертикальных углов. Но вместо уровня может применяться маятниковый компенсатор для автоматического устранения погрешностей, возникающих при малых наклонах прибора в процессе измерения вертикальных углов.



В шифр теодолитов с компенсатором добавляется буква К, например 2Т5К.

В шифре усовершенствованных теодолитов первой цифрой обозначают порядковый номер модификации прибора, например, 2Т2, 2Т5К, 2Т30П (теодолиты “второго поколения”). Буква П обозначает наличие зрительной трубы прямого изображения. Теодолит 4Т30П – прибор “четвертого поколения”.

Теодолиты, у которых горизонтальный угломерный круг и алидаду можно вращать независимо друг от друга, называют также *повторительными* (Т5), (Т30), так как они позволяют измерять горизонтальные углы *способом повторений* (см. [4], [5] и др.).

### **Отсчетные устройства теодолитов**

В поле зрения *штрихового микроскопа* теодолита Т30 видны штрихи делений угломерных кругов: вертикального В и горизонтального Г, а также штрих отсчетного индекса (рисунок 4.5, а). Цена одного деления угломерных кругов равна  $10'$ , а десятые доли деления оцениваются относительно индекса на глаз с погрешностью около  $0,5'$  ( $30''$ ). На рисунке 4.5, а отсчет В =  $357^{\circ} 23'$ ; отсчет Г =  $26^{\circ} 32'$ .

В *шкаловом микроскопе* теодолита 2Т30П (рисунок 4.5, в) применены шкалы с ценой деления  $5'$ , выделены 10-минутные деления, здесь отсчет Г =  $164^{\circ} 43'$  берется по оцифрованному штриху горизонтального лимба относительно штрихов шкалы. Отсчет В =  $3^{\circ} 18'$ .

Шкаловой микроскоп теодолита Т5 (рисунок 4.6, б) при цене одного деления угломерного круга, равной  $1^{\circ}$ , содержит шкалу протяженностью в  $1^{\circ}$ , состоящую из 60 штрихов с ценой деления  $1'$ , десятые доли деления оцениваются на глаз с погрешностью около  $0,05-0,1'$  ( $3-6''$ ). В примере рисунка 4.5, б отсчет В =  $3^{\circ} 06,4'$ .

*Микроскоп-микрометры* (оптико-механические измерительные устройства) служат для повышения точности отсчитывания долей угловых делений. Они приводятся в действие вращением головки винта микрометра, а визуальный контроль процесса измерения производится через окуляр микроскопа. В окуляре отсчетного микроскоп-микрометра высокоточных теодолитов 2Т2 – 3Т2КП рассматриваются три окна с изображениями угломерных шкал (рис. 4.6). В нашем примере в окне 1 показаны двойные штрихи градусных делений горизонтального угломерного круга (при переключении

микроскопа на изображение лимба вертикального круга в окне 1 будут видны одиночные штрихи градусный делений на желтом фоне).

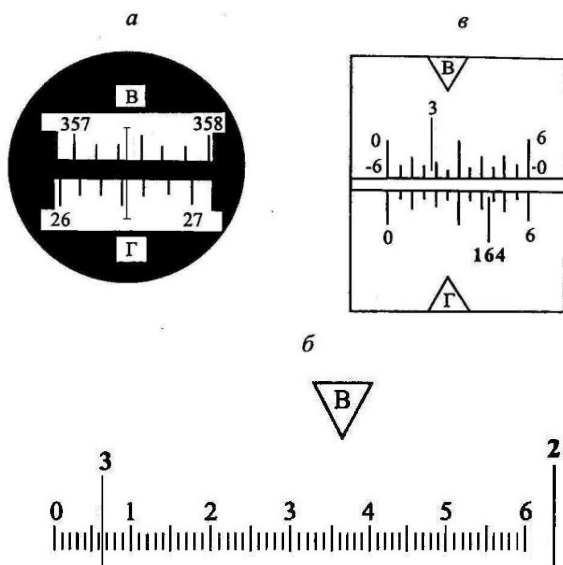


Рисунок 4.5 Поле зрения отсчетных микроскопов:  
штрихового теодолита Т30 (а) и шкаловых (б – теодолита 2Т30П;  
в – теодолита Т5)

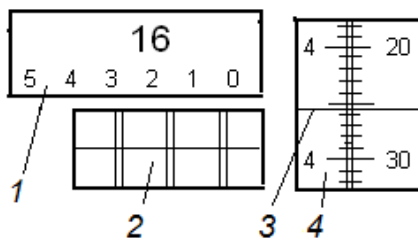


Рисунок 4.6. Окна угломерных шкал в поле зрения отсчетных  
микроскоп-микрометров теодолитов 2Т2, 2Т2П, 3Т2КП

Перед взятием отсчета вращением головки винта микрометра совмещают в окне 5 видимые верхние и нижние штрихи делений лимба. В примере рис. 4.6 в окне 1 отсчет градусов равен  $16^\circ$ , от-

счет десятков минут равен  $20'$  (цифра 2 расположилась напротив надписи 16), далее в окне 4 отсчет единиц минут равен 4 (имеем  $24'$ ) и относительно индекса 3 отсчет секунд составляет  $25,5''$ . Полный отсчет по горизонтальному кругу равен  $\Gamma = 16^\circ 24' 25,5''$ .

#### 4.2.1. Полевые поверки теодолитов

Каждый геодезический прибор, находящийся в эксплуатации, подвергается обязательной ежегодной метрологической аттестации в учреждении метрологического надзора. Помимо этого работник, работающий с прибором, обязан выполнять периодически его основные поверки и при возможности необходимые юстировки (регулировки).

**Качество цилиндрического уровня теодолита** проверяется следующим образом: подъемным винтом подставки пузырьку придают малые перемещения, которые должны быть плавными без задержек и рывков.

**Проверка длины шкалы отсчетного микроскопа.** В теодолитах со шкаловыми микроскопами (см. рис. 4.5, б, в) видимая длина шкалы должна равняться длине дуги между двумя соседними штрихами лимба. Допускается несовпадение до 0,1 наименьшего деления шкалы. Теодолит юстируют в сервисном центре.

##### **Основные поверки оптико-механических теодолитов**

В исправном теодолите его главные геометрические оси, показанные на рисунке 4.4, б, должны быть взаимно сопряжены с высокой точностью. Рассмотренные основные поверки оптических теодолитов выполняются в полевых условиях. В зависимости от конструктивных особенностей прибора выполняются и дополнительные поверки. При выполнении каждой поверки теодолит заново горизонтируют. Порядок выполнения поверок рассмотрен в описании прибора и в учебных изданиях (см. например учебники [4], [5] и др.).

Поверки выполняются на следующие геометрические условия:

1. *Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита, т.е.  $UU_1 \perp ZZ_1$  (см. рис. 4.4, б).*
2. *Вертикальный штрих визирной сетки должен быть перпендикулярен оси вращения трубы, т.е. к  $TT_1$  (см. рис. 4.4, б).*

3. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения трубы, т.е.  $WO \perp TT_1$  (см. рис. 4.4, б).

4. Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита, т.е.  $TT_1 \perp ZZ_1$  (см. рис. 4.4, б).

В теодолитах Т1, Т2, Т5 и других поверяется оптический отвес, который расположен в подставке или в алидадной части теодолита.

5. Визирная ось оптического отвеса должна совпадать с осью вращения теодолита  $ZZ_1$  (см. рис. 4.4, б).

В теодолитах Т5К, ЗТ5КП и др. необходимо проверить точность работы компенсатора.

6. Компенсатор должен сохранять неизменным отсчет по вертикальному кругу при наклонах вертикальной оси вращения теодолита до 3–5'.

#### 4.2.2. Работа с теодолитами

**Центрирование.** Теодолиты Т30 – 4Т30П центрируют над пунктом по нитяному отвесу с точностью не грубее 2-3 мм, с такой же точностью визирные цели устанавливают над наблюдаемыми точками.

**П р и м е ч а н и е:** теодолиты типа Т30 – 4Т30П можно центрировать с погрешностью около 1 мм при помощи зрительной трубы, направленной объективом вниз при отсчете по вертикальному кругу  $270^\circ 00'$  или  $-90^\circ 00'$ . Визируют на метку центра сквозь отверстия в алидаде, в подставке и в станovém винте.

#### **Измерение (построение) горизонтальных углов**

Горизонтальные углы необходимо измерять полными приемами, т. е. при двух положениях теодолита КЛ (вертикальный круг слева) и КП (круг справа). При разбивочных работах для упрощения измерений применяют способ «от нуля»: горизонтальный круг теодолита устанавливают на отсчет  $0^\circ 00,0'$  при визировании на левую точку угла и закрепляют. При визировании на правую точку отсчет по горизонтальному кругу будет равен измеряемому или же проектному углу.

Горизонтальные углы можно построить на местности теодолитом Т30 со средней квадратической погрешностью  $m_{\beta} \approx 5-6''$  при условии, что угол не содержит дробных долей наименьшего деления шкалы, а точность центрирования теодолита и визирных целей

( $\approx 1$  мм) отвечает названной погрешности  $m_{\beta}$ . Для этого сначала необходимо точно центрировать теодолит над вершиной угла при помощи его зрительной трубы, установленной объективом вниз на отсчет по вертикальному кругу  $90^{\circ} 00'$  или  $270^{\circ} 00'$  (визирование производится сквозь отверстие в подставке теодолита и становом винте).

Затем при визировании на точку  $C$  максимально точно устанавливают отсчет по горизонтальному кругу  $c = 00^{\circ} 00,0'$  и, если требуется построить горизонтальный угол  $\beta = 90^{\circ} 00,1'$ , то при закрепленном горизонтальном круге поворачивают верхнюю часть теодолита на отсчет  $a = 90^{\circ} 00,0'$ . Визирная ось зрительной трубы будет направлена в сторону точки  $A$ . При работе в положении КП на местности обозначают точку  $A_1$ , в положении КЛ – точку  $A_2$ . За окончательное положение точки  $A$  выбирают среднее, если несовпадение точек  $A_1$  и  $A_2$  не превышает 3–4 мм на 100 м расстояния от теодолита.

### **Измерение вертикальных углов**

Для измерения вертикальных углов необходимо определить место нуля вертикального круга (МО) – величину отсчета по вертикальному кругу теодолита при горизонтальном положении осей: визирной оси зрительной трубы и оси цилиндрического уровня на алидаде вертикального круга. В теодолитах ТЗ0 – 4ТЗ0П величина МО представляет угол между направлением радиуса отсчетного индекса И и диаметром лимба  $90$ – $270^{\circ}$ , установленным вертикально по цилиндрическому уровню (рисунок 4.7).

В зависимости от рабочего положения теодолита КП (см. рис. 5.3, *a*) или КЛ (см. рис. 5.3, *б*) угол наклона вычисляется по формулам

$$v = 180^{\circ} - \Pi + \text{МО}; \quad (4.2)$$

$$v = \text{Л} - \text{МО}, \quad (4.3)$$

где  $\Pi$  и  $\text{Л}$  – отсчеты по вертикальному кругу при визировании на точку  $M$  в положениях теодолита КП и КЛ.

Приравняв выражения (4.1) и (4.2), найдем

$$\text{МО} = (\text{Л} + \Pi - 180^{\circ}) / 2. \quad (4.4)$$

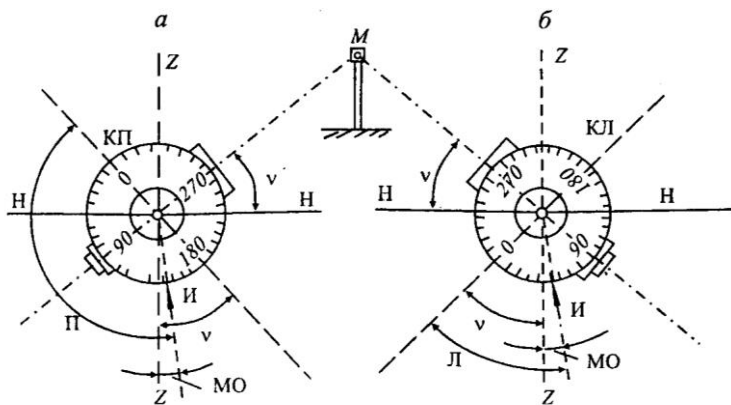


Рисунок 4.7. Измерение углов наклона

В хорошо отъюстированном теодолите МО близко или равно нулю. Если  $МО = 0^{\circ} 00'$ , то в положении теодолита КЛ отсчет Л по вертикальному кругу равен углу наклона  $v$ .

**Юстировка места нуля.** Если МО близко к нулю, то упрощаются вычисления углов наклона. Процедура юстировки рассмотрена в заводском описании теодолита, в учебных изданиях [4], [5] и др.

### 4.3. Геометрическое нивелирование, нивелиры

**Геометрическое нивелирование** – это измерение превышений относительно горизонтального луча геодезического прибора. Наиболее точно геометрическое нивелирование выполняется при помощи специальных приборов – нивелиров в комплекте с нивелирными рейками, предназначенными для измерения расстояния от горизонтального луча до точки, на которую поставлена рейка. Сущность геометрического нивелирования показана на рисунке 4.11.

**Виды нивелиров по устройству.** Различают нивелиры оптико-механические, лазерные и электронные (цифровые). Оптико-механические нивелиры наиболее просты и надежны в эксплуатации, их стоимость относительно невысока. Лазерные нивелиры обеспечивают фиксацию горизонтального луча по его видимому пятну на шкале рейки или на поверхности строительной конструкции. Электронные нивелиры характеризуются высокой автоматиза-

цией нивелирных работ с отображением их результатов на дисплее и с записью в карту памяти с последующей передачей на компьютер.

**Нивелиры, классы их точности.** Согласно последнему стандарту, принятому в России, приборы для геометрического нивелирования по точности подразделяются на нивелиры:

- высокоточные класса Н-05;
- точные класса Н-3;
- технические класса Н-10.

Технические характеристики таких нивелиров приведены в таблице 4.3. Цифра в обозначении нивелира указывает величину средней квадратической погрешности определения превышения на 1 км двойного хода (проложенного прямо и обратно). Ранее в России выпускались нивелиры, в обозначении которых указывался класс нивелирования, для которого они предназначены: Н1, Н2 – высокоточные для нивелирования I и II классов; Н3 – точные для нивелирования III и IV классов; НТ – технические.

*Таблица 4.3*

**Основные технические данные оптико-механических нивелиров классов точности, принятых в России**

Показатель	Класс точности		
	Н-05	Н-3	Н-10
Средняя квадратическая погрешность измерения превышения, мм			
на станции при расстояниях 2×100 м	±0,5	±3	±5
увеличение зрительной трубы, крат	44	30	20
коэффициент нитяного дальномера	100	100	100
цена деления уровней:			
цилиндрического, с	10	15	45
круглого, мин	10	10	10
масса, кг	7	2	2

В обозначениях (шифрах) российских нивелиров с компенсатором к цифре добавляется буква К, а нивелиров с горизонтальным угломерным кругом (лимбом) – буква Л. К обозначению усовершенствованного нивелира добавляется порядковый номер его модификации. Например, нивелир 3Н-3К представляет третье поколение (модификацию) нивелира Н-3КЛ. Шифр лазерного

нивелира – НЛ-30 (где 30 – погрешность горизонтирования лазерного луча в секундах).

Данные таблицы 4.3 следует использовать при сопоставлении с ними точности нивелиров, поступающих от западно-европейских и других фирм.

**Нивелирные рейки** изготавливаются в России под общими обозначениями РН-05, РН-3, РН-10 для нивелирования соответственно высокоточного (I и II классов), точного (III и IV классов) и технического. В рейках РН-05 (рисунок 4.8, *е*) высокоточная шкала нанесена на инварную полосу (инвар – металл с малым коэффициентом температурной деформации).

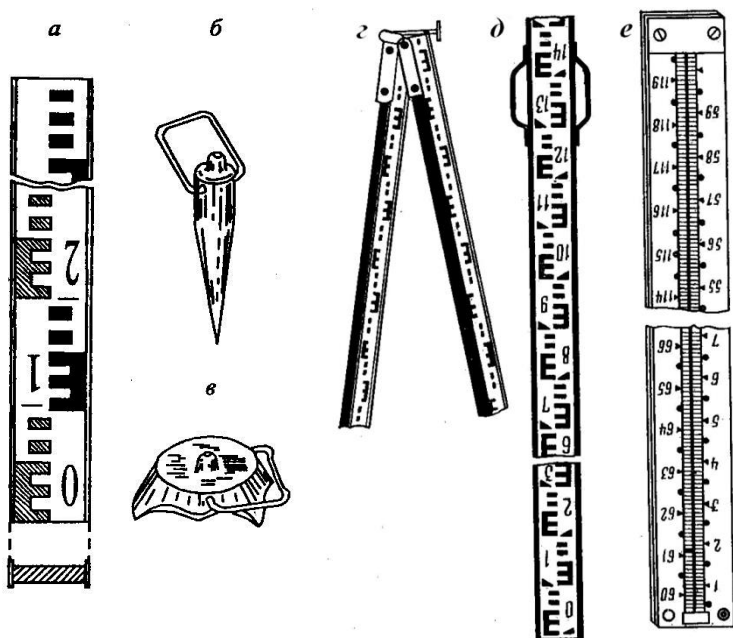


Рисунок 4.8. Нивелирные рейки и переносные нивелирные опоры:  
*а* – шашечные деления шкалы; *б* – костыль; *в* – башмак; *г, д* – рейка складная РНТ;  
*е* – рейка с инварной полосой для нивелирования I и II классов

В комплекте с цифровыми нивелирами применяются рейки с метрическими и штрих-кодowymi шкалами (рисунок 4.15, *б*). Все



рейки для высокоточного и точного нивелирования оснащены круглым уровнем для контроля их установки в вертикальное положение.

Рейки РН-3 (сплошные), РН-10 (складные), двутаврового поперечного сечения (рисунок 4.8, а, з, д) изготавливают из дерева. Их длина 3 м. Рейка РНР-3 (раздвижная), ее длина 4 м (2 + 2 м). На одной стороне рейки шашечная шкала сантиметровых делений (см. рисунок 4.8, а, д) нанесена красным цветом, на другой – черным. Нуль шкалы черной стороны совмещен с нижней плоскостью пятки рейки – стальной пластины, жестко закрепленной на рейке. На красной стороне рейки с нижней плоскостью пятки совмещена шкала начальным делением 4683 или 4783 мм (на других типах реек – иным делением).

В комплекте к нивелиру рейки РН-3 и РН-10 должны быть парными: у них с нижней плоскостью пятки совпадают одинаковые деления красной стороны.

Применяются также облегченные металлические (из сплава алюминия) рейки, составные и телескопические, их полная длина 3, 4 или 5 м. На одной стороне рейки нанесена шкала шашечных сантиметровых делений, на другой – шкала миллиметровых делений.

Перед началом работ *рейки компарируют*: их кладут горизонтально и с помощью специального контрольного метра измеряют длину дециметровых и метровых делений. Погрешность метровых делений допускается до 0,5 мм на рейках РН-3 и 1 мм на рейках РН-10. Погрешность дециметровых делений не должна превышать 0,5 мм. *Прямолинейность рейки* проверяется относительно натянутой на ней нити – величина прогиба (стрелы прогиба) допускается до 10 мм.

**Нивелирные башмаки и костыли.** При измерении превышений рейки ставят на устойчивые предметы: на нивелирные реперы, прочно вбитые в землю переносные костыли или устойчиво поставленные башмаки (рисунок 4.8, б, в) или же на колышки, другие неподвижные предметы.

**Оптико-механические нивелиры, их виды.** Такие нивелиры представлены двумя конструктивными видами:

- 1) нивелиры с цилиндрическим уровнем;
- 2) нивелиры с компенсатором малых наклонов прибора.

В рабочее положение нивелиры предварительно приводятся с помощью круглого уровня. В нивелирах с контактным цилиндриче-

ским уровнем при зрительной трубе для точного горизонтирования визирного луча перед снятием отсчета по рейке необходимо пузырьрек контактного уровня приводить в нуль-пункт элевационным винтом. В нивелирах с компенсатором визирный луч автоматически удерживается в горизонтальном положении при небольших наклонах прибора, установленного при помощи круглого уровня. Проверить работу компенсатора можно легким ударом по штативу – изображение предмета претерпит кратковременное колебание.

#### 4.4. Оптико-механические нивелиры.

**Схема оптико-механического нивелира с контактным цилиндрическим уровнем.** Зрительная труба и контактный цилиндрический уровень, закрепленный на ее корпусе (рисунок 4.9), могут вращаться в небольших пределах вокруг горизонтальной оси с помощью элевационного винта.

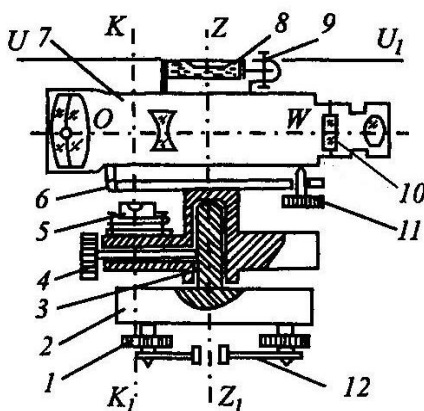


Рисунок 4.9. Схема оптико-механического нивелира с цилиндрическим уровнем: 1 – подъемный винт; 2 – подставка; 3 – ось; 4 – закрепительный винт; 5 – круглый уровень; 6 – горизонтальная ось наклона зрительной трубы; 7 – цилиндрический уровень; 8 – юстировочные винты цилиндрического уровня; 9 – юстировочные винты цилиндрического уровня; 10 – стеклянная пластинка визирной сетки; 11 – элевационный винт; 12 – пружинящая пластина трегера

Круглый уровень с ценой деления 5-8 угловых минут предназначен для приведения вертикальной оси  $ZZ_1$  нивелира в отвесное положение. Название «контактный уровень» обусловлено тем, что в

поле зрения трубы одновременно выведены изображения концов пузырька цилиндрического уровня (рисунок 4.9). В момент снятия отсчета по шкале рейки изображения концов цилиндрического уровня должны быть совмещены (находиться «в контакте») вращением элевационного винта.

**Оптико-механический нивелир с компенсатором.** Компенсатор малых наклонов зрительной трубы представляет собой оптический элемент, который автоматически удерживает линию визирования в горизонтальном положении с высокой точностью (1" и точнее), но предварительно нивелир горизонтируют по круглому уровню

**Отсчет по шкале нивелирной рейки РН-3 или РН-10** производится после приведения пузырька цилиндрического уровня в нуль-пункт (совмещения его концов, видимых в окуляре зрительной трубы согласно рисунку 4.10).

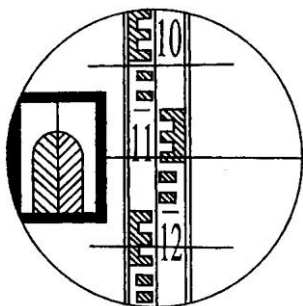


Рисунок 4.10 Отсчеты по шкале нивелирной рейки

В поле зрения трубы обратного изображения деления рейки отсчитываются сверху вниз, значения миллиметров (десятые доли сантиметрового шашечного деления) определяются на глаз. В нашем примере отсчеты по средней, верхней и нижней горизонтальным нитям сетки равны:  $a_c = 1146$  мм;  $a_v = 1055$  мм;  $a_n = 1231$  мм.

**Поверки и юстировки оптико-механических нивелиров.** Главным условием нивелира является горизонтальность визирного луча. Нивелиры, используемые на производстве, подлежат ежегодной метрологической аттестации в лаборатории государственной метрологической службы. Но в процессе эксплуатации может возникнуть нарушение главного условия нивелира. Поэтому прибор

необходимо периодически поверять, особенно после резких сотрясений, и исправлять (юстировать) в условиях стройплощадки.

При внешнем осмотре нивелира проверяют исправность круглого и цилиндрического уровней и их юстировочных винтов, плавность вращения зрительной трубы, работу ее винтов – наводящего, закрепительного и элевационного, фокусирование изображений визирной сетки, изображения концов пузырька цилиндрического уровня и шкалы рейки или предмета, действие подъемных винтов подставки. В штативе устраняют шатания (люфты) его деталей умеренной подтяжкой соответствующих болтов.

**Проверки оптико-механических нивелиров с цилиндрическим уровнем.** Технология проверок и необходимых юстировок в полевых условиях рассмотрена в заводском описании нивелира, а также в учебных изданиях [4], [5] и др. Нивелиры Н-1, Н-3, Н-10 и аналогичные, отвечающие схеме на рисунке 4.9, поверяются на следующие геометрические условия.

*Первая проверка: Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира, т.е.  $KK_1 \parallel ZZ_1$ .*

*Вторая проверка: Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна оси вращения нивелира  $ZZ_1$ .*

*Третья проверка (главная проверка).* Все виды нивелиров перед началом и в процессе разбивочных работ необходимо поверять на горизонтальность визирного луча согласно условию: *ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы, т.е.  $UU_1 \parallel WO$ .* Это условие поверяют разными способами двойного нивелирования. Рекомендуется способ по схеме на рисунке 4.11.

Между рейками *A* и *B* принимают расстояние  $d_1 + d_2 = 60 - 80$  м. На станции  $J_1$  нивелированием из середины по рейкам берутся отсчеты  $a_1$  и  $b_1$  и вычисляются превышение  $h_1 = a_1 - b_1$ . На станции  $J_2$  нивелир помещается на расстоянии  $d_3 = 4 - 5$  м от рейки *B*, по ней берется отсчет  $b_2$ .

Если нивелир исправен, то по дальней рейке *A* отсчет будет равен  $a_2 = (b_2 - h_1) \pm \Delta_h$ , где  $\Delta_h$  – допустимая погрешность отклонения визирного луча нивелира от горизонтального положения. Для нивелиров Н-3 принято  $\Delta_h = 3$  мм, для технических  $\Delta_h = 5$  мм на 100 м расстояния.

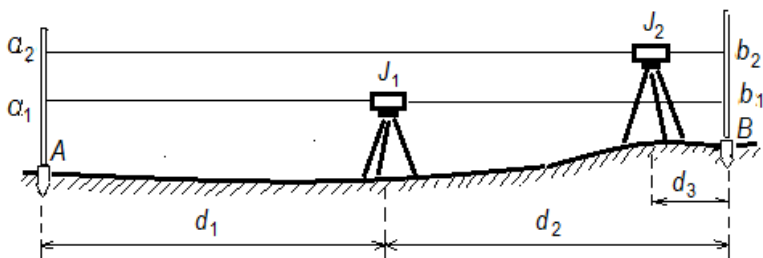


Рисунок 4.11. Проверка главного условия нивелира:  
 станция  $J_1$  – нивелир на равных расстояниях от реек  $A$  и  $B$ ;  
 станция  $J_2$  – нивелир вблизи рейки  $B$

При юстировке зрительную трубу наклоняют элевационным винтом до получения по дальней рейке вычисленного отсчета  $a_2$ , затем юстировочными винтами цилиндрического уровня его пузырек приводят в нуль-пункт. При необходимости выполняют второе приближение юстировки – на станции  $J_2$  берут отсчет  $b_2$  по рейке  $B$ , вычисляют новый отсчет  $a_2 = (b_2 - h_1)$  и уточняют юстировку уровня.

**Проверки нивелиров с компенсатором.** Нивелиры с компенсатором Н-3К, Н-10К и их модификации, а также нивелиры с компенсатором иной конструкции подвергаются проверкам 1 и 2 и соответствующим юстировкам так же, как и нивелиры с уровнем. Рассмотрим проверки компенсатора и главного условия нивелира.

**Проверка компенсатора:** *Линия визирования должна самоустанавливаться практически ровно в пределах работы компенсатора при различных направлениях наклона нивелира.* При проверке подъемными винтами подставки наклоняют нивелир вперед, назад, влево и вправо на угол, соответствующий отклонению пузырька от нуль-пункта на одно кольцевое деление. Каждый раз по рейке берут отсчет. В исправном нивелире отсчеты не должны изменяться больше чем на 1–2 мм. Компенсатор можно отъюстировать в геодезической мастерской (сервисном центре).

**Проверка главного условия нивелира с компенсатором:** *Линия визирования должна быть горизонтальна (в диапазоне работы компенсатора).* Нивелиры с одинаковой высотой линии визирования в окуляре и объективе зрительной трубы и нивелиры с перископичностью зрительной трубы следует проверять двойным нивелированием по схеме на рисунке 4.11.

**Исследование перефокусируемых колебаний визирной оси зрительной трубы** выполняют для всех типов нивелиров одинаково. На ровном участке местности по круговой дуге радиусом 50 м (рисунок 6.12) закрепляют кольшками 7–9 точек. Эти точки нивелируют один раз со станции  $J_1$  (из центра дуги) не меняя фокусировку зрительной трубы и определяют условные отметки  $H_i$  всех кольшков, приняв например для кольшка 1 отметку  $H_1 = 1000$  мм.

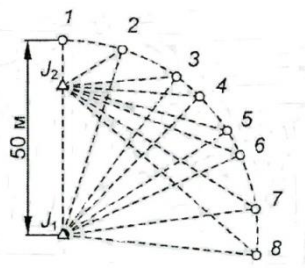


Рисунок 4.12. Схема нивелирования при проверке хода фокусирующей линзы

Второй раз нивелируют со станции  $J_2$ , расположенной в 3 – 4 м от точки 1, и аналогично вычисляют отметки кольшков  $H'_i$ . Если разности отметок  $\Delta_i = H'_i - H_i$  одних и тех же точек достигают 2–3 мм, то это указывает на недопустимые колебания визирной оси при перемещениях фокусирующей линзы и необходимость ремонта зрительной трубы.

**Погрешности технического нивелирования.** Приборные погрешности возникают вследствие неполной юстировки нивелира, ограниченной точности прибора и реек. Для ослабления их действия нивелирование производят способом из середины, превышение определяют дважды – по разностям отсчетов по черной и красной (основной и дополнительной) сторонам реек. Для уменьшения погрешностей нивелирования, вызываемых осадкой штатива, его необходимо устанавливать на устойчивом грунте. Рейки следует ставить на устойчивые предметы и удерживать отвесно: при наклоне рейки на угол  $\varepsilon$  отсчет  $a$  сопровождается односторонне действующей погрешностью  $+\Delta a = (a / \cos \varepsilon) - a$ .

Погрешности измерения превышений при техническом нивелировании на расстояниях до задней и передней реек до 10 – 50 м составляют 1–2 мм, а при расстояниях 130 – 150 м достигают 5 – 6 мм. Для поддержания требуемой точности нивелирных разбивочных

работ предельные расстояния от точного или технического нивелира до реек принимают 50 – 60 м и меньше.

#### 4.5. Тригонометрическое нивелирование

Тригонометрическое нивелирование между двумя пунктами  $A$  и  $B$  включает измерение расстояния  $D$  и угла наклона  $\nu$  между ними (рисунок 6.13) с последующим вычислением превышения  $h$  по тригонометрическим формулам.

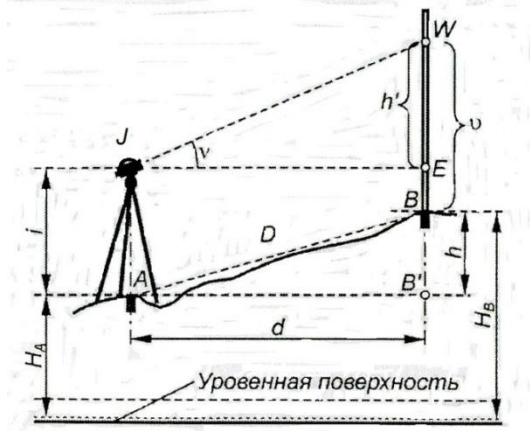


Рисунок 4.13. Тригонометрическое нивелирование

Над пунктом  $A$  ставят электронный тахеометр или теодолит, на пункт  $B$  – рейку или веху с призмой. На рейке отмечают точку визирования  $W$  и измеряют *высоту визирования*  $u$  (высоту вехи с призмой). Высота  $u$  – это превышение  $BW$ . Над пунктом  $A$  измеряют высоту прибора  $i$  (превышение  $AJ$ ). Измеряют угол наклона  $\nu$  линии  $JW$ . Наклонное расстояние  $JW = AB = D$  определяют светодальномером электронного тахеометра или оптическим дальномером теодолита.

Искомое превышение выдается на дисплей электронного тахеометра в соответствии с меню программ.

При измерениях теодолитом из треугольника  $JWE$  вычисляют неполное превышение  $EW = h'$ . Вертикальный отрезок  $WB' = h + u = h' + i$ , отсюда искомое полное превышение

$$h = h' + i - v, \quad (4.5)$$

При расстояниях  $D \geq 100$  м в определяемом превышении  $h$  учитывают поправку  $f$  на кривизну Земли и рефракцию, которую вычисляют по формуле (6.8), следовательно

$$h = h' + i - v + f \quad (\text{при } D \geq 100 \text{ м}). \quad (4.6)$$

Рассмотрим три возможных варианта тригонометрического нивелирования для расстояний  $D < 100$  м, когда  $f \approx 0$ .

1. Если известно горизонтальное проложение  $AB' = JE = d$ , то

$$h' = d \operatorname{tg} v \quad \text{и} \quad h = d \operatorname{tg} v + i - v. \quad (4.7)$$

2. Если наклонное расстояние  $D$  измерено нитяным дальномером теодолита, то горизонтальное проложение

$$h = (1/2)D \sin 2v + i - v. \quad (4.8)$$

3. Если при измерении углов наклона  $v$  визировать на рейку в точку  $W$ , отмеченную над ее пяткой на высоте прибора  $i$ , то в формулах (4.6), (4.7) и (4.8) слагаемые  $i = v$  (тогда  $i - v = 0$ ) и искомое полное превышение будет равно неполному превышению, т. е. соответственно:

$$h = D \sin v; \quad h = d \operatorname{tg} v; \quad h = (1/2)D \sin 2v. \quad (4.9)$$

При известной высоте (отметке)  $H_A$  точки  $A$  высоту точки  $B$  вычисляют по формуле (см. рис. 6. 13)

$$H_B = H_A + h. \quad (4.10)$$

**Тригонометрическое нивелирование без определения высоты прибора** (рис. 4.14) характеризуется повышенной точностью за счет устранения погрешности определения высоты прибора (для теодолита Т30  $\Delta_l \approx 5 - 10$  мм). На станции  $См. T$  тахеометром измеряют расстояния  $D_1 = TM$  и  $D_2 = TN$ , углы наклона  $v_1$  и  $v_2$ , при этом из-



вестны высоты наведения  $v_1$  и  $v_2$  (отсчеты по шкалам нивелирных реек), поставленных на пункты, закрепленные в земле.

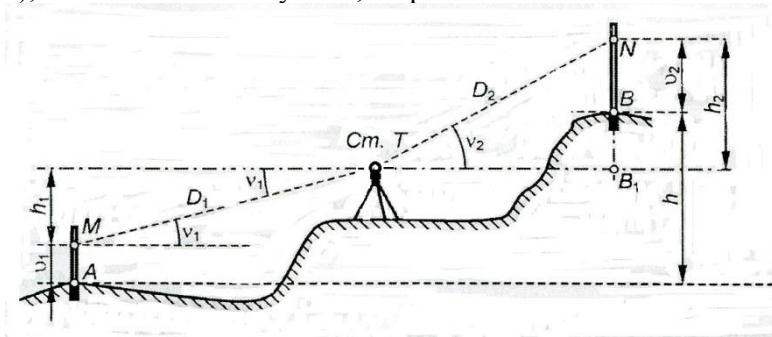


Рисунок 4.14. Тригонометрическое нивелирование без определения высоты прибора

Превышение между точками  $A$  и  $B$  вычисляют по формуле

$$h = v_1 + h_1 + h_2 - v_2 = v_1 + D_1 \sin v_1 + D_2 \sin v_2 - v_2. \quad (4.11)$$

Оценка погрешности превышения  $h$  в примере рисунка 6.13 рассчитывается по формуле

$$m_h \approx 2m_{\Delta v}^2 + 2(D \sin v)^2 m^2 v / (\rho'')^2. \quad (4.12)$$

**Учет вертикальной рефракции и кривизны Земли при тригонометрическом нивелировании** (как и при нивелировании геометрическом) в электронных тахеометров выполняется в соответствии с меню программ, а при работе с теодолитом соответствующие приближенные поправки в превышения рассчитываются по формуле

$$f = 0,42D^2 / R, \quad (4.13)$$

где  $D$  – расстояние визирования;  $R = 6371$  км – средний радиус фигуры Земли.

При  $D = 50, 100, 150, 200, 250, 300$  и  $1000$  м соответствующие поправки равны  $0,16; 0,7; 1,5; 2,6; 4; 6$  и  $67$  мм. Следовательно, при высотных разбивочных работах с допустимыми  $m_h = 2-3$  мм необходимо ограничивать длину лучей тригонометрического нивелиро-

вания, поскольку поправки  $f$  определяются с недостаточной надежностью.

#### 4.6. Сведения об электронных нивелирах и других видах нивелирования

Электронные нивелиры – это лазерные и кодовые нивелиры, укомплектованные соответствующими нивелирными рейками. Спутниковые геодезические приемники используются для спутникового нивелирования, Механические мини-нивелиры служат для выверки горизонтальности оборудования.

##### **Электронные приборы для определения превышений**

*Лазерные нивелиры* содержат оптический квантовый генератор (ОКГ), такой же используется в светодальномерах. Пучок лазерных лучей на выходе из ОКГ расходится приблизительно на 30" и для уменьшения угла расходимости светового пучка его фокусируют, пропуская через коллиматор. В качестве коллиматора можно использовать зрительную трубу геодезического прибора. Для приведения лазерного луча в горизонтальное положение применяют цилиндрический уровень или оптический компенсатор малых наклонов. При падении лазерного пучка на шкалу вертикально поставленной нивелирной рейки отсчет деления берут в центре светового пятна (визуальная регистрация). При автоматизированном нивелировании используют рейки с фотоэлектрическими ячейками.

В лазерных приборах, предназначенных для геометрического нивелирования на площади или в круговом секторе, лазерный пучок вращается в горизонтальной плоскости и на предметах распознается горизонтальная световая полоса (видимый след горизонтальной плоскости), точки которой можно фиксировать автоматически с помощью реек с фотоэлектрическими ячейками. Световую полосу распознают также визуально на рейках или на стенах сооружения или же подземной выработки и отмечают точки горизонта прибора.

При визуальной регистрации неподвижного лазерного пятна в солнечную погоду расстояние от прибора до рейки ограничивают до 100 и 200 м (в тени) и до 500–1000 м при фотоэлектрической регистрации с защитой рейки от прямых солнечных лучей. Точность нивелирования характеризуется погрешностями до 5 – 10 мм на расстояниях до 100 м.

**Цифровые (кодовые) нивелиры** обеспечивают значительную автоматизацию нивелирных работ. На рисунке 4.15, *а* показан электронный нивелир Sprinter фирмы Leica, предназначенный преимущественно для изыскательских, строительных и маркшейдерско-геодезических работ.

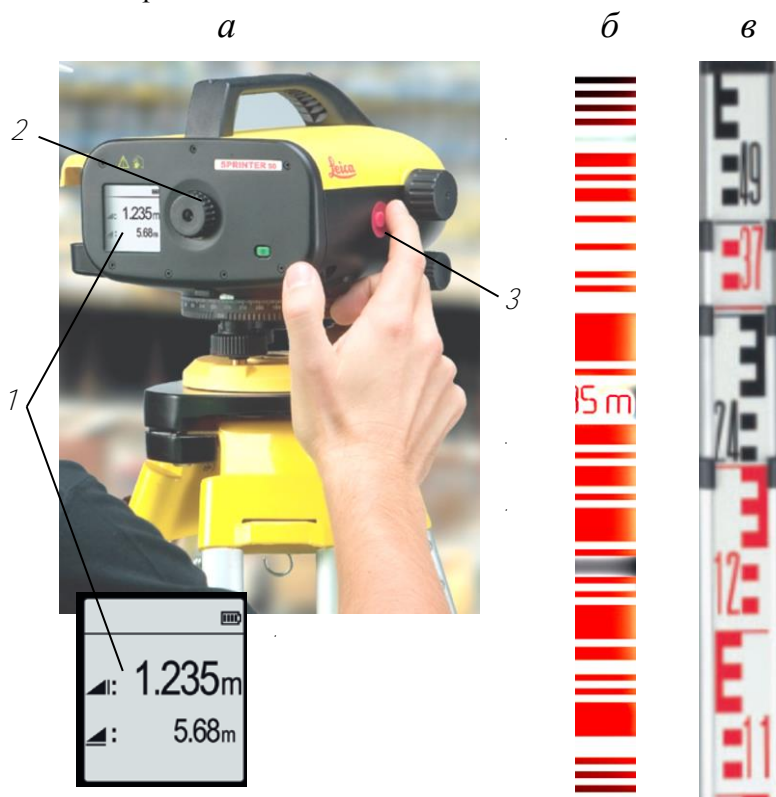


Рисунок 4.15. Электронный нивелир Sprinter фирмы Leica:

*а* – нивелир; *б, в* – телескопическая четырехсекционная нивелирная рейка длиной 5 м (*б* – фрагмент кодовой шкалы; *в* – фрагмент метрической шкалы на обратной стороне); *1* – дисплей; *2* – окуляр зрительной трубы; *3* – кнопка пуска электронной схемы; (показания результатов измерений на дисплее: отсчет по кодовой шкале рейки 1,235 м, расстояние до рейки 5,68 м)

В комплекте с ним используются нивелирные рейки, на одной стороне которых нанесена штрих-кодовая шкала (рисунок 4.15, *б*) для электронных измерений, на обратной – метрическая шкала (ри-

сунок 4.15, в) для оптических измерений. Зрительную трубу последовательно наводят на заднюю и переднюю рейки, каждый раз нажимают кнопку 3 – “Отсчет”. Положение линии визирования относительно штрихов кодовой шкалы обрабатывается в приемном электронно-вычислительном модуле с точностью до 0,1 мм. Значения отсчетов выводятся на дисплей и записываются в оперативную память.

Электронные нивелиры модели Sprinter характеризуются максимальной простотой управления процессом кодовых отсчетов по рейке (нажимается всего одна кнопка 3), обладают высокой скоростью самоустановки линии визирования и электронных отсчетов по кодовой шкале рейки (менее 3 с). Основные технические характеристики названных приборов следующие:

- Погрешности нивелирования в кодовом режиме двойным ходом – 2 мм на 1 км (модель 100) или 1,5 мм на 1 км (модель 200).
- Диапазон работы компенсатора малых наклонов –  $\pm 10'$ ; точность самоустановки линии визирования 0,8".
- Автоматическое устранение погрешности, вызываемой несоблюдением главного условия, определенной в результате выполнения главной поверки.
- Автоматическое отключение блока измерений при негоризонтированном приборе.
  - Измерение расстояний от 2 м до 80 м с точностью 0,01 м.
  - Память на 500 измерений (у моделей М).
  - Автоматическое распознавание перевернутой рейки.
  - Настройка единиц измерения.
  - Пыле и влагозащита (защита от струй воды).
  - Масса с батарейками 2,5 кг.

Цифровой нивелир DiNi 12 обеспечивает более высокие точность и автоматизацию нивелирных работ. Диапазон работы компенсатора составляет 15'; точность автоматической установки в горизонтальное положение линии визирования достигает 0,2 – 0,5".

Отсчеты по кодовой шкале нивелирной рейки берутся автоматически; погрешность измерения превышения на отдельной станции составляет 0,03 – 0,05 мм или  $\approx 1$  мм на 1 км двойного хода. В оптическом режиме отсчеты берутся визуально по метрической шкале обратной стороны рейки. Точность измерения расстояний до рейки составляет около 10 мм, горизонтальных углов – 5". В блок

памяти нивелира вводят информацию об отметках начального и конечного пунктов нивелирного хода, на каждой станции вводят ее номер, обозначения ее точек и другие данные. Данные измерений от встроенной памяти впоследствии передаются компьютеру.

Цифровые нивелиры DNA03 фирмы Leica предназначены для нивелирования I и II класса (погрешность превышения на 1 км двойного хода 0,3 мм). Приборы оснащены маятниковым компенсатором, электронно-вычислительным блоком, в котором обрабатываются текущие результаты нивелирования. Набор встроенных программ включает: фиксирование отсчетов по рейкам и определение расстояний до них; вычисление превышений и отметок; высотную привязку нивелирного хода к реперам; обработку нивелирного хода с набором промежуточных пикетных точек и вычислением их высот и др. Результаты текущих измерений (отсчет по рейке, горизонтальное расстояние до нее, превышение, горизонт прибора, отметка точки) отображаются на дисплее блока, и одновременно записываются в карту памяти.

Нивелир можно использовать в режиме оптических измерений с метрическими рейками (при этом погрешность суммарного превышения составляет 2 мм на 1 км двойного хода). Цифровой нивелир DNA10 предназначен для инженерно-технических работ с высокой точностью (погрешность измерения превышения 1–1,5 мм на 1 км двойного хода). Прибор обладает описанными выше функциональными возможностями.

**Спутниковое нивелирование** кратко рассмотрено в п. 4.7 и более подробно в учебнике [6]. Для производства этого вида работ в меню GPS-приемника необходимо выбрать (ввести) параметры геоида, служащего уровенной поверхностью. По результатам приема сигналов от навигационных спутников определяются высоты точек, над которыми устанавливают антенну такого приемника. По разности высот вычисляют превышения между точками.

**Радиолокационное нивелирование** производят с самолета при постоянной высоте полета. Радиовысотомером или сканирующим светодальномером измеряют вертикальные расстояния до земной поверхности, а по их разностям определяют превышения: радиовысотомером – с точностью до 1 м; сканирующим светодальномером – с погрешностью 0,1–0,3 м, обусловленной погрешностями определения высоты самолета и неровностями поверхности земли.

**Сканерное нивелирование** – это составляющая сканерной съемки местности относительно постоянной опорной точки на земле или в движении, например, с самолета. Сканирование местности включает излучение светодальномером сканера направленных прерывистых электромагнитных сигналов и прием отраженных сигналов, компьютерную обработку полученных координат сканированных точек и создание цифровой модели местности, формирование ее картографического отображения, получение числовых характеристик рельефа и объектов (высот, превышений, профилей и др.). Точность метода зависит от дальности объекта съемки и условий съемки (с самолета, с наземной опоры) и характеризуется дециметрами (съемка с самолета) или несколькими миллиметрами погрешностей высот (съемка с наземной опоры при расстояниях до точек не более 300 м).

**Физические методы нивелирования.** Данные методы основаны на использовании определенных физических явлений – это нивелирование гидростатическое и барометрическое.

**Гидростатический нивелир** действует по принципу сообщающихся сосудов и состоит из двух или нескольких измерительных сосудов в виде стеклянных или пластмассовых трубок, соединенных шлангами или металлическими трубками. Измерительные сосуды снабжены подставками и шкалами миллиметровых делений. Система заполнена жидкостью, например дистиллированной водой. В сосудах поверхность жидкости устанавливается на одной уровенной поверхности. Разность высот подставок сосудов определяется разностью отсчетов уровня жидкости по шкалам. Точность такой системы ограничена до 3–5 мм на расстояниях до 50 м местными отклонениями атмосферного давления и неравенством температуры жидкости. Для изоляции системы гидронивелира от воздействий неоднородностей атмосферного давления измерительные сосуды соединяют по верху вторым шлангом. Отсчеты уровня жидкости выполняют при помощи электроконтактного микрометра и превышение определяют с погрешностью до 0,03 – 0,1 мм.

При **барометрическом нивелировании** барометром измеряют атмосферное давление в нескольких точках и по разности давлений вычисляют превышения. Наиболее точные барометрические нивелиры характеризуются погрешностью 0,3 – 0,5 м. Их можно исполь-

зовать при предварительных ускоренных изысканиях высотного положения поверхностных залежей строительных материалов.

**Механические мини-нивелиры.** Механические мини-нивелиры применяются для установки в проектное положение элементов промышленного оборудования или высокоточного последовательного измерения малых превышений на поверхности конструкций. Прибор (рисунок 4.16) может быть изготовлен в виде жесткого коробчатого стержня длиной до 1–1,5 м, снабженного точным цилиндрическим уровнем и вертикальными концевыми опорами.

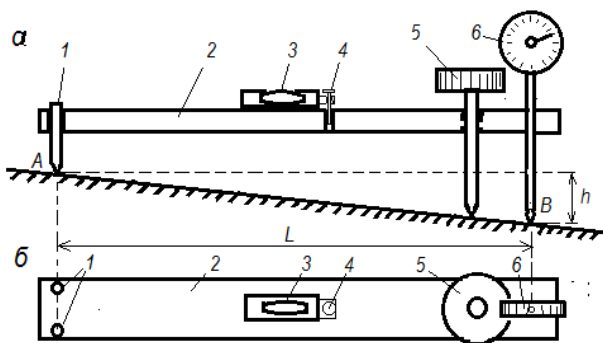


Рисунок 4.16. Механический мини-нивелир:

*a* – вертикальный разрез» *b* – план; (1 – два фиксированных упора; 2 – коробчатый корпус-штанга; 3 – цилиндрический уровень; 4 – юстировочный винт; 5 – подвижный вращаемый упор; 6 – индикатор перемещений часового типа; *L* – база мини-нивелира; *h* – измеряемое превышение)

В подвижную концевую опору стержня следует вмонтировать механический индикатор перемещений. Прибор устанавливают на поверхность контролируемой конструкции или монтируемого агрегата и, вращая винт подвижной опоры, приводят пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт. Берут отсчет *a* по индикатору перемещений, вычисляют превышение между точками опирания прибора  $h = a - a_0$ , где  $a_0$  – отсчет по индикатору при горизонтальном положении концевых опор. Погрешность определения отдельного превышения составляет 0,02–0,05 мм. Пузырек цилиндрического уровня 3 должен находиться в нуль-пункте при горизонтальном положении опорных точек *A* и *B*.

Значение отсчета  $a_0$  определяют нивелированием точек *A* и *B* (см. рисунок 4.16) сначала в направлении *AB*, затем, переставив

устройство на  $180^\circ$ , – в направлении *ВА*. По полученным отсчетам  $a_1$  и  $a_2$  вычисляют  $a_0 = (a_1 + a_2)/2$ . Величину  $a_0$  находят 2-3 раза.

#### **4.7. Краткие сведения о спутниковых приборах и их применении в строительстве**

Общие технические сведения о спутниковых методах и приборах определения координат наземных точек приведены в учебнике [6]. В настоящем пункте дано краткое их описание с учетом показателей точности, обеспечивающих их эффективное применение в строительстве: при топографо-геодезических изысканиях, создании разбивочной основы стройплощадки, строительстве высотных зданий, выносе в натуру осей линейных сооружений, мониторинге перемещений и деформаций инженерных сооружений и др.

**Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС).** В Соединенных Штатах Америки действует ГНСС – глобальная спутниковая система определения координат GPS (джи-пи-эс) – сокращение названия Global Positioning System (глобальная система позиционирования). Спутники GPS в количестве, не меньшем 24 единицы, размещены в шести орбитальных плоскостях, наклоненных относительно плоскости экватора на  $55^\circ$ , высота над поверхностью Земли около 20 150 км.

В России создана аналогичная система ГЛОНАСС (ГЛОбальная Навигационная Спутниковая Система) из 24 спутников, из них 3 резервных, все вращаются на средней высоте 19100 км над геоидом.

После завершения создания европейской ГНСС «Galileo» (27 спутников рабочих, 3 резервных) общая космическая группировка навигационных спутников достигнет 80 единиц, возрастут быстрота и точность определений координат с помощью средств, способных принимать и обрабатывать сигналы всех трех спутниковых систем.

**Сущность и точность спутниковых методов измерений расстояний.** Измерения расстояний между приемником и спутниками, а также наземные расстояния между GPS-приемниками основаны на использовании кодовых и фазовых сигналов, излучаемых спутниками.

*Фазовые измерения* расстояний базируются на определении целого числа  $N$  радиоволн длиной  $\lambda$  между отдельным спутником и



приемником, и измерении дробной части волны  $\Delta\lambda$ , которую находят по разности фаз  $\Delta\varphi$  излученной и принятой несущей частоты, исходя из соотношения  $\Delta\lambda / \lambda = \Delta\varphi^\circ / 360^\circ$ , т. е.  $\Delta\lambda = \lambda (\Delta\varphi^\circ / 360^\circ)$ . При этом искомое расстояние

$$S_\Phi = (N + \Delta\varphi^\circ / 360^\circ)\lambda + \delta R, \quad (4.14)$$

где  $\delta R$  – суммарная поправка, учитывающая влияние тропосферы, ионосферы, погрешностей мгновенных координат спутника, несовпадения хода часов спутника и приемника, инструментальных погрешностей, релятивистских эффектов и др. Число  $N$  определяется по данным приема сигналов от нескольких спутников.

**Относительное позиционирование, его точность.** Относительное позиционирование состоит в том, что один из наземных приемников (базовый приемник) устанавливают на пункте геодезической сети с известными координатами (базовом пункте). Такие постоянно действующие пункты расположены в ряде городов, например, в Минске. Количество базовых станций постепенно возрастает. Мобильные приемники (роверы) центрируют своей антенной над пунктами, координаты которых требуется определить.

Все приемники одновременно принимают сигналы с видимых спутников. При ограниченных до 30 км расстояниях между базовым и мобильными приемниками все основные погрешности  $\delta R$  непосредственного позиционирования, входящие в формулу (4.14), оказываются практически равными на территории приема сигналов и соответственно исключаются из разностей фаз гармонических волновых сигналов от спутников, принятых базовым и мобильными приемниками. В результате такой схемы приема сигналов искомые координаты мобильных приемников определяются относительно базового пункта с достижимой точностью, указанной в таблице 4.4.

При расстояниях  $D$  в км относительно базовой станции наиболее точные GPS-приемники в режиме статика с последующей постобработкой сигналов со спутников дают возможность определить наземные:

- расстояния с погрешностью  $\Delta D = 3 \text{ мм} + D(1 \div 2)10^{-6} \text{ мм}$ ;
- превышения в 2 раза менее точно, т. е.  
 $\Delta H = 6 \text{ мм} + D(2 \div 4) 10^{-6} \text{ мм}$ ;

Например, при  $D = 1$  км получаем абсолютную погрешность расстояния  $\Delta D = 4$  мм, превышения  $\Delta H = 6$  мм

Таблица 4.4

**Достижимая точность определения координат при различных режимах спутникового позиционирования**

Название режима позиционирования	Характеристики режима позиционирования мобильным приемником (ровером) относительно базовой станции	Достижимая точность плановых координат ровера Мм
Статика	Наблюдения 5-6 спутников в течение от 40 минут до нескольких часов, базисные линии длиной $D$ до 30 км, Компьютерная пост-обработка данных позиционирования	$\pm(3 + 1 \times 10^{-6}D)$
Быстрая Статика	Малое время наблюдения 5-6 спутников (от 5 до 30 мин.), короткие базисные линии ( $D$ менее 10 км)	$\pm(5 + 1 \times 10^{-6}D)$
Стой-иди	Остановки на 1 – 2 минуты на определяемых пунктах	$\pm(10 + 2 \times 10^{-6}D)$

**Спутниковые геодезические приемники.** В Беларуси используют геодезические приемники фирм США, Германии, Швейцарии (TRIMBLE, Leica и др.). На рисунке 4.17, *a* показан полевой GPS-приемник LEICA SR20, обеспечивающий в режиме «статика» измерения базовых линий с погрешностью от 5 до 10 мм +  $2 \times 10^{-6}D$ .

GPS-приемники системы TRIMBLE 5700 и TRIMBLE R7 снабжены высокоточными антеннами (рисунок 4.17, *б*), которые отсекают сигналы, отраженные от местных предметов, за счет этого соответственно повышается надежность позиционирования на застроенной и лесной территории. Все электронные модули данной системы могут быть связаны радиосвязью (посредством радиомодемных устройств), отменяющей кабельные соединения и поэтому упрощающей управление системой.

Программное обеспечение GPS-приборов включает полный набор программ по определению систем координат и трансформирова-

нию координат из одной системы в другую, в частности геоцентрических координат WGS-84 и ПЗ-90 в проекцию Гаусса-Крюгера или в местную систему координат (систему координат строительной площадки).

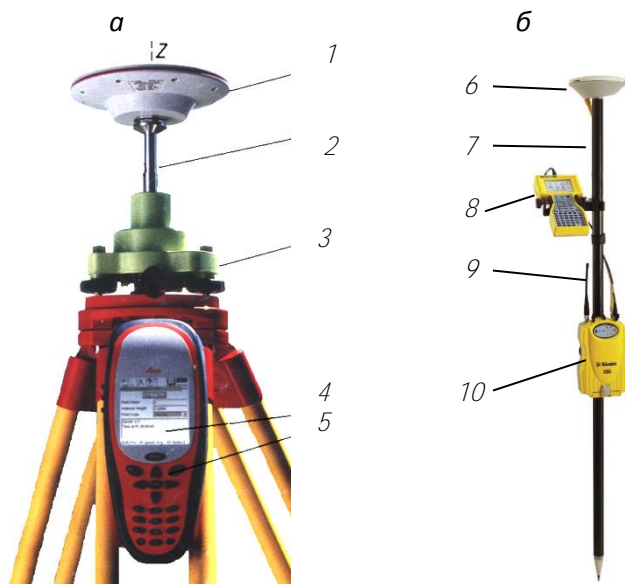


Рисунок 4.17. GPS-приемники:  
*a* – LEICA SR20 (1 – корпус антенного модуля; 2 – выдвигаемая (телескопическая) штанга; 3 – подставка; 4, 5 – дисплей и клавиатура процессора; Z – вертикальная ось приемной части); *б* – GPS-приемник системы TRIMBLE 5700 и TRIMBLE R7 (6 – высокоточная антенна; 7 – опора; 8 – процессор; 9 – антенна радиомодема; 10 – радиомодем)

## 5. ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ОСНОВА РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

### 5.1. Виды плановой геодезической основы для строительства

В общем случае местоположение объекта строительства бывает определено: а) в государственной или в городской (местной) системе плановых прямоугольных координат и государственной (балтийской) системе высот; б) в плановых и высотных координатах стройплощадки.

Внешняя плановая геодезическая основа для строительства может быть представлена:

- городской геодезической сетью пунктов триангуляции, полигонометрии, линейно-угловых ходов, созданных при помощи электронных тахеометров или теодолитными ходами;
- строительной геодезической сеткой на территории возведения крупных промышленных предприятий;
- отдельными линейно-угловыми ходами, полученными посредством электронных тахеометров или теодолитными ходами для выноса в натуру осей отдельных зданий или сооружений линейного вида;
- внешними пунктами закрепления разбивочных осей зданий и сооружений.

Создание геодезической основы, так же как и выполнение всего комплекса геодезических разбивочных работ, ведется в соответствии с заранее разработанным проектом производства геодезических работ (ППГР) на строительной площадке.

**Строительные оси зданий и сооружений.** В плане геометрической основой объекта строительства служат его оси: главные, основные и дополнительные.

*Главные оси* – это оси симметрии здания, сооружения. Такие оси используют для строительства объектов большой площади и сложной конфигурации (см. примеры на рисунках 5.1 и 5.2).

*Основные оси* образуют внешний контур здания (его габариты) и характерны для объектов промышленного и гражданского строительства.

*Дополнительные оси* чаще бывают промежуточными, а иногда внешними, и служат геометрической основой монтажа внутренних и соответственно наружных конструкций здания, сооружения.

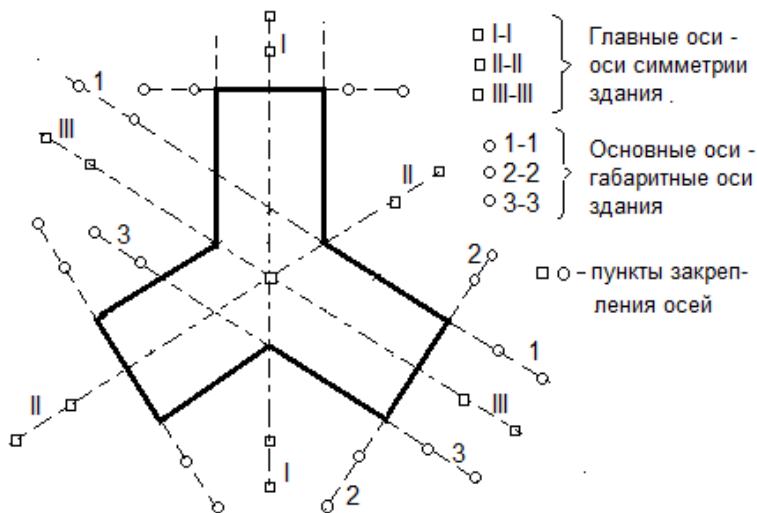


Рисунок 5.1. Главные и основные оси здания сложной геометрии в плане

Вынос в натуру здания или сооружения согласно проекту осуществляют выносом его главных или основных осей относительно пунктов плановой геодезической основы стройплощадки.

Закрепленные вне объекта осевые точки представляют **внешнюю геодезическую основу здания или сооружения**.

Относительно главных и основных осей производят разбивку дополнительных (промежуточных) осей.

Главные, основные, промежуточные и дополнительные оси служат для выноса на контур объекта и внутрь его знаков, которыми закрепляют разбивочные оси внутри здания на монтажных горизонтах. Такие знаки представляют **внутреннюю геодезическую основу здания или сооружения**.

Общая структура плановой геодезической разбивочной основы для строительства отвечает последовательности ее создания и включает:

- геодезическую основу территории;

- плановую геодезическую основу стройплощадки;
- внешнюю геодезическую основу здания или сооружения;
- внутреннюю геодезическую основу здания или сооружения.

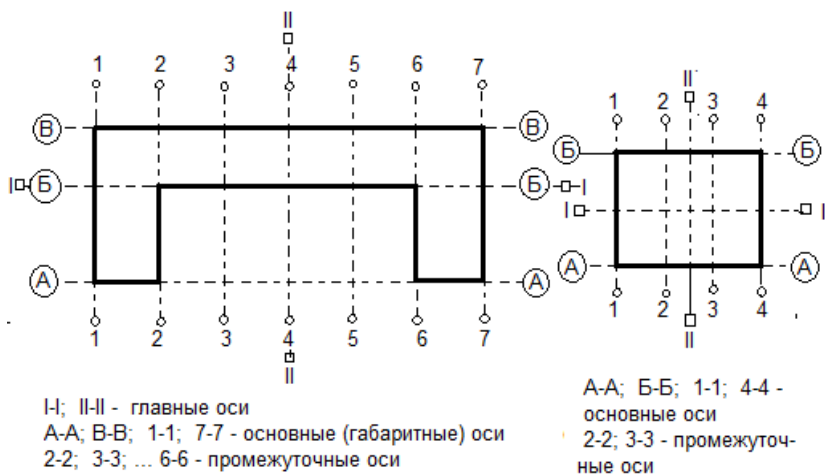


Рисунок 5.2. Главные, основные и дополнительные (промежуточные) оси зданий прямоугольной в плане формы

**Пункты (знаки) плановой геодезической разбивочной основы** частично описаны в СНБ 1.02.01-96 Инженерные изыскания для строительства [4], примеры иных знаков, рекомендованных ТКП [1], показаны на рисунке 5.3.

**Высотная геодезическая основа стройплощадки** состоит из сети устойчивых высотных геодезических знаков (реперов). Высотными знаками служат устойчивые грунтовые пункты внешней геодезической сети, плановой основы стройплощадки, стенные и грунтовые реперы. Количество высотных знаков принимают из условия, чтобы при строительных высотных разбивках длина визирного луча нивелира не превышала 50-60 м. В случаях высотных разбивок при помощи точных электронных тахеометров ( $m_v \leq 3''$ ) длину визирного луча допускают до 100 м.

Отметки высотных знаков определяются с точностью нивелирования III, IV классов и технического.

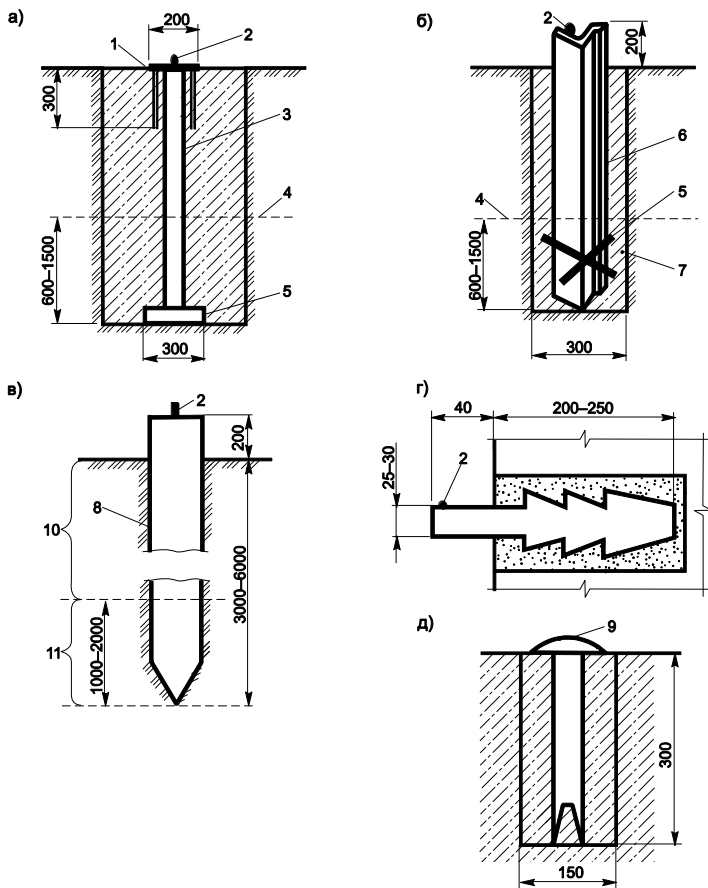


Рисунок 5.3. Схемы знаков:

а, б – для зоны сезонного промерзания; в – для закладки ниже зоны рыхлых грунтов; г – для заложения в капитальные сооружения; д – для заложения в бетонные плиты перекрытия; (1 – пластина 200×200 мм; 2 – выступ координатный; 3 – металлическая труба диаметром 50–70 мм; 4 – граница промерзания грунтов; 5 – якорь; 6 – рельс; 7 – скважина под бур; 8 – свая; 9 – сферическая поверхность; 10 – толщина рыхлых грунтов; 11 – глубина погружения сваи в устойчивые грунты

**При создании геодезической основы** на строительной площадке устанавливают опорные плановые и планово-высотные геодезические пункты. Конкретные места пунктов выбирают по согласованию с технологическим планом строительства с таким расчетом,

чтобы обеспечить сохранность пунктов и их устойчивость при вертикальной планировке территории, в процессе производства строительных работ, защитить от вспомогательных построек, складирования стройматериалов и сохранить условия для беспрепятственного выполнения геодезических работ.

**Выбор места для осевых геодезических знаков.** Главные и основные оси зданий за их пределами можно закреплять знаками внешней разбивочной основы (см. рисунок 5.3, *а, б, в*) в виде отрезка рельса или трубы, снабженных якорем и заложённых в грунт, вбитых в землю металлических штырей, деревянных кольев с гвоздем в торце, специальных марок на капитальных зданиях.

Осевые знаки внешней основы следует закреплять относительно контура объекта не ближе его полуторной высоты объекта в местах, свободных от размещения временных и постоянных подземных и надземных сооружений, складирования строительных материалов и т.д. Место закрепления знака должно быть удобным для установки над знаком геодезических приборов и ведения наблюдений.

**П р и м е ч а н и е.** В стесненных условиях стройплощадки уже в начальный период строительства нередко невозможно обеспечивать сохранность осевых знаков внешней разбивочной основы, заложённых в грунт или в ближайшие сооружения. Надобность в таких знаках отпадает, если разбивочные работы выполняются электронным тахеометром относительно свободно выбранных точек по методике, рассмотренной в пунктах 5.4 и 6.3.4.

**Точность выноса в натуру пунктов внешней геодезической основы** здания или сооружения (т. е. точек одной из его главных или основных осей) определяется условиями проектирования застройки. Проектное положение объекта может быть определено графически по генплану стройплощадки, но может быть задано координатами точек его осей.

Точность выноса точек оси отдельного сооружения в натуру в плане по графическим данным генплана составляет в среднем величину

$$m_{xy} \approx \delta M, \quad (5.1)$$

где  $\delta \approx 0,5$  мм – средняя квадратическая погрешность определения расстояния по плану;  $M$  – знаменатель масштаба плана.



Если масштаб генплана равен 1 : 500, то погрешность выноса осевых точек в натуру в среднем равна  $\delta_{xy} \approx 0,25$  м.

Рассмотренное малое смещение объекта в плане на территории населенного пункта и промышленного предприятия, как правило, не нарушает реализацию генерального плана застройки.

Сначала выносят в натуру одну из главных или одну из основных осей здания, сооружения. Относительно нее разбивают остальные оси геометрической основы здания или сооружения с минимальными погрешностями взаимного положения в плане (1-5 мм), обусловленными нормативными документами или заданными в ППГР на конкретный объект.

**Общие требования к точности геодезических измерений при построении разбивочной сети строительной площадки** приведены в таблице 5.1.

*Таблица 5.1.*

**Требования к точности геодезических измерений при построении разбивочной сети строительной площадки**

Характеристика объектов строительства	Величины средних квадратических погрешностей измерения при построениях разбивочной сети строительной площадки		
	углов, с	линий	превышений на 1 км, мм
1. Предприятия и группы зданий (сооружений) на участках площадью более 1 км <sup>2</sup> ; отдельно стоящие здания (сооружения) с площадью застройки более 100 тыс. м <sup>2</sup>	3	1/25 000	4
2. Предприятия и группы зданий (сооружений) на участках площадью менее 1 км <sup>2</sup> ; отдельно стоящие здания (сооружения) с площадью застройки от 10 до 100 тыс. м <sup>2</sup>	5	1/10 000	6
3. Отдельно стоящие здания (сооружения) с площадью застройки менее 10 тыс. м <sup>2</sup> ; дороги, инженерные сети в пределах, застраиваемых территорий	10	1/5 000	10
4. Дороги, инженерные сети вне застраиваемых территорий; земляные сооружения, в том числе вертикальная планировка	30	1/2 000	15

*Линейные измерения* следует производить с погрешностями, не превышающими 1 – 3 мм, при помощи стальных компарированных рулеток, светодальномеров (лазерных рулеток), электронных тахеометров.

*Угловые измерения* выполняют с погрешностями не грубее 3-5" теодолитами 2Т2, 2Т5 или электронными тахеометрами.

При разбивке прямоугольных осей зданий длиной до 100 – 120 м используют также теодолиты класса Т30.

Современные технологии построения геодезической основы стройплощадки посредством электронных тахеометров обеспечивают нормы точности, указанные в таблице 5.1, при этом места закрепления плановых пунктов для разбивки осей объекта могут выбираться в точках, свободных для установки прибора.

По окончании разбивочных работ по выносу в натуру главных и основных осей здания должны составляться акты разбивки осей и исполнительный разбивочный чертеж.

**Внешняя геодезическая основа сооружения** служит на начальном этапе для выполнения строительных работ *нулевого цикла* – инженерной подготовки строительной площадки, устройства котлована, затем искусственного основания и фундаментов. В процессе этого цикла здание или сооружение возводится до горизонтальной поверхности, отметку которой называют *строительным нулем*. От него ведется разбивка сооружения по высоте для выполнения *основного цикла* строительно-монтажных работ. На уровень строительного нуля производят вынос основных и промежуточных осей объекта.

Положение пунктов высотной геодезической основы разбивочных работ определяют отметками (высотами) *H*. Привязка к геодезической основе, созданной в процессе инженерных изысканий, обеспечивает возможность определения отметок пунктов в системе высот, принятой для картографирования РБ. После выноса опорных точек фундаментов сооружения в натуру на проектную высоту переходят к рабочим строительным отметкам и счет их ведут от строительного нуля.

**Для строительства уникальных сооружений**, требующих высокой точности производства разбивочных работ, создают специальные разбивочные сети, а требования к точности разбивочных измерений обосновываются расчетами.

**В промышленном и гражданском строительстве** требования к точности разбивочной основы стройплощадки сгруппированы согласно характеристикам объектов, приведенным в таблице 5.1.

**Высотные разбивочные сети** создают ходами нивелирования II, III, IV классов, а также ходами геометрического или тригонометрического нивелирования.

**Оформляемые документы.** Чертеж разбивочной сети строительной площадки составляют в масштабе генерального плана. К нему прилагают:

- данные о точности построения разбивочной сети с учетом существующих пунктов геодезической сети и требований строительных норм и правил, государственных стандартов
- описание типов центров геодезических пунктов и методики их заложения.

## **5.2. Строительная геодезическая сетка и вынос в натуру осей объектов**

Плановую геодезическую основу большой стройплощадки промышленного предприятия, группы жилых и гражданских зданий создают в виде прямоугольной координатной строительной геодезической сетки по схеме на рисунке 5.4. Оси  $X$  и  $Y$  сетки расположены параллельно основным осям производственных зданий и технологических линий. Строительную сетку проектируют на генплане стройплощадки и графически определяют государственные или местные координаты угловых точек сетки  $P$  и  $D$ . В зависимости от назначения строительную сетку строят из основных и дополнительных фигур. Стороны основных фигур принимают длиной 50, 100, 200 или 400 м.

Приняв точку  $P$  за начальную и зная точные значения размеров фигур сетки, аналитически рассчитывают координаты ее угловых точек  $K$ ,  $C$  и  $D$ . Указанные точки выносят в натуру при помощи GPS-аппаратуры относительно базовой GPS-станции.

Традиционный способ выноса показан на рисунке 5.4. Точки сетки выносятся относительно пунктов  $F$ ,  $R$ ,  $Q$ ,  $N$  государственной или городской геодезической сети полярным способом или иным на основе разбивочных чертежей, составленных согласно расчетам по формулам обратной геодезической задачи (см. пункт 5.3).

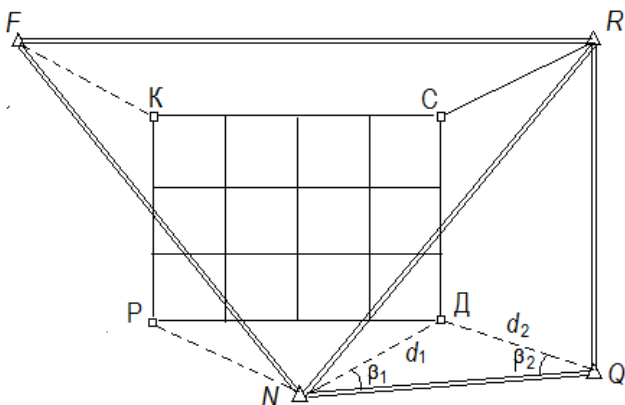


Рисунок 5.4. Одна из схем выноса в натуру проекта строительной сетки

Местоположение остальных вершин строительной сетки по ее внешнему контуру определяют различными способами, например створным. Зрительной трубой теодолита (или электронного тахеометра) задают направления РК и РД и в их створе с помощью металлической рулетки (или светодальномера, электронного тахеометра) находят место промежуточных вершин. Закрепив вершины по контуру сетки, переходят к разбивке внутренних ее вершин.

Вершины сетки закрепляют сначала временными знаками (кольями с гвоздем), затем их заменяют устойчивыми постоянными знаками (выполненными из труб или железобетонных пилонов) с металлической пластинкой в верхнем торце. На пластинке отмечают временный центр. По знакам прокладывают полигонометрические ходы, уравнивают их и вычисляют координаты  $x_v$  и  $y_v$  временных центров. Для перенесения (редуцирования) временных центров в проектное положение с координатами  $x_n$  и  $y_n$  вычисляют величины редукции вдоль осей сетки  $\Delta x = x_n - x_v$  и  $\Delta y = y_n - y_v$ . С помощью линейки на пластинке находят место проектного центра и обозначают его углублением (керном или дрелью). Точность сетки проверяют измерениями углов и длины ее сторон. Общие сведения о допустимых погрешностях углов и длины сторон строительной сетки указаны в таблице 4.1, п.1, п.2, п.3.

**На незастроенной городской территории для строительства жилых и гражданских зданий опорные точки сетки выносят в проектное положение при помощи GPS-аппаратуры или же тради-**

ционно – от местных предметов и контуров, достоверно нанесенных на генплан (рисунок 5.5).

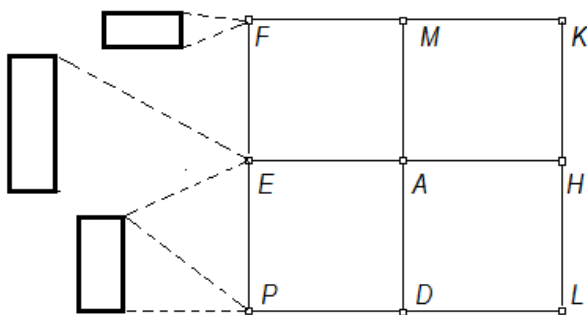


Рис. 5.5. Вынос строительной сетки от местных предметов линейными засечками

Сначала на местности определяют положение точек исходной стороны сетки методами полярным, угловых или линейных засечек, промерами от твердых контуров. Для контроля выносят не менее трех точек  $P$ ,  $E$ ,  $F$  исходного направления. Положение вынесенных точек корректируют установкой их на одну прямую линию  $PEF$  при помощи зрительной трубы теодолита. Относительно вынесенных точек разбивают остальные вершины сетки. Углы измеряют с погрешностью  $30\text{--}60''$ , стороны – с относительной погрешностью  $1 : 1000 - 1 : 2000$ . Вершины сетки закрепляют деревянными или бетонными знаками.

**Вынос оси сооружения относительно строительной сетки.** На генплане с нанесенной на него строительной сеткой (рис. 5.6) положение основной оси  $ВВ$  здания  $E$  задано проектными координатами  $x_1, y_1$  и  $x_2, y_2$  точек  $B_1$  и  $B_2$ .

Для выноса в натуру оси  $ВВ$  рассчитывают расстояния  $\Delta x_1, \Delta y_1$  и  $\Delta x_2, \Delta y_2$ , измеряемые вдоль сторон сетки и перпендикулярно к ним согласно рис. 5.6.

В нашем примере

$$\Delta x_1 = x_{B1} - 100,000 \text{ м}; \quad \Delta y_1 = y_{B1} - 700,000 \text{ м};$$

$$\Delta x_2 = x_{B2} - 100,000 \text{ м}; \quad \Delta y_2 = y_{B2} - 700,000 \text{ м}.$$

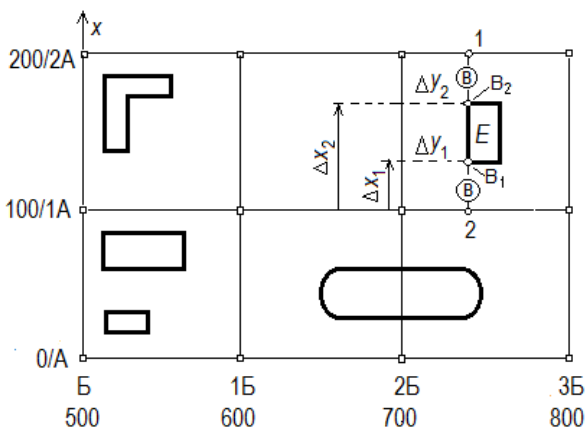


Рисунок 5.6. Вынос осей объектов в натуру относительно строительной сетки

Точки  $B_1$  и  $B_2$  выносят при помощи теодолита и металлической рулетки. Для контроля измеряют расстояние  $B_1-B_2$ , которое должно равняться проектному, и проверяют параллельность оси  $B_1-B_2$  стороне строительной сетки по вспомогательным точкам 1 и 2 или иным способом.

### 5.3. Вынос оси объекта относительно пунктов городской геодезической сети или линейно-угловых ходов

На рисунке 5.7 приведен пример геодезической основы участка застройки в виде пунктов ПГ 15 – ПГ 16 городской геодезической сети и пунктов Т.1, Т.2 – Т.4 линейно-углового хода, целевого назначения – проложенного для выноса основной оси АА здания. Перечисленные пункты определены в государственной или городской системе плановых координат. В той же системе координат рассчитаны координаты осевых точек объектов.

Для выноса осей объекта в натуру производится расчет разбивочных элементов – углов и расстояний. Вынос производится электронным тахеометром или при помощи теодолита и рулетки (светодальномера).

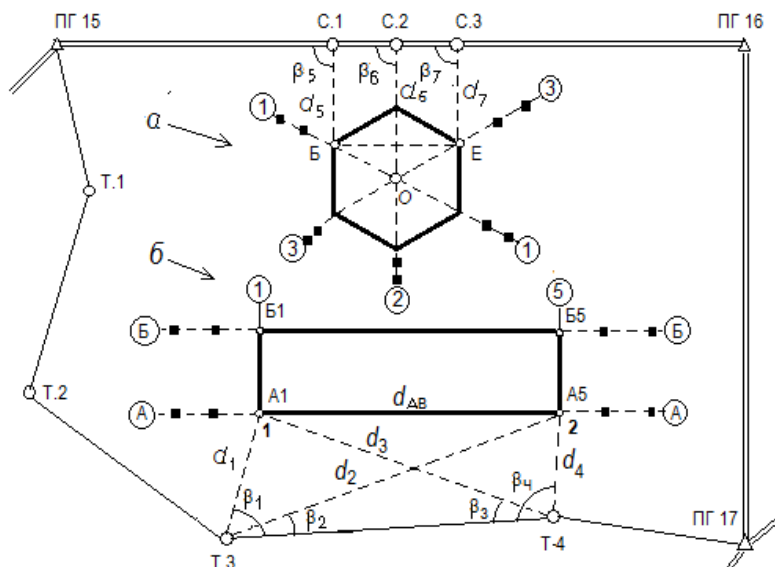


Рисунок 5.7. Схема городской геодезической сети и схемы выноса в натуру осевых точек сооружений:

*a* – вынос точек Б, Е и центра *O* пересечения радиальных осей объекта относительно створных точек опорной стороны геодезической сети; *b* – вынос основной оси *AA* здания относительно ближайших пунктов линейно-углового хода;  $\Delta$  – пункты городской геодезической сети (ПГ);  $\circ$  – пункты линейно-углового хода; С.1, С.2, С.3 – створные пункты на стороне 15-16;  $d_i$ ;  $\beta_i$  – линейные и угловые разбивочные элементы;  $\blacksquare$  – пункты закрепления осей объектов (внешней геодезической основы объектов)

В примере рисунка 5.7 известны прямоугольные координаты пунктов линейно-углового хода: пункта Т3 –  $x_{Т3}$ ,  $y_{Т3}$ ; пункта Т4 –  $x_{Т4}$ ,  $y_{Т4}$ . С использованием генплана определены и затем уточнены расчетом координаты точек 1 и 2 основной оси *AA* –  $x_1$ ,  $y_1$  и  $x_2$ ,  $y_2$ . Для выноса в натуру точек 1 и 2 выбран полярный способ. Например, чтобы вынести точку 1, необходимо при помощи теодолита или электронного тахеометра построить проектный угол  $\beta_1$  и на направлении Т3 – 1 измерить проектное расстояние  $d_1$ . Аналогично по проектным углу  $\beta_2$  и расстоянию  $d_2$  выносят точку 2. Для контроля вынос повторяют относительно пункта Т4. Несовпадение результатов выноса теодолитом и рулеткой допускается до 20–50 мм. Среднее положение точек 1 и 2 обозначают временными знаками

(стержнями или гвоздями). При использовании электронного тахеометра погрешность выноса точек полярным способом уменьшается до 3–5 мм.

Вынос завершают измерением расстояния  $d_{1-2}$ . Чтобы оно равнялось проектному, один из знаков соответственно перемещают в створе оси АА. Затем точки 1 и 2 закрепляют окончательно. Относительно точек линии 1 – 2 производят дальнейший вынос основных и дополнительных осей.

### Расчет проекта выноса оси АА в натуре

На рисунке 5.8, дополняющем рисунок 5.7, показано, что угол  $\beta_1$  равен разности дирекционных углов  $\alpha_{3-4}$  и  $\alpha_1$  линии ТЗ – Т14 и линии ТЗ – 1, т. е.  $\beta_1 = \alpha_{3-4} - \alpha_1$ . Аналогично находим

$$\beta_2 = \alpha_{3-4} - \alpha_2; \quad \beta_3 = \alpha_3 - \alpha_{3-4}; \quad \beta_4 = \alpha_4 - \alpha_{4-3}. \quad (5.2)$$

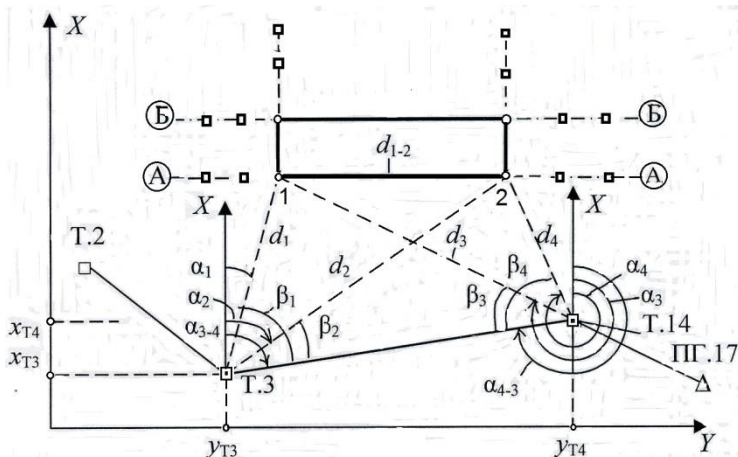


Рисунок 5.8. Схема выноса точек 1 и 2 оси АА от пунктов линейно-углового хода

Дирекционные углы и проектные горизонтальные расстояния определяют решением обратной геодезической задачи, например для линии ТЗ–1 в такой последовательности: вначале вычисляют тангенс румба:

$$\operatorname{tg} r_{ТЗ-1} = \Delta y / \Delta x = (y_1 - y_{ТЗ}) / (x_1 - x_{ТЗ}), \quad (5.3)$$



а затем численное значение румба:

$$r = \arctg (\Delta y / \Delta x). \quad (5.4)$$

По знакам разностей  $(y_1 - y_{ТЗ})$  и  $(x_1 - x_{ТЗ})$  определяют название четверти румба и вычисляют дирекционный угол  $\alpha_1$ . Длину  $d_1$  находят по двум из следующих формул:

$$d = \Delta y / \cos \alpha; \quad d = \Delta x / \sin \alpha; \quad d = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}. \quad (5.5)$$

**Пример.** Вычислить длину  $d_1$  и дирекционный угол  $\alpha_1$  линии ТЗ-1, если известны координаты точек ТЗ и 1:  $x_{ТЗ} = 200,00$  м;  $y_{ТЗ} = 400,00$  м;  $x_1 = 286,34$  м;  $y_1 = 450,46$  м.

**Решение.**  $\operatorname{tg} r_{ТЗ-1} = (450,46 - 400,00) / (286,34 - 200,00) = + 50,46 / +86,34 = + 0,58443$ , а также  $\arctg (\Delta y / \Delta x) = + 30,299^\circ = - 30^\circ 17,9'$ . По знакам  $+\Delta x$  (С – к северу),  $+\Delta y$  (В – к востоку) найдем  $r_{ТЗ-1} = СВ: 30^\circ 17,9'$ , а дирекционный угол  $\alpha_{ТЗ-1}$  равен румбу  $r_{ТЗ-1} = 30^\circ 17,9'$ . Далее вычислим  $d_{1-2} = 86,34 / \cos 30^\circ 17,9' = 86,34 / \cos 30,2983^\circ = 86,34 / 0,86341 = 100,00$  м;  $d_{1-2} = \sqrt{86,34^2 + 50,46^2} = 100,00$  м.

#### 5.4. Специфика выноса в натуре осевых точек сооружения посредством электронного тахеометра

**Аналитическая подготовка выноса.** Для разбивочных работ электронным тахеометром необходимо предварительно рассчитать плановые  $(x_n, y_n)$  и высотную  $H_n$  проектные координаты каждой точки, определяющей проектное положение конструкций.

**Метод свободной станции.** Как уже отмечалось, на современной стройплощадке практически затруднительно, часто невозможно, обеспечить сохранность постоянных осевых и других пунктов геодезической разбивочной основы. Электронный тахеометр дает возможность выносить проектные точки относительно временных станций, не центрированных над осями объекта, т. е. относительно «свободных станций» (рисунок 5.9). Такие станции выбирают вне участков, занятых строительными материалами, временными постройками, траншеями и т.п.

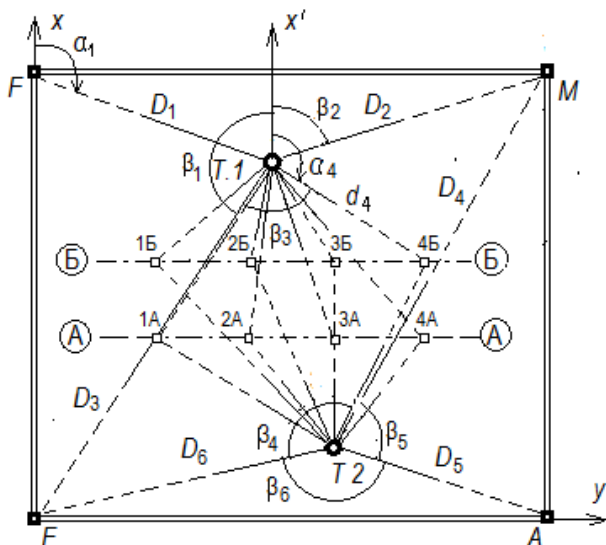


Рисунок 5.9. Схема к определению координат «свободной станции» и выносу основной оси здания в натуру

Для определения координат геометрического центра тахеометра, поставленного на свободной станции  $T1$ , центрируют светоотражатели над исходными точками  $E, F, M$  внешней геодезической сети стройплощадки. Электронным тахеометром измеряются наклонные расстояния  $D_1, D_2, D_3$ , горизонтальные углы  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ , углы наклона  $\nu_1, \nu_2, \nu_3$  тех же расстояний. В соответствии с меню встроенных программ процессор тахеометра решает обратную линейно-угловую засечку по определению координат свободной станции  $T1$  (геометрического центра тахеометра) с оценкой их точности.

При решении обратной линейно-угловой засечки в процессоре тахеометра вычисляются дирекционные углы  $\alpha$  и длины  $d$  горизонтальных проложений линий с использованием выражений (5.3) – (5.5) или иных формул, а координаты центра  $T1$  в процессоре тахеометра рассчитываются, например, относительно точки  $F$  по формулам:

$$x_{T1} = x_F + D_1 \cdot \cos \alpha_1 \cdot \cos \nu_1; \quad (5.6)$$

$$y_{TI} = y_F + D_1 \cdot \cos \alpha_1 \cdot \sin v_1; \quad (5.7)$$

$$H_{TI} = H_F + D_1 \cdot \sin v_1 + v_1, \quad (5.8)$$

где  $D_1$  – дальномерное расстояние;  $v_1$  – высота светоотражателя над точкой  $F$ .

Аналогично определяются координаты точки  $TI$  относительно пунктов  $M$  и  $E$ . Такой контроль дает возможность оценить точность положения тахеометра относительно осевых пунктов монтажного горизонта.

Приближенная оценка точности определения плановых координат центра тахеометра способом обратной линейно-угловой засечки по двум расстояниям в горизонтальной проекции на дистанциях до 100 – 150 м выражается формулой

$$m_{\text{обр}}^2 \approx (0,7m_d / \sin \gamma)^2 + m_{\text{исх}}^2,$$

где  $\gamma$  – угол между линиями засечки;  $m_d = m_D \cos v$  – погрешность светодальномера в проекции на горизонтальную плоскость;  $m_{\text{исх}}$  – погрешность взаимного положения опорных пунктов.

При  $m_d = \pm 2$  мм;  $v = 15^\circ$ ;  $\gamma = 45^\circ$   $m_{\text{исх}} = 3$  мм находим  $m_{\text{обр}} = \pm 3,5$  мм.

**Вынос проектных точек в плане полярным способом.** Для выноса проектных точек 1Б, 2Б, 3Б, 4Б, 1А, 2А и т.д. (см. рисунок 5.9) относительно свободной станции (центра тахеометра)  $T1$  в его процессор вводятся их проектные плановые координаты. Например, для точки 4Б в соответствии с программой *полярного выноса* вычисляются (рисунок 5.10) проектный дирекционный угол  $\alpha_n$  линии  $T1$ -4Б, проектные горизонтальное расстояние  $d_n$  и наклонное  $D_n$ .

Пользуясь проектными значениями  $\alpha_n$  и  $d_n$  (или  $D_n$ ) наблюдатель, визируя зрительной трубой тахеометра, указывает помощнику место светоотражателя над искомой точкой – получают место в точке (4Б). Затем процессором тахеометра по результатам проверочного наблюдения светоотражателя и в соответствии с заданной программой выдаются на дисплее данные для окончательного перемещения светоотражателя в проектное положение – поперечное перемещение  $\Delta e$  и продольное  $\Delta d$ . Результат выноса проверяется таким же способом. Точка обозначается.

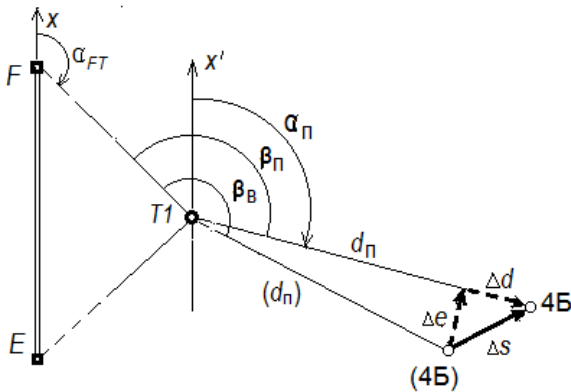


Рисунок 5.10. Схема выноса разбивочной точки сооружения в проектное положение

Расчетная СКП координат точки в результате ее выноса полярным способом **относительно центра тахеометра** выражается формулой

$$m_{п.т}^2 = m_d^2 + (D \cos v \cdot m_{\beta} / \rho'')^2 + m_{ц}^2 + m_{\phi}^2, \quad (12)$$

где  $m_d = m_D \cos v$  – СКП горизонтального проложения измеренного расстояния  $D$ ;  $v$  – его угол наклона;  $\rho'' = 206265$  – число секунд в радиане;  $m_{ц}$ ,  $m_{\phi}$  – погрешности центрирования и фиксации определяемой точки. При  $m_D = \pm 2$  мм,  $v = 15^\circ$ ;  $D = 50$  м;  $m_{\beta} = \pm 5''$ ; ;  $m_{ц} = m_{\phi} = \pm 1$  мм находим  $m_{п.т} = \pm 2,7$  мм.

Аналогично выносят остальные осевые точки. Измеряют между ними расстояния. При создании на монтажном горизонте базисной фигуры (рисунок 5.11) сначала выносят ее угловые точки, затем измеряют размеры ее сторон и диагоналей с точностью 1 – 3 мм. Если отклонения размеров фигуры отличаются от проектных, ее уравнивают аналитически. При приближенном приведении базисной фигуры к заданной геометрии сначала, например, минимальным взаимным смещением точек 3 и 4 устанавливают между ними проектное рас-

стояние  $d_A$ , затем смещением точек 1 и 2 добиваются ликвидации отклонений в длинах сторон и диагоналей.

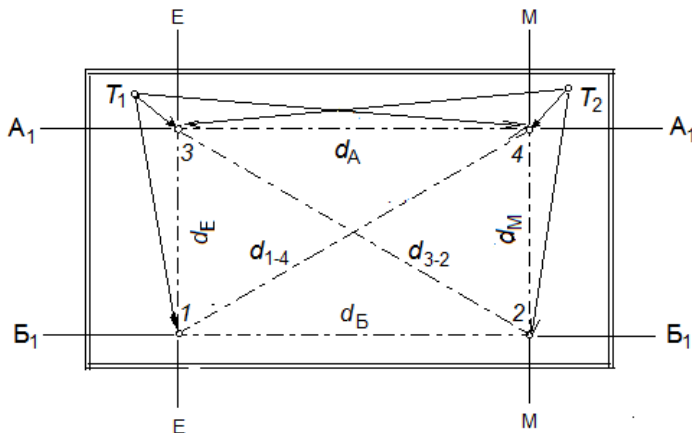


Рисунок 5.11. Схема прямоугольной базисной фигуры 1, 2, 3, 4, вынесенной на монтажный горизонт от двух точек  $T_1, T_2$  центрирования электронного тахеометра;  $d_i$  – измеряемые размеры фигуры

Относительно опорных пунктов исходного горизонта расчетная суммарная СКП положения определяемой точки и базисной фигуры равна

$$m_{xy}^2 = m_{обр}^2 + m_{п.т.}^2$$

тогда при  $m_{обр} = \pm 3,5$  мм;  $m_{п.т.} = \pm 2,7$  мм оцениваем  $m_{xy} = \pm 4,6$  мм. При переносе базисных фигур методом свободной станции до высот 130 – 150 м суммарная погрешность их положения мало зависит от высоты здания и не превышает допустимой величины.

## 6. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

### 6.1. Общие положения

Процесс монтажа конструкций здания или сооружения сопровождается геодезическими разбивочными измерениями и контрольными исполнительными съемками по проверке геометрической точности строительства. Геодезические работы включают вынос конструкций в проектное положение, определения их действительного положения в плане и по высоте, отклонений от вертикали. Геодезические измерения производятся как на стадии временного закрепления конструкций (операционный контроль), так и после окончательного их закрепления (приемочный контроль).

Геодезический контроль точности, являющийся необходимой составляющей технологического процесса строительства, оформляется геодезической документацией, в которую входят: исполнительные геодезические схемы, чертежи, профили, разрезы и т.д.; журналы геодезического контроля, акты геодезической проверки, полевые журналы. Конкретные образцы оформления документации имеются в строительных учреждениях.

Для контрольных измерений применяют те приборы и методы, которые обеспечивают определение геометрических отклонений с СКП  $m$ , рассчитанной с учетом одного из условий (3.12), т.е.

$$m = \Delta / 5; \quad m = \Delta / 2,5; \quad m = \Delta / 2; \quad m = \Delta / 1,3, \quad (6.1)$$

где  $\Delta$  – допустимое отклонение контролируемого параметра.

В таблице 6.1 приведены примеры допусков  $\Delta$ , установленных в СНиП 3.03.01-87 для основных видов строительного-монтажных работ и расчетные значения  $m = \Delta / 5$ , отвечающие условию (3.9).

При геодезическом обеспечении строительства предусмотрен обязательный контроль геометрической точности установки и изготовления в первую очередь тех элементов, узлов и конструкций, от положения которых зависят их несущие и ограждающие характеристики, а также точность монтажа (укладки) конструкции на последующих этапах работы.

Таблица 6.1.

**Примеры норм точности разбивочных работ при  
возведении гражданских и промышленных зданий**

Вид геометрического отклонения	Допустимые	
	отклоне- ние, $\Delta$ , мм	СКП разбивки, $m$ , мм
1	2	3
1. Горизонтальное смещение осей фундаментных блоков и стаканов относительно монтажных осей	$\pm 13$	$\pm 3$
2. Отклонение поверхности основания под фунда- менты в котловане	$-10$	$\pm 3$
3. Отклонение отметок верхней опорной поверх- ности фундамента в гражданских зданиях	$\pm 10$	$\pm 2$
4. Отклонение поверхности ленточного фунда- мента от горизонтального положения на 10 м длины	$\pm 10$	$\pm 2$
5. Отклонение отметки дна стакана фундаментов в производственных зданиях.	$-20$	$\pm 4$
6. Отклонение отметок поверхностей бетона и закладных изделий, служащих опорами для стальных или сборных элементов	$-5$	$\pm 1$
7. Местные неровности поверхности бетона	$\pm 5$	$\pm 1$
8. Отклонения стен и колонн, поддерживающих монолитные перекрытия	$\pm 15$	$\pm 3$
9. Стен и колонн, поддерживающих сборные ба- лочные конструкции	$\pm 10$	$\pm 2$
10. Смещения опалубки в плане	$\pm 15$	$\pm 3$
11. Отклонения опалубки от вертикали: на 1 м высоты	$\pm 5$	$\pm 1$
на высоту фундамента	$\pm 20$	$\pm 4$
12. Отклонение отметки поверхности фундамента для опирания стальной колонны по: высоте	$\pm 5$	$\pm 1$
уклону	1 / 1000	1 / 5000
13. Смещения опорных болтов в плане, распо- ложенных: внутри контура опоры	$\pm 5$	$\pm 1$
вне контура опоры	$\pm 20$	$\pm 4$
14. Отклонения размеров оконных, дверных и других проемов	$\pm 20$	$\pm 4$
15. Отклонения размеров поперечного сечения элементов	$+10$	$\pm 3$

Окончание таблицы 6.1

1	2	3
16. Отклонение отметки вертикального торца анкерного болта	±20	±4
17. Отклонения оси колонны от разбивочной оси		
в нижнем сечении	±5	±1
в верхнем сечении при высоте колонны:		
до 8 м	±20	±4
8–16 м	±25	±5
свыше 16 м	0,0001H	±7
18. Боковое отклонение стеновой панели и блоков:		
в нижнем сечении	±5	±1
в верхнем сечении	±10	±2
19. Отклонение плоскостей от горизонтали на длину выверяемого участка:		
до 6 м включительно	±10	±2
свыше 6 м	±20	±4
20. Отклонение стен зданий и сооружений, возводимых в скользящей опалубке при наличии промежуточных перекрытий	1/1000 высоты сооружения, но не более 50 мм	1/5000, но не более ±10 мм
21. Подкрановые балки:		
смещение продольной оси балки с разбивочной оси	±5	±1
отклонение по высоте консолей на двух соседних колоннах вдоль ряда и в пролете	±15	±3
22. Подкрановые рельсы (по головке):		
разность отметок на соседних опорах	±15	±3
разность отметок на опорах в пролете	±20	±4
отклонение в расстоянии между рельсами	±10	±3
отклонение рельса от прямой линии на участке длиной 40 м (мостовые краны)	±15	±3
23. Плановые и высотные разбивки:		
типового оборудования	–	±(1–3)
прецизионного оборудования	–	±(0,2–1)
уникальных прецизионных конструкций	–	±(0,05–0,2)

Если оси элементов сборных конструкций не совпадают с разбивочными осями здания, сооружения, (т.е. плановая привязка осей конструкций к разбивочным осям отлична от нуля), то контролю



подлежат наружные грани, торцы, плоскости этих элементов с учетом их расстояния от осей элементов.

*Геодезический контроль положения отдельных конструкций* зданий и сооружений в плане осуществляют, как правило, непосредственными измерениями расстояний от разбивочных осей или от установочных или монтажных рисок до граней (плоскостей) монтируемых деталей, при этом применяются эталонированные мерные приборы или специальные шаблоны, отвечающие требуемой точности по условию (3.9) т.е.  $m \leq \Delta / 5$ .

Контроль точности производства земляных работ при благоустройстве, вертикальной планировке, устройстве корыт под полотно дорог, траншей, котлованов, насыпей и т.п. следует осуществлять как в плане, так и по высоте.

## 6.2. Геодезическое обеспечение работ нулевого цикла

**Геодезические работы при устройстве котлована.** Контур верхней и нижней бровок котлована выносят на местность относительно главных осей здания или сооружения. Линию нулевых работ (верхнюю бровку котлована обозначают кольями). В процессе рытья котлована определяют его текущую глубину и следят, чтобы не было углублений ниже проектной отметки. Нижний контур котлована должен соответствовать проектному. После окончания рытья в дно котлована закладывают временные реперы из расчета, чтобы высотная разбивка фундаментов производилась от двух реперов при длине визирного луча не более 75 м. Затем определяют отметки временных реперов нивелирным ходом от рабочих реперов стройплощадки.

В процессе зачистки основания **контролируют точность высотной подготовки основания под фундаменты.** Проектную поверхность основания (песчаной подушки) обозначают кольшками К, выставленными на проектную отметку  $H_{пр}$  (рисунок 6.1, а) относительно горизонтального луча нивелира.

Сначала берут отсчет  $a$  по рейке, поставленной на репер  $R_{п.}$ , затем вычисляют горизонт прибора ГП (отметку горизонтального луча нивелира)

$$\text{ГП} = H_{\text{Рп}} + a. \quad (6.2)$$

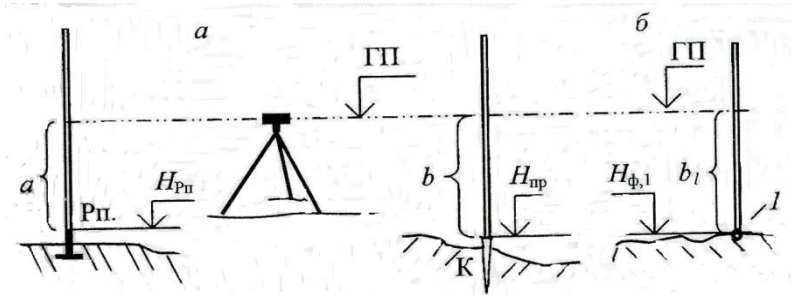


Рисунок 6.1. Нивелирование земляного основания под фундаментами:  
*а* – выставление верхнего обреза кольщика на проектную отметку;  
*б* – контроль проектной отметки основания; Рп. – временный репер;  
 К – кол; 1 – контрольная точка основания

Значение ГП определяют относительно двух реперов, допустимое расхождение величин ГП составляет 2–3 мм. Вычисляют среднее значение ГП<sub>ср.</sub>

При обозначении верхним обрезом колец проектной поверхности отсчет *b* по рейке, поставленной на кол К, должен равняться

$$b = \text{ГП}_{\text{ср}} - H_{\text{пр}}. \quad (6.2)$$

Кол забивают или обрезают для обозначения проектной отметки его торцом.

**Контроль высоты песчаной подушки** после ее подсыпки производят геометрическим (рисунок 6.1, *б*) или тригонометрическим нивелированием (электронным тахеометром). При геометрическом нивелировании фактическую отметку контролируемой точки вычисляют по формуле

$$H_{\text{ф},1} = \text{ГП}_{\text{ср}} - b_1, \quad (6.4)$$

где ГП<sub>ср</sub> – горизонт прибора, найденный с контролем от двух реперов; *b*<sub>1</sub> – отсчет по черной стороне рейки, поставленной на контролируемую точку 1 основания.

Отклонение фактической отметки от проектной  $\Delta H = H_{\text{ф}} - H_{\text{пр}}$  сравнивают с допустимым отклонением по соответствующему СНиПу или БНБ (см также таблицу 6.1). Например допустимое отклонение поверхности подготовленного основания в котловане равно минус 10 мм, а допустимое отклонение верхней опорной поверхности фундаментов для гражданских зданий  $\Delta H_{\text{доп}} = \pm 10$  мм.

**Обозначение осей для строительства ленточных фундаментов.** На дно котлована переносят точки пересечения основных осей: для крупных сооружений – с помощью теодолита, а для объектов длиной до 100–140 м – посредством проволок, закрепленных на строительной обноске, построенной вокруг котлована, и нитяных отвесов (рисунок 6.2.).

Сплошную обноску (см. рисунок 6.2, а) строят в виде горизонтальных досок, закрепленных на столбах. Створную обноску (см. рисунок 6.2, б) устраивают в виде пар столбов, зарытых в створе закрепляемых осей. На обноску выносят основные оси при помощи теодолита относительно знаков закрепления внешней геодезической основы здания. Точки промежуточных осей находят при помощи рулетки.

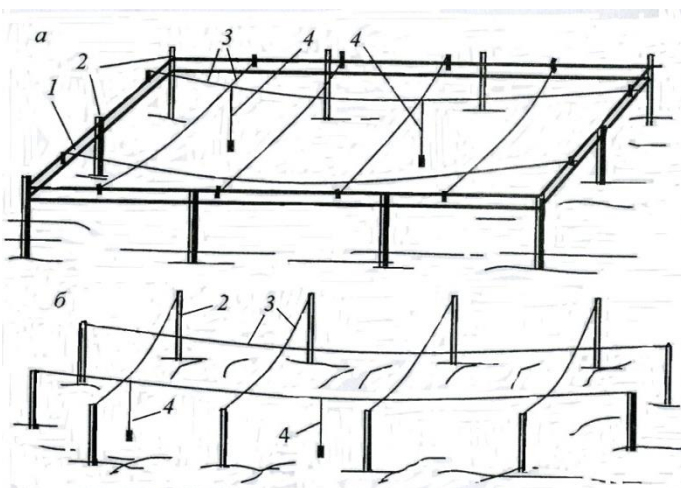


Рисунок 6.2. Обноска:

а – сплошная; б – створная; 1 – доска; 2 – столб; 3 – осевые проволоки;  
4 – отвесы

Все точки закрепляют гвоздями. Для монтажа фундаментов на гвоздях подвешивают проволоки, представляющие соответствующие оси. Для проецирования осей на дно котлована к проволокам подвешивают отвесы.

**Подготовка фундаментных блоков к монтажу** включает нанесение на них краской осевых рисок 2 (рисунок 6.3). На подготовленное основание устанавливают угловые фундаментные блоки, совмещая осевые риски с соответствующими осями здания. Допустимое отклонение риски от оси равно  $\pm 10$  мм. Через 10–20 м по рискам устанавливают маячные блоки. Вдоль угловых и маячных блоков натягивают проволоку-причалку для монтажа промежуточных блоков.

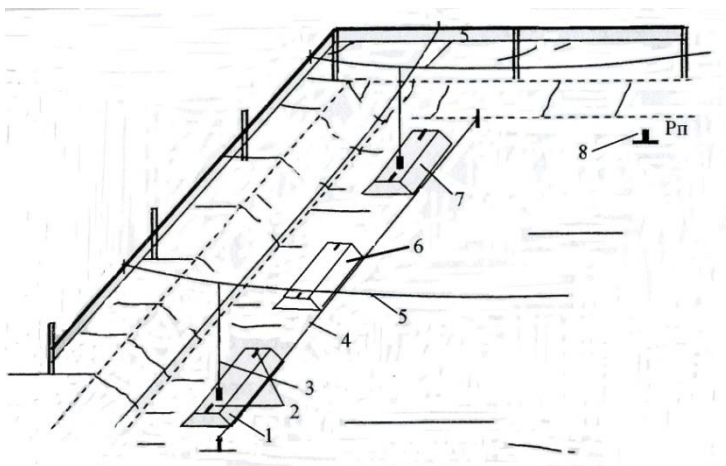


Рисунок 6. 3. Монтаж блоков ленточного фундамента:  
1, 7 – крайние фундаментные блоки; 2 – осевые риски; 3 – отвес;  
4 – проволока-причалка; 5 – осевая проволока; 6 – промежуточный фундаментный блок; 8 – временный репер на дне котлована

На фундаментные блоки стаканного типа наносят риски 2 (рисунок 6.4) для совмещения блоков с осями фундаментов и для монтажа стакана, после чего фундаменты собирают в котловане, не допуская отклонения рисков от разбивочных осей свыше  $\pm 13$  мм.

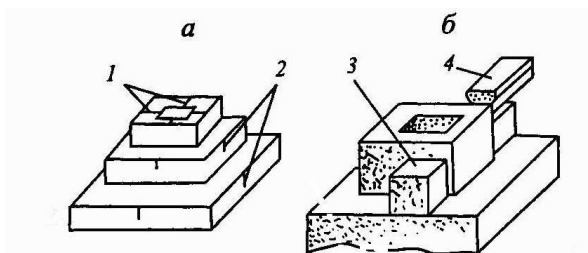


Рисунок 6.4. Фундаменты стаканного типа и монтажные риски:  
 1 – риски напротив середины сторон отверстия стакана; 2 – риски на середине сторон фундаментного блока; 3 – фундаментная балка; 4 – балка

Исполнительная съемка заключается в проверке при помощи теодолита боковых отклонений фундаментных блоков от продольных и поперечных осей. Эти оси проецируют на блоки способом вертикальной плоскости и каждую отмечают двумя рисками стойкой краской. Измеряют расстояния от осей до стенок стакана или до закладных деталей и анкерных болтов. Нивелиром определяют фактические отметки дна стакана, поверхности закладных деталей, торцов анкерных болтов. Такая съемка может выполняться и электронным тахеометром.

После монтажа фундаментных блоков делают исполнительную съемку: с помощью теодолита и нивелира или электронного тахеометра определяют фактические отклонения блоков от проектного положения в плане и по высоте.

Оси фундаментов переносят в котлован на устойчивые временные знаки (колья, стержни, скобы и др.).

**Контроль точности положения фундаментов.** В плане проверяют расстояния от разбивочных осей до осей фундаментов, расстояния между фундаментами, от осей до точек пересечения несущих стен, оснований закладных деталей и анкерных болтов и контролируют не менее 5% от общего объема устанавливаемых фундаментов по данной захватке (очереди) работ.

В высотном отношении проверяют одну отметку со 100 м<sup>2</sup> проверяемого участка.

**Контроль вертикальности конструкций фундаментов** производят при высоте элементов или рядов однотипных элементов более

1 м (если иные требования специально не оговорены в проектной документации) рейкой с отвесом или уровнем (рисунок 6.5).

**Геодезический контроль точности устройства земляных поверхностей.** При вертикальной планировке территории, благоустройстве, подготовке коры под дорожное покрытие, траншей под трубопроводы, котлованов, насыпей и др. земляных поверхностей геодезический контроль точности земляных работ следует осуществлять как в плане, так и по высоте.

Вертикальный контроль земляных оснований под фундаменты должен быть сплошным.

Точность контрольных измерений должна быть равна точности разбивочных работ и соответствовать требованиям точности соответствующих строительных норм..

### **6.3. Обеспечение геометрической точности строительства надфундаментных частей зданий и сооружений**

*При монтаже и исполнительных съемках контроль геометрической точности возведения строительных конструкций зданий и сооружений осуществляют в плане и по высоте. В плане измеряют расстояния между смонтированными элементами, затем полученные результаты сравнивают со значениями проектных привязок и расстояний между осями и вычисляют допущенные отклонения.*

#### **6.3.1. Разметка колонн, их рихтовка при установке**

До начала монтажа металлических колонн на анкерные болты фундаментов выше опорных плит наносят черту, обозначающую проектную отметку. От отметки откладывают вдоль вертикали проектные расстояния до опорных плит колонн и отмечают их рисками, по которым затем ведут рихтовку опор под колонны.

**Разметка колонн.** Для удобства последующей высотной рихтовки колонны на нее наносят высотную метку на определенном расстоянии от закладных планок на консолях в сторону пяты. Меткой отмечают расстояние 1 или 2 м от пяты колонны с точностью 1-2 мм. На боковой грани каждой колонны это целое число метров маркируют горизонтальной чертой при помощи стойкой краски.

Сразу после установки колонны в стакан до замоноличивания проверяют ее положение по высоте, для этого нивелируют замаркированные метки (при этом отпадает необходимость нивелировать опорные поверхности консолей). При необходимости выполняют высотную рихтовку колонн.

Если высоты колонн различны, то величины, откладываемые для их маркировки, также принимают разными с таким расчетом, чтобы была возможность при неизменном горизонте прибора нивелировать все маркированные риски после установки колонн в стаканы. Невысокие колонны (до 5–6 м) можно не маркировать, а нивелирные рейки следует подвешивать на контролируемых консолях.

Для этого рейку закрепляют на деревянном стержне, к верхнему концу которого присоединена опора в виде уголка.

**Контроль установки колонн в плане и по вертикали.** При выверке поставленных колонн определяют: смещение колонн в нижнем сечении относительно разбивочных осей; отклонения осей колонн от вертикали; высотное положение колонн.

В зависимости от высоты колонн выбирают технические средства для их установки по вертикали. Вертикальность колонн высотой до 3 м проверяют отвесом, свыше 3 м – электронным тахеометром, теодолитом или лазерным прибором.

**Выверка вертикальности колонн высотой свыше 3 м.** При контроле монтажа колонн лазерными приборами применяют насадки вертикального визирования и дополнительные приспособления для крепления экрана (палетки). В случае применения теодолита вертикальность ряда колонн проверяют боковым нивелированием (рисунок 6.5).

Теодолит устанавливают над линией, параллельной разбивочной оси колонн и смещенной от нее на произвольное расстояние  $b$  (не более 1000 мм) так, чтобы визирный луч выходил за ребро колонны не менее чем на 100 мм. На противоположном конце ряда колонн с осью ряда совмещают пятку нивелирной рейки, обращенной делениями к теодолиту (рейка устанавливается горизонтально и перпендикулярно оси ряда).

Вертикальную нить сетки трубы наводят на деление рейки, равное величине смещения визирного луча с оси ряда, фиксируют полученную ориентацию теодолита и приступают к проверке каждой колонны. Начиная с последней в ряду колонны, реечник, удер-

живая рейка горизонтально, поочередно прижимает ее пятку к грани каждой колонны, а относительно вертикальной нити трубы наблюдатель берет отсчет по шкале рейки. В результате этих изменений получают величины смещения низа колонн с оси ряда.

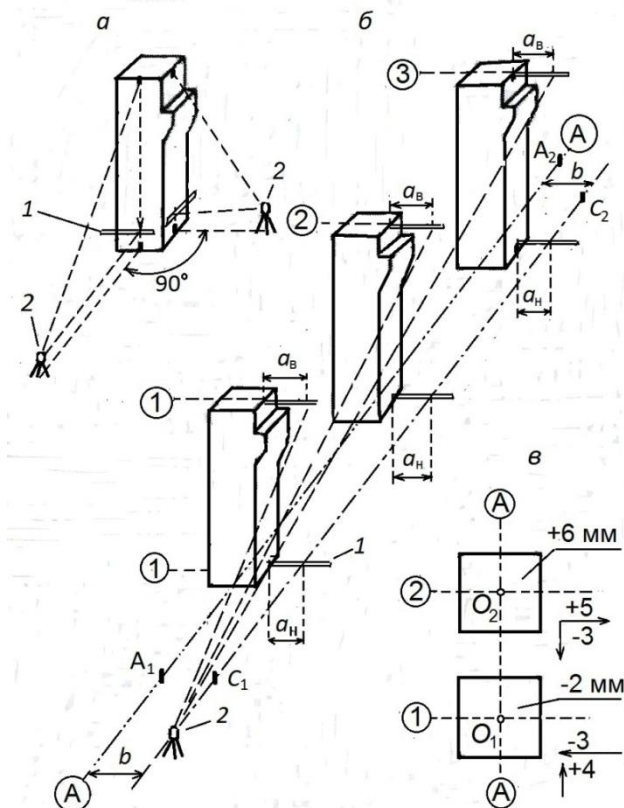


Рисунок 6.5. Выверка вертикальности колонн теодолитом:

$a$  – в двух вертикальных плоскостях;  $b$  – относительно продольного створа;  
 $c$  – исполнительная схема верхнего торца колонн; ( $b$  – расстояние между основной ( $A - A$ ) и вспомогательной ( $C_1 - C_2$ ) осями;  $a_n, a_b$  – расстояния от торца колонны до вспомогательной оси, измеренные по рейке с помощью теодолита по верху и по низу колонны; 1 – рейка; 2 – теодолит)

Для определения величины горизонтального отклонения (крена) оголовка колонн рейку поднимают при помощи легкого деревянного стержня, к верхнему концу которого она присоединена через



опору в виде уголка для фиксации стержня на ребре колонны. Крен колонны определяется как разность отсчетов по рейке по низу и по верху.

С помощью электронного тахеометра выверка вертикальности колонн выполняется, например, по схеме рисунка 6.5, *a* с измерением расстояний в безотражательном режиме и расчетам отклонений согласно меню программ в процессоре.

### **6.3.2. Передача отметки на монтажный горизонт**

Отметки на монтажный горизонт следует передавать только от марок и реперов высотной основы, заложенной на исходном горизонте.

На монтажном горизонте должно быть не менее двух рабочих реперов. Рабочими реперами служат закладные детали в смонтированных конструкциях, дюбели, горизонтальные окрашенные риски на арматуре, на конструкциях.

При передаче отметок с исходного горизонта на монтажный отметки исходного горизонта принимаются неизменными, независимо от осадки основания.

На каждый репер монтажного горизонта отметки передают отдельно от реперов исходного горизонта. Точность передачи контролируется сравнением разности полученных отметок реперов монтажного горизонта с измеренным нивелиром превышением между ними. Расхождение допускается до 2-3 мм или до величины, установленной ППГР. Соответственно принятому допуску выбирается способ передачи отметки.

Передача отметок возможна по схеме на рисунке 6.6, *a*. Превышения измеряются двумя нивелирами через ленту рулетки, подвешенную сквозь проемы, оставленные для последующего монтажа лифтовых шахт или сквозь специальные «геодезические» отверстия в перекрытиях, предусмотренные ППГР. При этом на ленте закрепляется груз, который помещается в емкость с вязкой жидкостью для прекращения его раскачиваний. Измерения должны производиться при отсутствии ветра, поскольку под его воздействием подвешенная лента изгибается и раскачивается.

На исходном и монтажном горизонтах посредством нивелиров практически одновременно берутся отсчеты *a*, *c*, *b* и *e* по рулетке и

рейкам. Отметка временного репера  $E$  на монтажном горизонте вычисляют по формуле

$$H_E = H_{\text{рп}} + a + (c - b) - e, \quad (6.5)$$

где  $H_{\text{рп}}$  – отметка рабочего репера на исходном горизонте.

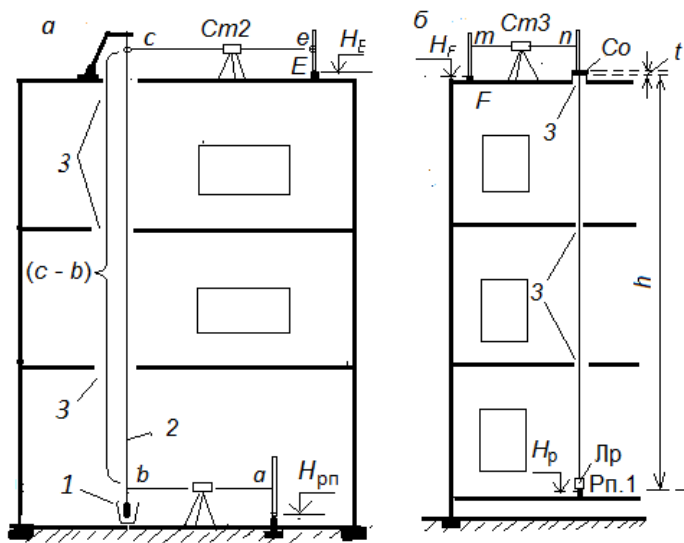


Рисунок 6.6. Передача отметки на репер  $E$  монтажного горизонта сквозь технологические отверстия в межэтажных перекрытиях:  
 $a$  – через подвешенную ленту металлической рулетки;  $b$  – лазерной рулеткой (электронным тахеометром);  $1$  – емкость с вязкой жидкостью;  $2$  – лента с грузом;  $3$  – технологическое отверстие;

В рабочую длину рулетки (т.е. в ее отрезок  $c - b$  между двумя горизонтами нивелиров) вводят поправки на компарирование ( $\Delta_K$ ), растяжение ( $\Delta_p$ ), и температурную ( $\Delta_t$ ).

Поправка на растяжение рулетки от груза, подвешенного к ней, определяется по формуле:

$$\Delta_p = Q \cdot l / E \cdot F. \quad (6.6)$$

Поправка температурная определяется по формуле:

$$\Delta_t = \alpha (t - t_0) l. \quad (6.7)$$

Здесь:

$Q$  – масса груза, кг;

$l$  – длина рулетки между горизонтами двух нивелиров, м;

$E$  – модуль упругости, кг/см<sup>2</sup> (для стали  $E = 2 \cdot 10^6$ );

$F$  – площадь поперечного сечения ленты рулетки, см<sup>2</sup>.

$\alpha$  – коэффициент температурной деформации ленты рулетки на 1°С (для стали  $\alpha = 0,0000125$ ; для нержавеющей стали  $\alpha = 0,0000205$ );

$t$  и  $t_0$  – соответственно температура рулетки в процессе измерения и компарирования.

Однако на практике расчеты поправок по формуле (6.6) могут быть чрезмерно приближенными вследствие отсутствия точных данных о значениях  $E$  и  $F$  для разнообразных материалов, из которых изготавливаются современные рулетки.

Погрешность передачи отметки рассмотренным способом составляет в благоприятных условиях около  $\pm 10$  мм на 20 м высоты.

Наиболее точно превышения определяются по вертикальному лучу лазерной рулетки (рисунок 6.6, б) или электронного тахеометра сквозь соответствующие отверстия в межэтажных перекрытиях. Например, на высотный знак Рп.1 исходного горизонта ставят одной точкой пластину с двумя подъемными винтами. Подставку горизонтируют по уровню, на нее устанавливают лазерную рулетку лучом вверх. Над отверстием в перекрытии данного монтажного горизонта помещают светоотражатель  $Co$ . Измеряют вертикальное расстояние  $h$ . Отметку  $H_F$  высотного знака  $F$  на монтажном горизонте вычисляют по формуле

$$H_F = H_p + h + t + n - m, \quad (6.8)$$

где  $H_p$  – отметка исходного репера;  $t$  – толщина светоотражателя;  $n$ ,  $m$  – отсчеты горизонтальным лучом нивелира по рейкам на станции  $Ст.3$ .

Отметку  $H_F$  следует определить не менее двух раз независимыми измерениями.

Разность отметок реперов монтажного горизонта и измеренного нивелиром превышения между ними допускается до 3 мм.

### **6.3.3. Передача основных осей на монтажный горизонт зданий высотой до 50 м**

На стадии возведения конструкций нулевого цикла, когда еще существует оптическая видимость между знаками внешней геодезической основы здания выполняют работы по закреплению основных осей на конструкциях. Схемы закрепления пунктов разбивочной основы зданий и методы разбивочных работ могут различаться в зависимости от высоты объекта. Например для зданий высотой до 50 м передачу осей на монтажные горизонты производят методом вертикальной плоскости при помощи теодолита относительно осевых пунктов, расположенных вне контура здания.

**Проецирование осей на монтажный горизонт способом вертикальной плоскости.** Проецирование методом вертикальной плоскости разрешено до высоты 50 м. Теодолит устанавливают над пунктом закрепления оси АА (рисунок 6.7, а), вертикальный штрих сетки зрительной трубы наводят на визирную цель (стержень, марку), центрированную над пунктом IV, затем зрительную трубу вращают вокруг ее горизонтальной оси (визирный луч вращают в вертикальной плоскости) и визируют на конструкцию, на ней предварительно отмечают осевую риску А<sub>1</sub>.

Затем проецирование производят при втором положении вертикального круга, и если расхождение в положении рисков допустимо (до 5 мм), то окончательно выбирают их среднее положение А<sub>1</sub>.

Аналогично относительно пункта V линии V-VIII выносят риску Б<sub>1</sub>, а на противоположном торце здания – соответствующие им осевые риски. Их закрепляют стойкой краской, дюбелями, насечкой или другими способами

В дальнейшем осевые риски А<sub>2</sub>, Б<sub>2</sub>, ... выносят на монтажный горизонт также методом вертикальной плоскости при помощи теодолита, например, относительно осевых линий I-A<sub>1</sub>, V-B<sub>1</sub>. Для этого на монтажном горизонте (рисунок 6.7, б) визирные цели К<sub>1</sub> и К<sub>2</sub> устанавливают в створ V-VIII по его отрезкам V-B<sub>1</sub> и VIII-B<sub>1</sub>. Вертикальные проекции визирных целей закрепляют осевыми мет-

ками, над которыми затем центрируют теодолит для дальнейших разметок оси на данном монтажном горизонте.

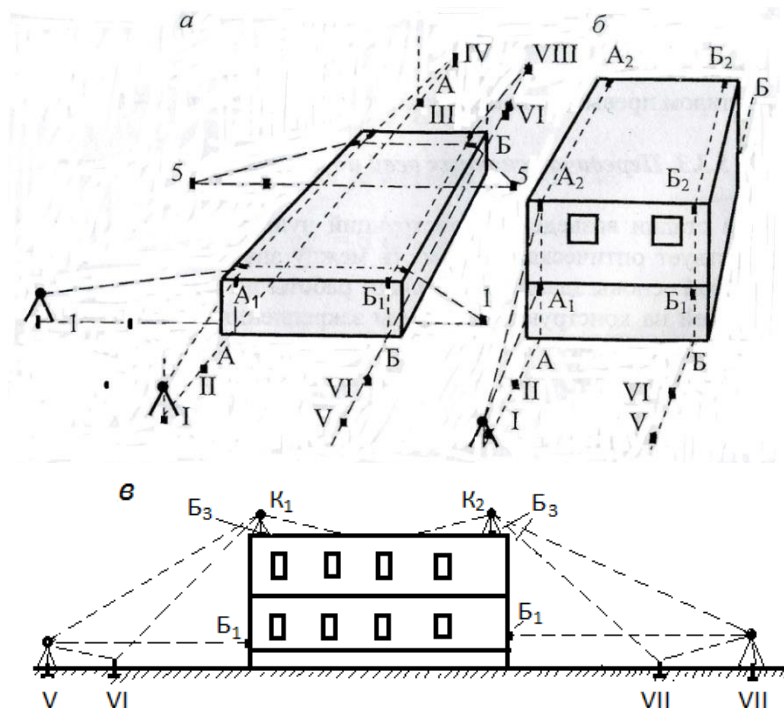


Рисунок 6.7. Проецирование основных осей на монтажный горизонт методом вертикальной плоскости:

- a* – способ створа и закрепление осевых меток  $A_1$ ,  $B_1$  на цоколе;
- б, в* – проецирование осевых точек  $A_2$ ,  $B_2$  на монтажный горизонт;
- I, II, III, IV, ... VI* – внешние пункты продольных основных осей;
- 1–1, 5–5* – основные поперечные оси;  $B_3$  – осевые метки;
- $K_1, K_2$  – визирные цели над осевыми метками  $B_3$

**Передача осевых точек на монтажный горизонт электронным тахеометром.** Электронный тахеометр может использоваться для проецирования осей методом вертикальной плоскости. Следует учесть возможную утрату знаков, закрепляющих разбивочные оси

за пределами здания, и заранее предусмотреть передачу осей на монтажные горизонты методом свободной станции, соответственно рассчитать координаты осевых точек, а также закрепить внешние опорные геодезические пункты  $E$ ,  $F$ ,  $M$  (рисунок 6.8) и другие, определить их координаты в единой системе. В примере нашего рисунка стенные пункты  $F$  и  $M$  должны быть представлены съемными или же постоянно закрепленными светоотражателями. Над грунтовым пунктом  $E$  на время наблюдений необходимо центрировать вежу со светоотражателем.

При разбивочных работах электронный тахеометр устанавливается на монтажном горизонте на станции  $T_1$  и, как показано в пункте 5.4 и на рисунках 5.9 и 5.10, по данным измерениям расстояний на опорные пункты и вычисления соответствующих горизонтальных и вертикальных углов определяются координаты прибора и вычисляются данные для выноса в натуру проектных осевых точек  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $A_2$ ,  $B_2$  и других.

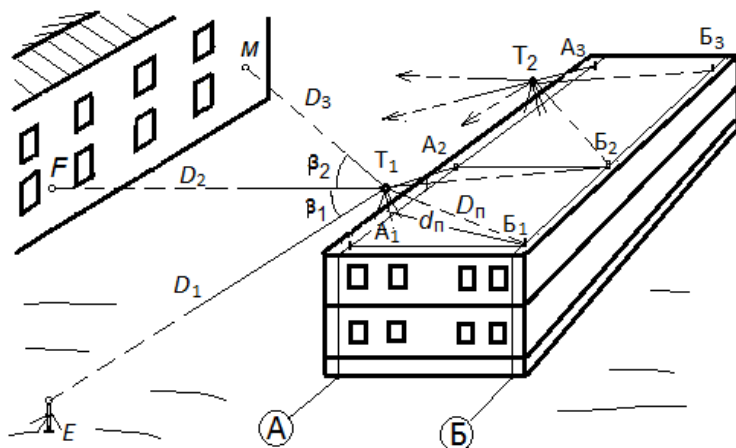


Рисунок 6.8. Схема определения координат свободных станций на монтажном горизонте для выноса осевых точек здания

### 6.3.4. Передача основных осей на монтажный горизонт высотных зданий

**Пространственная геодезическая сеть** необходима для сохранения проектной геометрии здания по мере наращивания его высоты и создается при возведении высоких (свыше 10–12 этажей) и высотных зданий. Исходные пункты  $A, B, C, D, E, M$  базисной разбивочной сети здания закладывают на уровне фундаментов – на исходном горизонте  $0$  нулевого яруса (рисунок 6.9) после строительства подземной части здания.

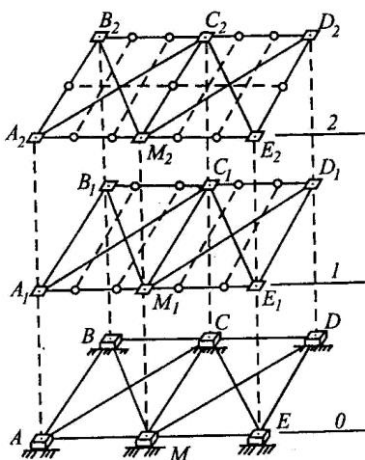


Рисунок 6.9. Пространственная геодезическая сеть высотного здания:  
 $O$  – нулевой (исходный) ярус;  
 $1, 2$  – первый и второй ярусы

По мере наращивания высоты здания пункты исходной сети проецируют по вертикали на монтажный горизонт (ярус)  $1$  в точки  $A_1, B_1, C_1, D_1, E_1, M_1$ , затем на последующие монтажные горизонты.

**Проецирование осей на монтажный вертикальным проецированием.** При возведении зданий высотой более 50 м его оси переносят на монтажный горизонт методом вертикального проецирования относительно опорных точек внутренней геодезической основы здания. Для реализации метода еще на стадии проектирования объекта определяют места закладки на исходном горизонте пунктов внутренней геодезической основы (пункты  $1$  и  $5$  на рисунок 6.10) и соответствующих технологических или «геодезических» отверстий в междуэтажных перекрытиях.

Опорные пункты закладывают после монтажа фундаментов и цокольной части здания со смещением относительно его основных осей (на рисунке 6.10 для пункта  $1$  смещения равны  $b$  и  $c_1$ ). Внутренняя геодезическая основа создается, когда еще существует опти-

ческая видимость между пунктами внешней разбивочной сети здания.

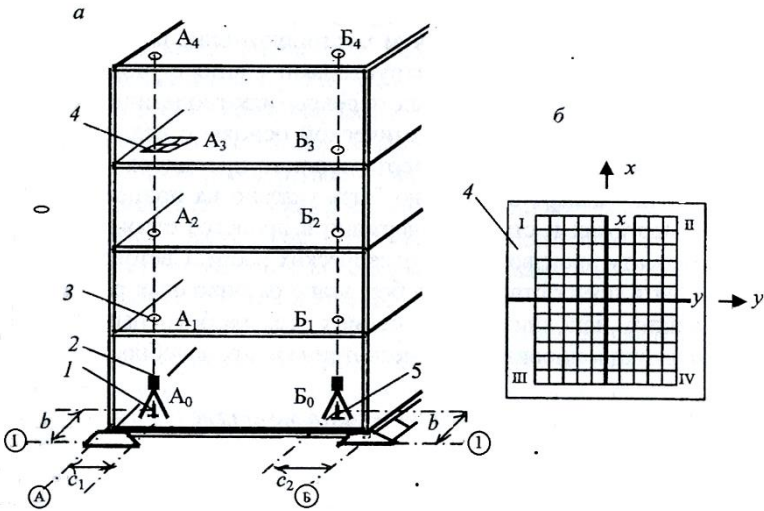


Рис. 6.10. Проецирование в зенит пунктов внутренней геодезической основы:  
 а – схема проецирования; б – палетка;  
 1, 5 – пункты внутренней геодезической основы; 2 – зенит-прибор;  
 3 – геодезическое отверстие; 4 – палетка

В процессе возведения здания точки 1 и 5 проецируют с исходного горизонта на монтажный с помощью оптического или лазерного прибора, обеспечивающего вертикальный луч. К ним относятся оптический зенитный PZL-100 и лазерный зенит-прибор LV1 фирмы Sokkia, которые характеризуются точностью проецирования  $\pm 5''$  или  $\pm 2,5$  мм на 100 м высоты. Применяются также электронные тахеометры при вертикальном положении визирной оси зрительной трубы, при этом на окуляре трубы укрепляется призмная насадка, необходимая для визирования на монтажный горизонт (рисунок 6.11).



Рисунок 6.11. Насадка на окуляр электронного тахеометра



Существуют и надир-приборы, которые предназначены для вертикального проецирования вниз, т. е. прибор размещают на монтажном горизонте и центрируют над опорным знаком исходного или промежуточного нижележащего горизонта.

В комплект приборов входит экран-палетка в виде прямоугольной сетки квадратов, нанесенной на плоский лист полупрозрачного пластика (рисунок 6.10, б). Размеры палетки могут быть от 20×20 см и больше. Размеры ячеек сетки квадратов 10×10 мм, к сетке должны быть даны подписи сантиметровых делений по ее осям  $x$  и  $y$ . Координатную сетку разделяют на четыре четверти. Каждую из четвертей нумеруют: I, II, III, IV.

Проект размещения пунктов внутренней геодезической основы является разделом ППГР, причем местоположение пунктов определяется по согласованию с конструкторами здания с учетом возможности устройства в межэтажных перекрытиях геодезических отверстий для переноса копии геодезической основы с исходного горизонта на монтажный методом вертикального проецирования.

Положение отверстий должно быть указано на поэтажных строительных чертежах и строго выдержано в процессе строительства согласно проекту производства геодезических работ. Световому лучу не должно быть препятствий на любом этапе разбивочных работ и соответствующих исполнительных съемок т.е. разбивочные отверстия должны функционировать до исчезновения в них надобности.

**Передача разбивочных осей и отметок на монтажный горизонт методом свободной станции.** При возведении многоэтажных зданий нередко возникают затруднения в устройстве или поддержании открытыми геодезических отверстий в междуэтажных перекрытиях и метод прямого вертикального проецирования заменяют косвенным методом передачи разбивочных осей на монтажные горизонты – *методом свободной станции*, рассмотренном в пункте 5.4 (рисунки 5.9 и 5.10) и в пункте 6.3.3 (рисунок 6.6). При угловой точности электронного  $m_{\beta} \leq 2-3''$ , линейной  $m_D \leq 2$  мм) обеспечивается передача разбивочных осей на монтажный горизонт относительно исходного с погрешностью 4 – 6 мм.

Для реализации метода рассчитывают в единой системе координат проектные плановые и высотную координаты исходных, осевых и других разбивочных точек соответствующего монтажного гори-

зонта. Вокруг возводимого здания (рисунок. 6.12, *a*, *б*) на расстояниях до 200–400 м от него устанавливают призменные светоотражатели на устойчивых конструкциях ближайших объектов и при помощи электронного тахеометра определяют пространственные прямоугольные координаты  $x$ ,  $y$ ,  $H$  каждого светоотражателя в той же системе координат относительно пунктов геодезической основы стройплощадки.

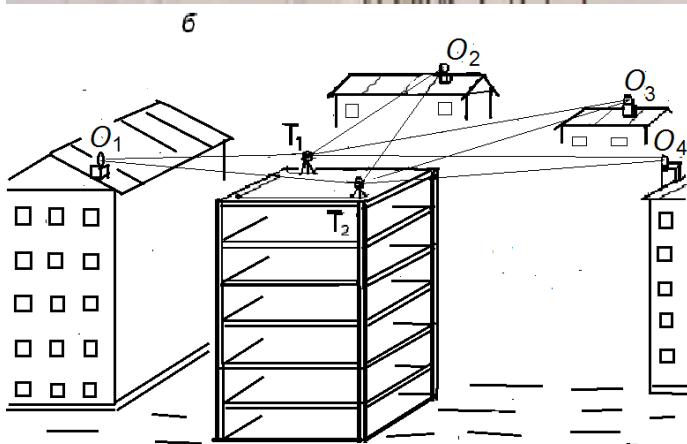


Рисунок 6.12. Схема передачи пунктов внутренней разбивочной основы на монтажный горизонт высокого здания обратной линейно-угловой засечкой при помощи электронного тахеометра: *a* – тахеометр на строительной отметке  $H = 101,6$  м; *б* – схема засечки ( $O_1, \dots, O_4$  - светоотражатели)

В процессе возведения высотного здания электронный тахеометр устанавливают на соответствующем монтажном горизонте, наводят зрительную трубу на каждый доступный световозвращатель (не менее двух), производят измерения расстояний, горизонтальных и вертикальных углов и, используя меню встроенных программ вычислительного модуля, решением обратной линейно-угловой засечки получают пространственные координаты геометрического центра тахеометра.

Вынос в натуру осевых и других контрольных точек на монтажном горизонте по их проектным координатам производится электронным тахеометром полярным способом с применением световозвращателя по схеме на рисунке 5.10. Затем на монтажных горизонтах выполняют контрольные измерения расстояний между вынесенными точками, образующими базисную фигуру.

Если отклонения измеренных величин не выходят за пределы допустимых значений, то полученную фигуру уравнивают и редуцируют до проектной. Если же хотя бы один элемент проекции отклоняется от его положения по вертикали относительно исходного горизонта свыше допустимого значения (с учетом погрешностей проецирования и контрольных измерений) то работы по переносу базисной фигуры на монтажный горизонт необходимо повторить. Для уравнивания внутренней разбивочной сети здания на монтажных горизонтах рекомендуются алгоритмы уравнивания свободных геодезических сетей.

**Передача отметок на монтажный** горизонт должна производиться относительно репера  $R_{п}$ , заложенного на уровне фундаментов внутри возводимого здания. Наиболее точный ( $\pm 2 - 3$  мм) способ передачи отметки – это способ вертикальной передачи сквозь лифтовые проемы или технологические отверстия в межэтажных перекрытиях при помощи лазерной рулетки или электронного тахеометра, рассмотренный в пункте 6.3.2 (см. рисунок 6.6, б). В случае нарушения видимости сквозь такие отверстия электронный тахеометр используется для передачи отметки тригонометрическим нивелированием с погрешностью  $\pm 4 - 6$  мм (рисунок 6.13).

Для такой передачи после возведения первого этажа на стене закрепляется визирная цель – светоотражатель  $O_{т1}$ . Определяется его строительная отметка  $H_{O_{т1}} = H_{R_{п}} + h_o$ , здесь превышение  $h_o$  находят геометрическим или тригонометрическим нивелированием.

Для определения отметки  $H_2$  отражателя  $O_{T2}$  электронным тахеометром на станции  $T1$  измеряются расстояния  $D_1$ ,  $D_2$  и углы наклона  $v_1$ ,  $v_2$ , тогда  $H_2 = H_{Pn} + h_0 + D_1 \cdot \sin v_1 + D_2 \cdot \sin v_2$ .

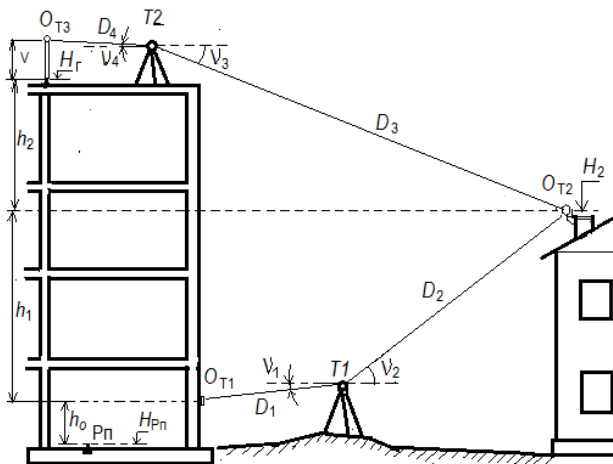


Рисунок 6.13. Передача отметки на высокий монтажный горизонт электронным тахеометром

По данным измерений электронным тахеометром на станции  $T2$  значений  $D_3$  и  $v_3$ ,  $D_4$  и  $v_4$  вычисляется отметка высотного знака на монтажном горизонте  $H_T = H_2 + D_3 \cdot \sin v_3 + D_4 \cdot \sin v_4 - v$ , где  $v$  – высота светоотражателя. Погрешность отметки  $H_T$  возрастает при расстояниях визирования свыше 100 м в основном за счет рефракции световых лучей (см. формулу 4.12).

**Применение GPS-приемников в строительстве высотных зданий.** Краткие сведения о спутниковых приборах местоопределения приведены в пункте 4.7. Известен зарубежный опыт перенесения осевых точек такими приборами на монтажные горизонты зданий высотой до 500 м. Одна из схем спутникового способа предусматривает одновременную работу пяти GPS-приемников: базовый приемник установлен над постоянным наземным опорным пунктом вблизи объекта строительства, четыре мобильных приемника установлены на монтажном горизонте вблизи осевых точек. В результате компьютерной обработки сигналов, принятых со спутников, про-

странственные прямоугольные координаты GPS-точек определяются с погрешностью 3-4 мм в плане и 6-8 мм по высоте. Относительно GPS-точек находят положение угловых точек базисной фигуры по их проектным координатам на монтажном горизонте. Между точками базисной фигуры измеряются расстояния и базисная фигура уравнивается и закрепляется как плановая основа данного монтажного горизонта. За счет компьютерного уравнивания координат базисной фигуры ее точность повышается. При необходимости учитываются поправки на искривления линий гравитационного поля Земли. Спутниковый метод в настоящее время относительно дорогостоящий, но с его применением радикально упрощается схема геодезической разбивочной основы стройплощадки и уменьшаются заботы по ее сохранению.

#### 6.3.5. Геодезическая подготовка на монтажном горизонте

Высотное положение конструкций на монтажном горизонте (панелей перекрытий, верхних торцов наружных и внутренних панелей, лестничных площадок; лифтовых шахт и др.) определяют геометрическим нивелированием. На монтажном горизонте (в пределах захватки монтажа или между температурно-деформационными швами) нивелируют все опорные площадки под установку последующих элементов. Пятку рейки устанавливают на четырех углах панелей перекрытий, на выступы наружных стеновых панелей, на верхний торец объемных элементов лифтовых шахт. За исходную точку нивелирования принимают один из рабочих реперов монтажного горизонта. В качестве рабочих реперов используют приваренные к закладным деталям плит перекрытий уголки, арматурные стержни. Их следует располагать таким образом, чтобы все захватки монтажного горизонта можно было привести нивелирными ходами к единой системе высот. Отсчеты по рейке, устанавливаемой на рабочий репер в начале и по завершении нивелирования, производят по черной и красной сторонам. Невязка превышений в нивелирном ходе на монтажном горизонте не должна быть более 5 мм.

Отметки высотных разбивочных точек монтажного горизонта должны определяться от рабочих реперов монтажного горизонта с погрешностью, не превышающей 2 мм (см. таблицу 6.1).

Погрешность высотной установки двух соседних маяков допускается не более 2 мм, а в пределах одной секции (захватки) 3 мм.

Плановое местоположение лифтовых шахт определяют проемами от монтажных рисок или разбивочных осей. В процессе строительства шахты контролируют ее внутренние размеры и вертикальность ствола. Размеры диагоналей проверяют стальной рулеткой, вертикальность – с помощью отвеса, оптических центриров или лазерных приборов вертикального проецирования.

Для стропильных и подстропильных стальных ферм контроль прямолинейности их поясов выполняют относительно шнура или проволоки, натянутых между опорными узлами, вертикальность ферм проверяют при помощи отвеса.

Для контроля положения подвесных потолков применяют геометрическое нивелирование при помощи оптических или лазерных нивелиров и реек. Рейки в положении «нулем вниз» верхним концом прикладывают к поверхности потолка. По разности отсчетов определяют вертикальные отклонения контрольных точек потолка от его точки, принятой за начальную. При использовании лазерного нивелира с вращающимся в горизонтальной плоскости лучом прибор устанавливают на определенном уровне от подвесного потолка. Вращающийся световой пучок лазера оставляет постоянно видимую черту на шкале каждой вертикально поставленной рейки (линейки)), которыми пользуются все монтажники одновременно.

### **6.3.6. Поэлементный контроль геометрической точности монтажа строительных конструкций, применяемые устройства**



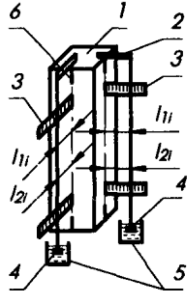
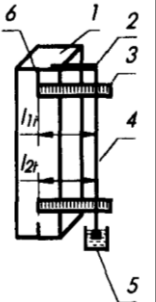
При поэлементном монтаже и контроле монтажа строительных конструкций выверяется их положение относительно разбивочных осей, вертикальность или соблюдение заданного наклона, величины зазоров, площадок опирания и др. В таких работах могут использоваться относительно несложные механические устройства, примеры применения которых приведены в таблице 6.2 и на рисунке 6.15.

Для измерения зазоров, уступов, глубин опирания, эксцентриситетов используются и простейшие средства измерений – линейки, клиновые калибры, кронциркули (таблица 6.3).

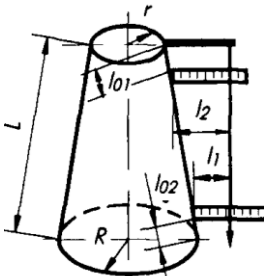
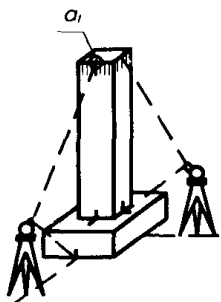
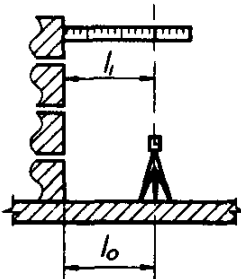
В таблице 6.4 даны примеры лазерных приборов для детальных монтажных работ.

Таблица 6.2

**Монтажные измерения отклонения от отвесной линии колонн, стеновых панелей, стен и других конструкций и их элементов по ГОСТ 26433.2-94, пункт 5**

<p>Вид измерения отклонения от отвесной линии колонн, стеновых панелей, стен и других конструкций и их элементов. Формулы расчета отклонения</p>	<p>Схема отклонения</p>
<p>1. Наклон поверхности грани (ребра) конструкции:</p> <p>а) <math>\delta x_1 = h_1</math>;</p> <p>б) <math>\delta x_1 = h_1 - l_2</math></p>	<p>а) </p> <p>б) </p>
<p>2. Измерение наклона с помощью стального строительного отвеса и линейки относительно боковой грани конструкции</p> $\delta x_1 = l_1 - l_2$ <p><i>1 – колонна; 2 – консоль для подвески отвеса; 3 – линейка; 4 – отвес; 5 – сосуд с вязкой жидкостью; 6 – ориентир оси конструкции (установочная)</i></p>	<p>а) </p> <p>б) </p>

Продолжение таблицы 6.2

<p>3. Измерение наклона относительно боковой поверхности конструкции, имеющей переменное сечение по высоте.</p> <p><math>\delta x_1 = l_1 - l_2 + C</math>, где <math>C</math> - поправка, учитывающая закон изменения размеров сечения. Для колонны, имеющей форму усеченного конуса,</p> $C = \frac{R-r}{L} (L - l_{01} - l_{02})$	
<p>4. Измерения наклона колонн с помощью теодолита и линейки</p> <p>а) теодолит установлен на разбивочной оси, параллельной оси <math>x</math>;</p> <p>б) теодолит аналогично установлен на разбивочной оси, параллельной оси <math>y</math>.</p> <p>По линейке получены отсчеты <math>a_1, a_1'</math> при двух положениях вертикального круга. Отклонения от вертикали:</p> <p>а) <math>\delta x_i = 0,5 (a_1 + a_1')</math>,</p> <p>б) <math>\delta x_i = 0,5 (a_1 + a_1') - l_{0i}</math>,</p>	<p>а)</p> 
<p>5. Измерение наклона оптическим или лазерным центриром и рейкой.</p> $\delta x_1 = l_1 - l_0$	



Окончание таблицы 6.2

6. Измерение наклона конструкции рейкой с уровнем:

а) по шкале на уровне

б) подвижной шкалой рейки при положении центра пузырька в нуль-пункте

1 – контролируемая конструкция; 2 – рейка с уровнем; 3 – регулируемый упор, 4 – уровень для контроля правильной установки рейки, 5 – уровень для измерения угла наклона контролируемой поверхности, 6 – измерительная подвижная шкала.

Формулы для вычисления отклонений

$$а) \delta x_i = 0,5 (a_{л} - a_{п} + a_{л}' + a_{п}') \tau H,$$

$$б) \delta x_i = \frac{(a + a') - 2 MO}{2L} H,$$

где  $a_{л}$ ,  $a_{л}'$ ,  $a_{п}$ ,  $a_{п}'$  – отсчеты по левому и правому концам пузырька уровня, взятые при прямом и обратном (развернутом на  $180^\circ$ ) положении рейки, соответственно;

$a$ ,  $a'$  – отсчеты по подвижному упору при прямом и обратном (развернутом на  $180^\circ$ ) положении рейки, соответственно;

$\tau$  – цена деления уровня в мм/Н;

$H$  – высота выверяемой конструкции;

$L$  – отсчет расстояния между упорами по подвижной шкале;

$MO$  – место нуля (определяют на вертикальной плоскости)

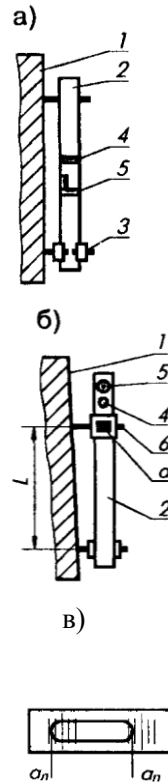


Таблица 6.3

**Типовые изменения зазоров, уступов, глубин опирания, эксцентриситетов по ГОСТ 26433.2-94, пункты 1.3, 1.4**

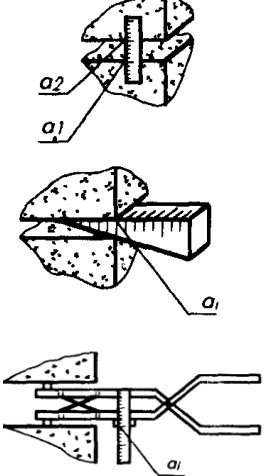
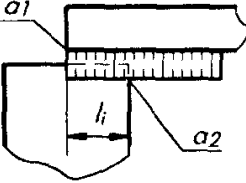
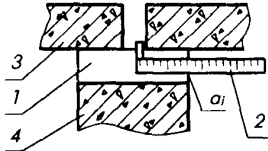
<p>1. Измерение зазора:</p> <p>а) линейкой</p> $x = a_2 - a_1$ <p>б) клиновым калибром</p> $x = a_1$ <p>в) кронциркулем</p> $x = a_1$	
<p>2. Измерение глубины опирания линейкой в доступном месте</p> $x_i = l_i = a_2 - a_1$	
<p>3. Измерение глубины опирания линейкой-щупом в перекрытом сечении через технологическое (например, коробка электросети) или специально проделанное отверстие:</p> $x_i = a_i$ <p><i>1 – отверстие в несущей стене;</i>  <i>2 – линейка-щуп; 3 – панель перекрытия; 4 – стеновая панель</i></p>	

Таблица 6.4

**Примеры лазерных приборов для детальных монтажных работ**

	<p>Лазерный построитель плоскости LP30 / LP31</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• длина диаметра плоскости 240 м;</li> <li>• точность превышения: 10" (0,5 мм на 10 м)</li> <li>• диапазон компенсатора: 10'</li> <li>• температурный диапазон: - 10 - +50 С</li> <li>• масса (с элементами питания): 2.5 кг</li> </ul>
	<p>Лазерный уровень BL20SLM. Фирма BOSCH: Задание с помощью красного лазерного луча горизонтальных линий. точность: 0.5 мм/м. Дополнительно: призма, преломляющая лазерный луч на 90 градусов для задания вертикальной плоскости: 50/8 м.</p>
	<p>Строительный уровень DNM60 / DNM120 с ЖКИ-дисплеем</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• длина 600 / 1200 мм</li> <li>• цифровая индикация угла наклона до 0.1 градуса</li> <li>• отображение наклона в градусах или в %</li> </ul>
	<p>Уровень лазерный УЛ-01. Фирма СКАТ-Р (Россия): Построение горизонтальных и вертикальных плоскостей, построения параллельных линий под произвольным углом к горизонту, точность: 3 мм / 10 м- 3 батарейки AA (по 1.5 В)- масса с батарейками: 290 г.</p>
	<p>Лазерный уровень PLS3 / PLS5</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• точность: 1 мм / 10 м</li> <li>• расстояние: 30 м</li> <li>• компенсатор: +/- 8°</li> <li>• вертикальные лучи: вверх и вниз</li> <li>• горизонтальные лучи: вперед / влево-вправо</li> </ul>

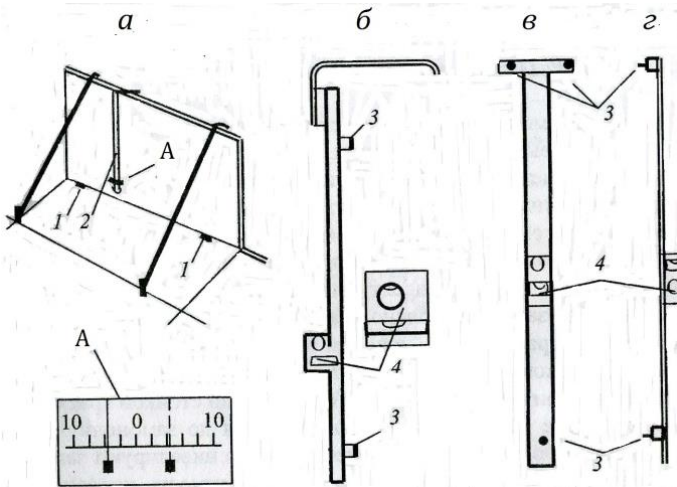


Рисунок 6.15. Реечные устройства для контроля вертикальности стены:  
*а* – схема контроля рейкой с нитяным отвесом (*А* – шкала нитяного отвеса);  
 механические отвесы с пузырьковыми уровнями: *б* – подвесной;  
*в, з* – накладной (*в* – вид в плоскости стены; *з* – вид в профиле); *1* – монтажная  
 риска; *2* – рейка с нитяным отвесом; *3* – упор; *4* – блок уровней;

### 6.3.7. Геометрический контроль кладки каменных стен

Вертикальность кладки стен из кирпичей и блоков в пределах двух этажей рекомендуется проверять отвесом, а для более высоких стен следует применять прибор-отвес на блоке. От нити отвеса по перпендикуляру с помощью линейки определяются расстояния до стены. Измерения следует выполнять в наиболее характерных точках стены или через равные промежутки. Постоянство расстояний от нити отвеса до соответствующих частей стены здания отвечает вертикальности плоскости стены. Вертикальность поверхностей и точность углов кладки, горизонтальность ее рядов следует проверять не реже двух раз на 1 м высоты кладки.

По окончании кладки каждого этажа необходимо проверять соответствие полученного горизонта проектному геометрическим нивелированием через 5 – 6 м.

При возведении здания, сооружения в кирпичном исполнении проверяют толщину возводимых стен (шаблоном-рейкой с вырезом на толщину стены).

Горизонтальность рядов кладки контролируют порядовками, размеченными по толщине кирпича и растворного шва. Между порядовками натягивают шнур, который показывает линию кладки.

Контроль планового положения кладки стен следует осуществлять линейными измерениями от продольных и поперечных разбивочных осей здания.

#### **6.4. Геодезический контроль монтажа оборудования**

Для производства геодезического контроля монтажа оборудования необходима следующая документация:

- планы осей здания, фундаментов, расположения оборудования, конструкций;
- разрезы характерных частей фундаментов и оборудования;
- схема исполнительной съемки фундаментов под оборудование и других опорных поверхностей;
- схема разбивочной сети на опорных поверхностях.

Перед началом монтажа оборудования и конструкций на их грани, плоскости и сферические поверхности наносят установочные риски, фиксирующие геометрические оси, высоты и центры симметрий.

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 осуществляется шаблонами, концевыми мерами, металлическими рулетками и теодолитами методом бокового нивелирования.

Горизонтальность плоскостей проверяют методом геометрического или гидростатического нивелирования с использованием существующих приборов или специальных контрольных уровней.

При монтаже большого количества сложного оборудования промышленных предприятий в проекте производства работ должны быть разделы, описывающие контроль монтажа оборудования.

### **6.5. Разбивки при монтаже подкрановых конструкций.**

Монтаж подкрановых балок подготавливают по материалам исполнительной съемки верха колонн, в которых указаны их отклонения относительно разбивочных осей и отклонения консолей от проектных отметок. Геометрические допуски на отклонения колонн в плане и по высоте приведены в табл. 6.1, п. 15.

**Плановая подготовка монтажа подкрановых балок.** На консолях торцевых (крайних) колонн цеха наносят риски оси подкрановых балок на проектном расстоянии от грани колонны с учетом поправки за фактическое поперечное отклонение колонны от продольной оси. Относительно рисков на торцевых консолях ось подкрановых балок можно вынести с помощью струны, теодолита, лазерного прибора или электронного тахеометра. Требуемая точность разбивок указана в табл. 6.1, п. 20.

При разбивке оси подкрановых балок и оси рельсов относительно струны, ее подвешивают на скобах, укрепленных на противоположных стенах здания. На скобах насечками закрепляют разбивочную ось. На консоли ось переносят от струны с помощью отвеса.

Для разбивки оси подкрановых балок и оси рельсов с помощью теодолита, лазерного прибора или электронного тахеометра, расположенного на монтажном горизонте, необходимо подготовить площадку для работы с прибором и обеспечить ее ограждением безопасности. Штатив или консоль под прибором следует опирать на специальные устойчивые конструкции при площадке для наблюдателя. Прибор центрируют над разбивочной осью. Визирный или лазерный луч направляют на знак закрепления оси в противоположном торце здания. На консоли колонн ось проецируют наклонным лучом при двух положениях вертикального круга теодолита.

**Высотная подготовка.** Толщину подкладок (металлических пластин) под балки на косолах вычисляют относительно наивысшей отметки одной из консолей (начальной отметки  $H_n$ ). Толщина

подкладки равна «наивысшая отметка минус отметка данной консоли» или разности наибольшего положительного высотного отклонения консоли (принимаемой за точку начала высот) и высотного отклонения данной консоли (если на рис. 6.5, в отклонения по высоте определять относительно консоли с адресом А-2, то на консоли А-1 толщина подкладки составит 8 мм).

**Выверка планового и высотного положения подкрановых балок** проводится после их монтажа и временного закрепления. Допустимые отклонения балок указаны в табл. 6.1, п. 20. Применяют различные методы выверки: относительно струны или вертикальной плоскости, задаваемой при помощи теодолита и рейки (см. рис. 6.5, а) или же лазерного визира, электронного тахеометра.

Измеряют расстояния в пролете между осевыми рисками балок параллельных осей с помощью компарированной металлической рулетки или лазерной рулетки. Ленту натягивают силой 98Н. Если лента провисает на длине  $l$ , большей 15–20 м, то в измеряемое расстояние  $d$  вводят поправку на провисание

$$\Delta_{\text{п}} = -8 f^2 / 3l, \quad (6.9)$$

где  $f$  – стрела провисания, ее величину следует определить экспериментально для данной рулетки при различных  $l$ .

Отклонение балок по высоте относительно горизонтальной плоскости, проходящей через балку с наибольшей высотой, измеряют геометрическим нивелированием.

При недопустимых отклонениях балки рихтуют в плане и на высоте и окончательно закрепляют на консолях.

**Исполнительная съемка подкрановых балок в плане** производится относительно повторно вынесенной ее продольной оси, а по высоте – нивелированием поверхности балок в местах опирания на консоли.

**Геодезический контроль при монтаже рельсового пути.** Требования к геометрической точности монтажа подкрановых путей приведены в табл. 6.1, п. 21. Ось рельсовой нитки выносят с помощью геодезического прибора на опорную поверхность балки со смещением на половину ширины основания рельса. Рельсы укладывают по рискам смещенной оси и временно закрепляют. Прямоли-

нейность рельсов проверяют как показано на схеме рис. 6.5, а для низа колонн. Но при выверке рельсов прибор можно центрировать над осью нитки в начальной ее точке. В противоположном конце рельса устанавливают в постоянное горизонтальное положение отрезок нивелирной рейки, нуль которой совмещают с осью нитки и кладут на рельс. Визирный луч теодолита ориентируют по нулевому делению. Затем такую же (переносную) рейку устанавливают напротив каждой колонны и наклонным лучом теодолита по шкале переносной рейки определяют величины горизонтальных отклонений рельсов от створа.

Относительно горизонтального луча нивелира или лазерного пучка с помощью нивелирной рейки проверяют отклонение рельса от горизонтальной плоскости в точках напротив колонн и в пролете.

При необходимости рельсовую нитку рихтуют. Горизонтальность рельса обеспечивают подкладкой под него стальных пластин.

Плановое положение второй нитки рельсов и соблюдение проектного расстояния между обоими рельсами проверяются линейными промерами от первой нитки. По результатам промеров рихтуют вторую нитку в плане. Относительно горизонтального луча нивелира рельсы рихтуют по высоте.

Исполнительную съемку подкрановых путей производят по головкам рельсов после пробной прогонки мостового крана.

## **6.6. Контроль точности возведения сооружений в скользящей опалубке**

**Контроль точности сборки скользящей опалубки.** Перед монтажом сборной опалубки контролируют размеры ее отдельных элементов. Отклонения от проектных размеров опалубки не должны превышать значений, приведенный в СНиП 3.03.01-87.

Монтаж опалубки производится предварительно собранными крупноразмерными блоками (коробами). Короба устанавливают горизонтально на подкладках так, чтобы низ щитов был на 2-3 см выше самой высокой отметки фундамента. Наивысшую отметку получают из предварительного нивелирования фундаментной плиты.



В процессе монтажа опалубки контролируется смещение установочных осей опалубки относительно разбивочных осей, нанесенных на фундаментальной плите (см. табл. 6.1, п. 19).

Контроль смещения производится с помощью теодолита или лазерного геодезического прибора методом створов.

В процессе монтажа проверяют высотные отметки и горизонтальность кружал при помощи нивелира или лазерного прибора, задающего горизонтальную плоскость. Рейку устанавливают в местах крепления кружал. Негоризонтальность кружал устраняют при помощи подкладок. Отклонение верхних и нижних кружал относительно вертикальной плоскости проверяют отвесом и устраняют во время сборки.

В процессе установки щитов проверяют величину конусности опалубки при помощи рейки-отвеса, на нижнюю часть которой нанесена миллиметровая шкала. Регулировка конусности производится с помощью прокладок.

После монтажа щитов опалубки на них устанавливают и закрепляют домкратные рамы, выдерживая вертикальность рам и места их посадки. Контроль установки производится с помощью отвеса и теодолита. После установки домкратных рам еще раз проверяют конусность щитов опалубки и расстояние между рамами. Проверку конусности выполняют около домкратных рам, а на круглых формах конусность проверяют и между рамами.

**Контроль за движением и деформациями скользящей опалубки.** *Контроль вертикальности движения* скользящей опалубки осуществляют с помощью механических отвесов, зенит-прибора (оптического или лазерного) и (или) теодолита.

*При контроле вертикальности подъема механическими отвесами* по периметру на корпусе опалубки жестко укрепляют кронштейны с блоками. Через блоки пропускают трос или струну с подвешенным грузом массой 8-10 кг. Для гашения возникающих колебаний под груз помещают сосуд с вязкой жидкостью. По мере подъема опалубки трос должен удлиняться, разматываясь с барабана.

Для контроля горизонтальных отклонений скользящей опалубки на исходном горизонте в стене укрепляют кронштейн с прямоугольной рамкой. Стороны рамки должны быть параллельны стенам здания. В рамке установлены две подвижные планки с оцифрованными шкалами для измерения прямоугольных координат нити

отвеса. По изменениям координат получают величины отклонения опалубки (возводимой стены) от вертикали.

Контроль вертикальности движения опалубки с помощью механических отвесов трудоемок. Точность такого способа составляет 10 мм на 20 м высоты при полном отсутствии ветра.

*Контроль вертикальности подъема при помощи теодолита* выполняют относительно пунктов, закрепляющих направления, перпендикулярные к плоскости стены. До начала возведения здания на щиты опалубки наносят визирные марки (риски), а на уровне исходного горизонта на возведенном участке стены укрепляют отсчетные шкалы (линейки). При помощи теодолита совмещают ноль шкалы с риской на опалубке в общей вертикальной плоскости. Затем по мере подъема опалубки теодолитом проецируют риску на шкалу при двух положениях вертикального круга. Средний отсчет по шкале показывает величину отклонения опалубки от вертикали в направлении, перпендикулярном линии теодолит-шкала. В зависимости от знака отсчета судят о направлении отклонения.

**Контроль вертикальности подъема опалубки с помощью зенит-приборов.** До начала бетонирования и подъема опалубки на исходном горизонте закладывают контрольные знаки. При прямоугольной форме здания знаки располагают по его углам, при круглой – внутри опалубки, используя при этом технологические отверстия (лифтовые шахты, мусоропроводы и т.д.). Во всех случаях знаки закладывают с учетом удобства работы и свободного доступа к прибору.

На жесткой раме опалубки устанавливают кронштейны, на которых крепят визирные палетки (см. рис. 5.9, б). Палетку крепят таким образом, чтобы ее центр совпал с вертикальной осью контрольного знака. Палетку ориентируют так, чтобы ее оси были параллельны осям сооружения. При необходимости палетку снабжают подсветкой.

*Оптическим зенит-прибором* (или электронным тахеометром с трубой, направленной в зенит) вертикальность движения опалубки контролируют в следующем порядке:

- прибор центрируют над контрольным знаком и приводят в рабочее положение, визируют на палетку;
- при четырех ориентациях прибора ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ ) относительно горизонтальной линии визирной сетки выполняют четыре

отсчета по координатной сетке палетки; отсчету придают знак плюс или минус, в зависимости от того, в какую четверть палетки проектируется центр визирной сетки;

- по измеренным координатам получают положение проекции контрольного знака на палетке как среднее значение координат из четырех измерений.

Направление сдвига опалубки определяют на палетке по отклонению центра проекции от начала координат.

*Лазерным зенит-прибором* вертикальность движения опалубки выполняют тоже при четырех ориентациях прибора, координаты центра лазерного пятна на палетке отсчитывают по ее сетке.

Контроль вертикальности движения опалубки производят через каждые 1-3 м подъема. После каждого измерения вертикальности движения составляют исполнительную схему, на которую наносят векторы планового смещения опалубки.

Согласно требованиям СНиП 3.03.01-87 для стен зданий и сооружений, возводимых в скользящей опалубке, при отсутствии промежуточных перекрытий допускается отклонение от вертикали на 1/500 высоты сооружения, но не более 100 мм, а при наличии промежуточных перекрытий на 1/1000 высоты сооружения, но не более 50 мм.

**Контроль горизонтальности рабочего пола опалубки** осуществляют при помощи оптического или лазерного нивелира. В процессе нивелирования рейку устанавливают на траверсы домкратов. Отклонения домкратов по высоте определяют относительно одного из них, отметку которого принимают за условный нуль.

Домкраты для нивелирования выбирают с таким расчетом, чтобы они равномерно располагались по всему рабочему полу и давали наиболее достоверную картину его наклона.

Устранение отклонений рабочего пола от горизонтальной плоскости производят последовательным отключением движения домкратов, имеющих превышения относительно условного нуля со знаком плюс, до тех пор, пока домкраты, имеющие превышения относительно условного нуля со знаком минус, не достигнут условного горизонта. Контроль горизонтальности рабочего пола выполняют ежедневно, но не реже, чем через 1-3 м высоты подъема.

**Контроль деформаций опалубки** в процессе ее подъема включает: измерения длины сторон и диагоналей каждой ячейки, рассто-

яний между щитами, конусности, а также общих габаритов опалубки. Повторными измерениями контролируют точность определения деформаций опалубки, ее габаритов.

Контрольные измерения производят при помощи металлической компарированной рулетки сразу после окончания контроля за вертикальностью подъема опалубки.

Точность измерений при контроле скользящей опалубки должна соответствовать точности детальных разбивочных работ при монтаже строительных конструкций (см. табл. 5.1).

### 6.7. Контроль точности монтажа оболочек

Для контроля монтажа сборных элементов оболочек создают внутреннюю разбивочную сеть. На рис. 6.16 такая сеть представлена пунктами  $T_1, T_2, \dots$ , заложенными на нулевой отметке. Над этими пунктами устанавливают электронный тахеометр, угловая точность которого должна быть не хуже  $5''$ , линейная – 2–3 мм.

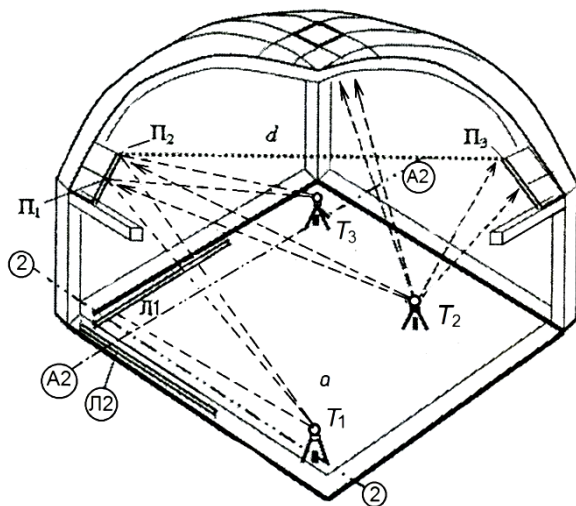


Рисунок 6.16. Контрольно-монтажные измерения в процессе установки плит оболочки в проектное положение:

$T_1, T_2, T_3$  – пункты установки электронного тахеометра; Л1, Л2 – ленты с миллиметровой шкалой;  $d = П_2-П_3$  – измеряемое контрольное расстояние

Для всех осевых и других контрольных точек вычисляют их пространственные прямоугольные координаты  $x$ ,  $y$  и  $H$ .

Электронный тахеометр устанавливают над пунктом  $T_1$  внутренней геодезической сети с известными координаты  $x_T$ ,  $y_T$  и  $H_T$  в той же системе. Геодезический контроль ведут полярным способом. Контрольные точки обозначают светоотражательными элементами. Полярные координаты осевых и контрольных точек вычисляются автоматически, согласно меню программ электронного тахеометра (см. формулы (5.6) – (5.8)).

Контроль установки колонн в вертикальное положение с помощью теодолита выполняют методом бокового нивелирования (см. рисунок 6.5, б). При этом специальные небольшие реечки прикладывают горизонтально к граням колонн при помощи облегченных шестов или применяются наклонмерные рейки. Требуемая точность установки указана в таблице 6.1, пункт 15.

Высотное положение колонн опорного контура оболочек можно контролировать геометрическим нивелированием с использованием подвешенной металлической ленты (рулетки) по схеме, показанной на рисунке 6.17. Такой контроль выполняют также тригонометрическим нивелированием посредством электронного тахеометра и светоотражателей.

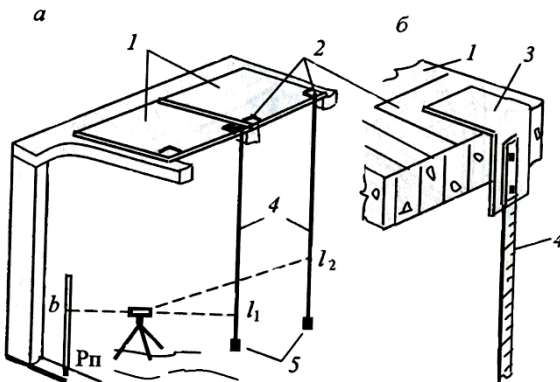


Рисунок 6.17. Определение положения плит по высоте:

$a$  – схема нивелирования;  $b$  – схема подвеса ленты;

1 – плита; 2 – закладная деталь; 3 – упор; 4 – измерительная лента; 5 – груз

Плановое положение сборных элементов оболочки можно определять методом бокового нивелирования. Для этого на стороне плановой опорной сети с помощью специальных скоб закрепляют измерительную ленту. Одну из скоб снабжают динамометрическим устройством, позволяющим натягивать ленту с определенным натяжением 49, 98 и 148 Н (5, 10, 15 кгс). Установив теодолит в точке плановой сети Т<sub>1</sub> (см. рисунок. 6.16), наводят вертикальную нить трубы на контрольную точку П<sub>1</sub> предварительно установленной плиты, после чего наводят трубу теодолита вниз и делают отсчет вертикальной нитью на измерительной ленте Л<sub>1</sub>. Эту операцию выполняют при двух положениях вертикального круга теодолита. Погрешность установки плиты оболочки в проектное положение будет равна разности измеренных и проектных координат. Измерения одновременно выполняют двумя теодолитами, установленными в точках Т<sub>1</sub> и Т<sub>2</sub>.

В случае недопустимых отклонений установку плиты корректируют, затем повторно проверяют положение плиты.

Сборные элементы оболочки первого ряда устанавливаются по перенесенным на опорный контур разбивочным осям. Контроль точности монтажа элементов остальных рядов можно производить при помощи металлической рулетки с динамометром. При этом измеряют диагональные расстояния между плитами. На рисунке 6.16 показано измеряемое диагональное расстояние  $d$  между точками П<sub>2</sub> и П<sub>3</sub>. Если лента провисает на длине  $l = 15-20$  м и большей, то в измеряемое расстояние  $d$  вводят поправку на провисание, экспериментально найденную заранее с учетом формулы (6.9).

Установку сборных элементов по высоте можно контролировать с помощью подвесной рулетки с грузом и нивелира. Контрольные точки симметрично монтируемых плит должны находиться в одной горизонтальной плоскости. Разница в их отметках допускается до  $\pm 5$  мм.

Рассмотренные работы выполняются электронным тахеометром более эффективно, но требуется предварительно рассчитать координаты каждой контрольной точки.

## 7. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ

### 7.1. Общие положения

Исполнительные геодезические съемки выполняют учреждения, осуществляющие строительные-монтажные работы. При возведении особо сложных объектов съемки могут выполняться с привлечением специализированных организаций.

Места, точки, параметры, методы, порядок проведения и объем съемок устанавливают в соответствии с проектной документацией.

Объем исполнительных чертежей установлен требованиями СНБ 1.03.04-2000 и «Перечня основных документов, предъявляемых государственным комиссиям по приемке объектов строительства».

Права, обязанности и ответственность между организациями определены в «Положении о взаимоотношениях организаций генеральных подрядчиков с субподрядными организациями».

Исполнительной съемке при возведении зданий и сооружений подлежат: зазоры между элементами, длины поверхностей опирания монтируемых элементов на ранее уложенные, несоосность стыкуемых элементов, несовпадения поверхностей элементов и неперпендикулярность отвесно монтируемых элементов или их отклонения от проектных наклонов.

При исполнительной съемке следует проверять непосредственным измерением: расстояния между осями или гранями конструкций, зазоры (расстояния) между элементами, длины площадок опирания монтируемых элементов, несоосность элементов или несовпадение поверхностей, неперпендикулярность элементов, а также правильность положения закладных деталей.

Для составления исполнительных схем используют рабочие чертежи проектов. В составе проектов должны выпускаться дополнительные листы (планы этажей, коммуникаций, профили и т.п.), на которые наносят данные исполнительной съемки.

По результатам исполнительных съемок при необходимости выполняют оценку геометрической точности монтажа конструкций. В качестве характеристик точности применяют среднее арифметическое  $\delta$  и квадратическое отклонение  $S$  малой или объединенной выборки, а при ограниченном количестве  $n$  измеренных отклонений – их размах  $R$

$$\bar{\delta} = \sum_1^n \delta_i / n; \quad (7.1)$$

$$S = \sqrt{\sum \delta_i^2 / n - \bar{\delta}^2}; \quad (7.2)$$

$$R = \delta_{\max} - \delta_{\min}, \quad (7.3)$$

где  $\delta_{\max}$ ,  $\delta_{\min}$  – измеренные минимальное и максимальное отклонения.

При распределении действительных отклонений, близких к нормальному, характеристики точности  $S$  оценивают по отношению к допуску  $\Delta$  на следующее условие:

$$\Delta \geq 2tS, \quad (7.4)$$

где  $t$ - коэффициент, принимаемый в зависимости от значения приемочного уровня дефектности  $q$ . При  $q = 0,25\%$   $t = 3$  и при  $q = 0,65\%$   $t = 2,7$ . Во всех остальных случаях измеренные отклонения сравнивают с допусками и допускаемыми отклонениями, предусмотренными в строительных нормах и правилах.

При объеме выборки равном 5-10 размах должен сопоставляться с величиной  $S$  с учетом выражения

$$R \leq AS, \quad (7.5)$$

где  $A$  – коэффициент, выбираемый по таблице 7.1.

Таблица 7.1

Объем мгновенной выборки	$A$	Объем мгновенной выборки	$A$
5	4,89	8	5,26
6	5,04	9	5,34
7	5,16	10	5,43



Необходимую точность результатов исполнительных съемок элементов конструкций рассчитывают по формуле (7.4) и определяют по соответствующим ТНПА (см. табл. 3.1).

## 7.2. Исполнительные съемки оснований и фундаментов

### Земляные сооружения и сборные фундаменты

Исполнительной съемке земляных сооружений подлежат в плане: бровки котлованов, насыпей, траншей, границы планировочных оформляющих плоскостей. Верхнюю и нижнюю бровки снимают при глубине выемок или высоте насыпей свыше 3 м. В остальных случаях допускается снимать только нижнюю бровку.

Съемке по высоте подлежат контуры котлованов, перепады (изменения) отметок оснований под фундамента, трубы и т.п.

Пример графического оформления результата съемки котлована приведен на рисунке 7.1.

**П р и м е ч а н и е.** На практике результаты всех видов исполнительных съемок часто оформляются согласно образцам, принятым в данной строительной отрасли. По этой причине приведенные в разделе 7 примеры оформления исполнительных съемок отражают лишь сущность составления таких документов. Материалы исполнительных съемок подписываются производителями работ и подлежат архивному хранению.

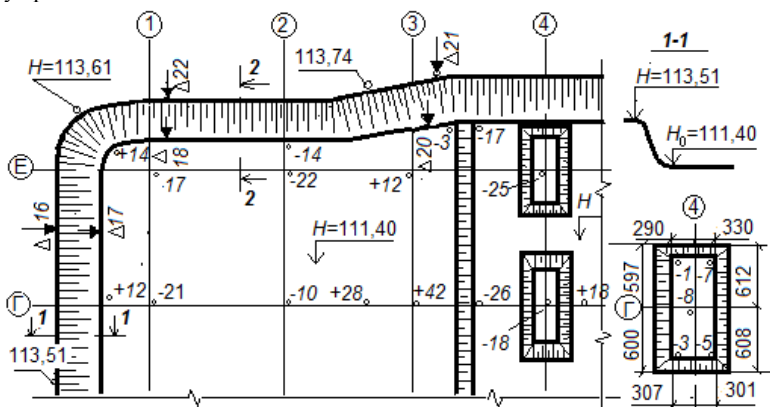


Рисунок 7.1. Места исполнительной съемки котлована и примеры записи результатов. Размеры (кроме отметок) приведены в миллиметрах;  
 - 18, - 25 – отклонение отметки дна котлована от проектной;  
 $\Delta 16$ ,  $\Delta 17$  – горизонтальные отклонения верхней и нижней бровок от проектного положения

Отклонения фактических отметок и размеров земляного сооружения от проектных сравнивают с допускаемыми величинами, приведенными в СНБ 5.01.01-99.

На первом этапе съемки определяют размеры (габариты) контура оснований и их привязки к осям, отметки оснований до их зачистки или подливки.

На втором этапе определяют упомянутые размеры и отметки после доведения их до проектных значений. Для технологического оборудования фундаменты устраивают с отметкой на 50-60 мм ниже проектной отметки опорной поверхности оборудования, поэтому исполнительную съемку первого этапа производят до подливки, а второго – после подливки основания бетоном.

Примеры графического оформления результатов съемок сборных фундаментов приведены на рисунках 7.2 и 7.3.

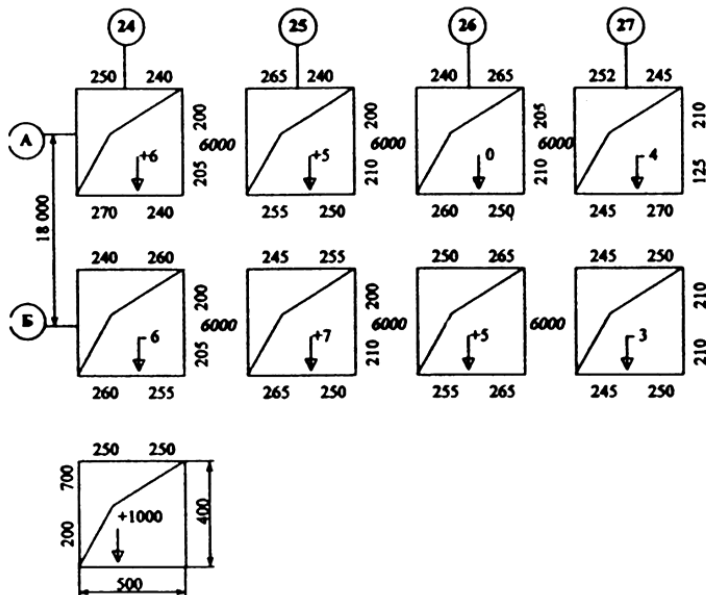


Рисунок 7.2. Исполнительная схема планово-высотного положения стаканов фундаментов под железобетонные колонны. Проектные размеры приведены в миллиметрах; (+) завышенные, (-) заниженные от проектной отметки дна стакана

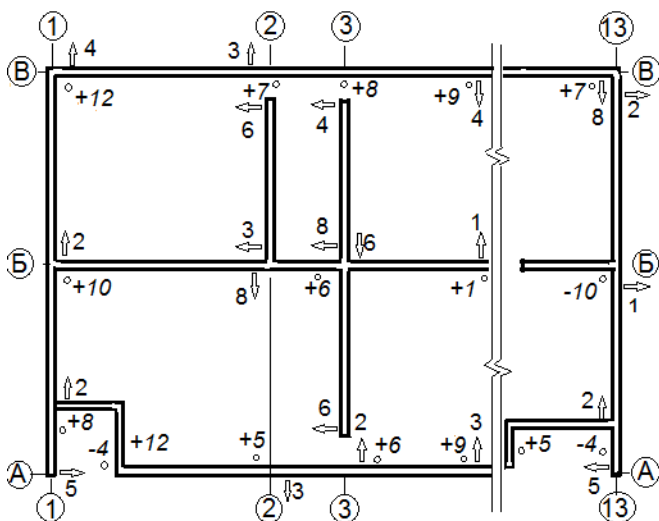


Рисунок 7.3. Исполнительная схема положения блоков подвальной части здания. Стрелками показаны смещения блоков с осей; цифрами со знаком (+) или знаком (-) обозначены отклонения от проектной отметки в миллиметрах

### Свайные фундаменты

При однорядном расположении свай съемке подлежат все сваи с измерением их отклонений относительно их продольной оси, а крайние – относительно продольных и поперечных осей.

При двух- и трехрядном расположении свай съемке подлежат крайние сваи с измерением их отклонений относительно продольных осей.

При сплошном свайном поле съемке подлежат крайние сваи относительно осей контура поля, а сваи, расположенные по углам, – относительно продольных и поперечных свай.

Съемке относительно продольных и поперечных осей подлежат круглые сваи диаметром более 0,5 м, буронабивные сваи и сваи-оболочки. Отклонения свай от их проектного положения определяют с точностью 1–2 см. Измеренные отклонения сравнивают с допустимыми отклонениями при забивке (погружении) свай, регламентированными нормативными документами.

Пример графического оформления результатов съемок свайного поля приведен на рисунке 7.4.

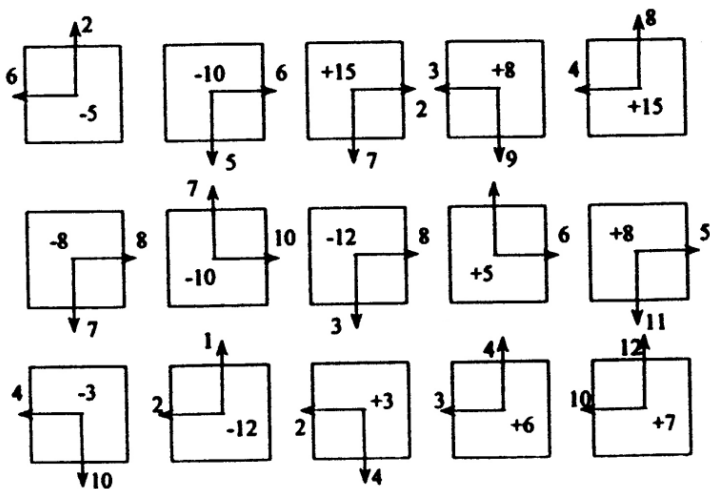


Рисунок 7.4. Исполнительная схема свайного поля. Стрелками показаны смещения центров свай от проектного положения, цифра обозначает их величину в миллиметрах, а цифра со знаком (-) – отклонение оголовка сваи от проектной отметки

### 7.3. Содержание и оформление исполнительных съемок при возведении надфундаментных конструкций

При исполнительной съемке опалубки и поддерживающих лесов на соответствующих схемах показывают отклонения:

- в расстояниях между опорами изгибаемых элементов, связями вертикальных поддерживающих конструкций на 1 м длины и на весь пролет с интервалом через 1 м;
- расстояний от вертикали или относительно линий проектного наклона плоскостей опалубки на всю высоту конструкций с интервалом не реже, чем через 1 м;
- осей опалубки фундаментов, стен колонн, балок, прогонов, арок;
- в положении стоек домкратных рам и осей домкратов от вертикали;

- осей перемещаемой или переставляемой опалубки относительно осей сооружения;
- внутренних размеров опалубок балок, колонн, стен от проектных размеров.

На схемах показывают разность отметок плоскостей верхних кружал или поверхности рабочего пола скользящей опалубки, конусность скользящей опалубки, а в особо оговоренных в проекте случаях – местные неровности опалубки на двухметровых интервалах. Замеры в последнем случае производят относительно плоскости рейки длиной не менее 2-х метров.

**При исполнительной съемке монолитных железобетонных конструкций** снимают и на схемах показывают отклонения плоскостей и линий их пересечения от вертикали или от проектного наклона конструкций фундаментов, стен, колонн, горизонтальных плоскостей. Съемку выполняют на всю высоту или плоскость участка. Интервал между точками съемки ограничивают одним метром, если иные требования не предусмотрены проектом.

В монолитных жилых зданиях, возводимых методом скользящей опалубки, снимают и на схемах показывают: в плане – места пересечения стен, по высоте – отметки проемов штраб, отверстий и полов.

Отклонения габаритов и отметок от проектных значений сравнивают с величинами допусков, указанных в СНиП 3.03.01-87.

**При исполнительной съемке сборных элементов** снимают и на схемах показывают отклонения конструкций относительно разбивочных осей, проектных отметок осей фундаментальных блоков и стаканов, а также осей или граней сборных элементов.

В случаях, специально оговоренных в проектах, определяют величины площадок опирания и зазоры между элементами конструкций.

В объемно-блочных зданиях выполняют исполнительную съемку: в плане – продольных граней блоков (при линейном опирании), углов (при опирании блоков по углам); по высоте – опорных площадок несущих стен.

**В промышленных зданиях с подъемно-транспортным оборудованием** исполнительной съемке подлежат: в плане – расстояния от колонн до оси балки, смещения оси рельсовой нитки от оси балки; по высоте – отклонения балок и головок рельсов от проектных.

**В каркасных зданиях** производят исполнительную съемку в плане – колонн, ригелей, балок, распорных плит, диафрагм жесткости. По высоте определяют горизонтальность опорных плоскостей (оголовков) колонн в пределах между температурными швами, навесных панелей наружных стен.

Отклонения, смещения и разности отметок, зафиксированные в процессе съемки, сравнивают с величинами, регламентированными СНиП 3.03.01-87.

Места съемки элементов конструкций показаны на рисунке 7.5.

**В каркасных зданиях** производят исполнительную съемку в плане – колонн, ригелей, балок, распорных плит, диафрагм жесткости. По высоте определяют горизонтальность опорных плоскостей (оголовков) колонн в пределах между температурными швами, навесных панелей наружных стен (примеры записи результатов съемки см. на рисунках 7.3 и 7.4).

Отклонения, смещения и разности отметок, зафиксированные в процессе съемки, сравнивают с величинами, регламентированными СНиП 3.03.01-87.

Места съемки некоторых элементов конструкций показаны на рисунке 7.5.

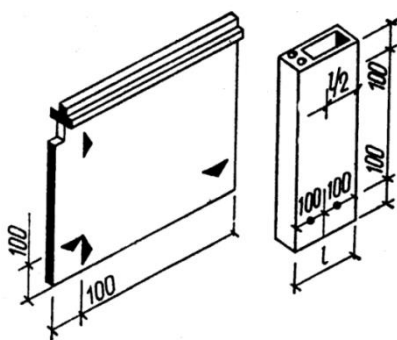


Рисунок 7.5. Места съемки элементов конструкций зданий

**В крупнопанельных зданиях** предусмотрена исполнительная съемка в плане – панелей несущих и ограждающих стен, панелей (плит) перекрытий, объемных элементов лифтовых, санитарно-технических и других. По высоте определяют горизонтальность плит (панелей) перекрытий в пределах между температурными швами и перепад отметок смежных в плане элементов, образующих

опорную площадку. Пример записи результатов съемки приведен на рисунке 7.6.

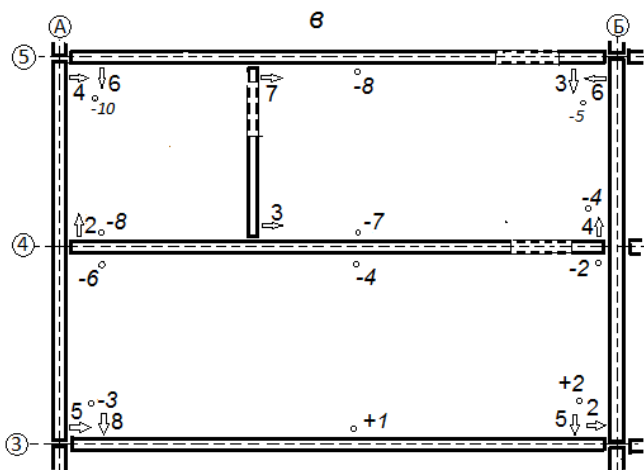


Рисунок 7.6. Исполнительная схема плано-высотного положения конструкций панельного здания на уровне поверхности межэтажного перекрытия (план): стрелками показаны направления смещений панелей по низу; цифрами со знаком + или – даны отклонения верха панелей перекрытия по высоте (в миллиметрах)

**Исполнительную съемку лифтов** выполняется в два этапа.

На первом этапе контролируют геометрическую точность строительной части лифтового блока, на втором – точность положения лифта в шахте. Пример графического оформления съемки и записи результатов измерений приведен на рисунке 7.7.

*На первом этапе исполнительной съемки* измеряют отклонения:

- стен шахт от вертикальной плоскости, по ширине и длине (глубине) шахты;
  - разности диагоналей в плане в сечениях каждого яруса;
  - отверстий в стенах шахты и в полах машинного и блочного помещений, а также закладных деталей (кромки лестничных площадок и маршей, примыкающих к металлокаркасной плоскости) по всей высоте шахты;
- нижней рамы и поясов металлокаркасной шахты от горизонтальной плоскости, стояков – от вертикали;

- осей проемов дверей шахты относительно общей вертикальной оси;
- опорных поверхностей тумб для установки буферов в горизонтальной плоскости;
- вертикальных осей, оставляемых в тумбах колодцев для анкерных буферных подставок (из плоскости направляющих);

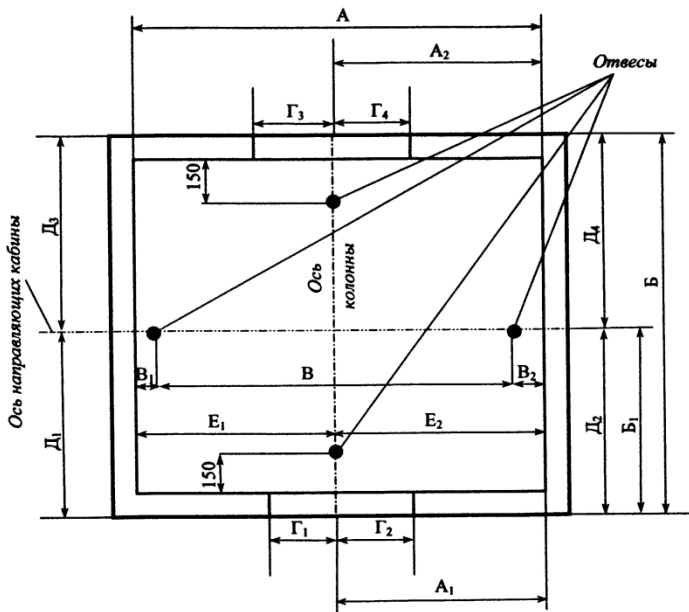


Рисунок 7.7. Исполнительная схема строительной части шахты лифта:  
 $A$ ,  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $B$ ,  $B_1$  и  $B$  – размеры, определяемые монтажным (установочным чертежом). Размер  $B$  равен расстоянию между направляющими кабины минус 50 мм;  $A_2$ ,  $\Gamma_3$  и  $\Gamma_4$  – размеры для лифта с проходной кабиной;  
 $E_1$  и  $E_2$  – размеры для лифта с раздвижными дверями шахты

На втором этапе исполнительной съемки измеряют отклонения:

- направляющих кабины и противовеса от вертикали;
- размеров между головками направляющих кабины (противовеса);
- вертикальной оси буфера (из плоскости направляющих) и от отвесной линии и т.п.



Измеренные отклонения сравнивают с допускаемыми согласно проектной документации и строительным нормам.

**Исполнительную съемку металлических конструкций** (кроме металлических каркасов и кожухов печей и труб) выполняют преимущественно в два этапа.

*На первом этапе* снимают и на схемах показывают отклонения в отметках и смещение опорных мест фундаментов, закладных деталей, анкерных болтов, а в необходимых случаях, специально оговоренных в проектах, – габаритов конструкций после укрупнительной сборки.

В некоторых видах производственных зданий и сооружений колонны и иные опоры фермы, ригели, пролетные строения, подкрановые балки, стальные настилы, башни и башенные сооружения, трубы, бункера, кожухи различных устройств, копры, тяги, пояса, траверсы и т.п. снимают дважды (до и после проведения производственных или приемочных испытаний).

*Исполнительная съемка второго этапа* проводится после окончания всех испытаний вне зависимости от их числа.

Места съемки, форма отражения результатов съемки, точность измерений, устанавливаются проектной документацией.

Отклонения отметок, габаритов, привязок к осям и другие геометрические назначения сравнивают с допускаемыми согласно СНиП 3.03.01-87, если иные требования не приведены в проектной документации.

**При исполнительной съемке каменных конструкций** снимают и на схемах показывают отклонения:

- размеров (толщин) конструкций, опорных поверхностей, ширины простенков, проемов, вертикальных осей оконных и других проемов, штраб;
- от разбивочных осей углов кладки в нижнем сечении, от вертикали в пределах каждого этажа и на все здание при его высоте более двух этажей;
- рядов кладки от горизонтали не реже, чем через 1 м длины.

В кирпичных зданиях исполнительную съемку производят: в плане – мест пересечения капитальных стен; по высоте – площадок опирания перекрытий на стены (пример записи результатов исполнительной съемки см. на рисунке 7.3).

Отклонения габаритов и отметок от проектных значений надлежит сравнивать с величинами допусков, регламентированных СНиП 3.04.01-87.

**При исполнительной съемке деревянных конструкций** снимают и на схемах показывают отклонения в размерах несущих конструкций: по длине, высоте, в расстояниях между осями; отклонения в смещениях вертикали, центров опорных узлов от центров опорных площадок, в глубине врубок. размерах поперечных смещений.

Отклонения отметок и габаритов сравнивают с требованиями, регламентированными СНиП 3.03.01-87 при этом величины допускаемых отклонений могут быть назначены в миллиметрах, процентах или относительной мере длины (высоты) конструкций.

**Исполнительную съемку полов** выполняют в два этапа.

На первом этапе определяют и фиксируют отметки элементов пола: оснований, подстилающих слоев, стяжек, сборных элементов (в том числе плит перекрытий) и др.

На втором этапе фиксируют отметки поверхности полов вне зависимости от материала, из которого они сделаны. На этом этапе проверяется ровность поверхности каждого элемента пола во всех направлениях с частотой съемки не реже, чем через 1 м, если иная не предусмотрена проектной документацией.

Критерием правильности выполненных работ являются величины просвета между двухметровой рейкой и плоскостью полов. Допустимые величины просветов, зафиксированные при исполнительной съемке, сравниваются с требованиями СНиП 3.04.01-87.

**Исполнительную высотную съемку фундаментов**, возводимых под монтаж оборудования и трубопроводов, выполняют в два этапа.

*На первом этапе* выполняют высотную съемку опорных поверхностей фундаментов до подливки раствора, приварки (укладки) прокладок под монтаж конструкций. По результатам съемки первого этапа определяют высоту подливки, толщину прокладок.

*На втором этапе* контролируют высоту подготовленных опорных поверхностей. Высотную исполнительную съемку фундаментов, закладных деталей, прокладок и анкерных болтов, установленных под монтаж типового технологического оборудования, выпол-

няют с точностью 1-3 мм. Более высокая точность съемки необходима для прецизионного оборудования (см. табл. 5.1, п. 16).

Высотную съемку контуров опорных строительных конструкций и устанавливаемого на них оборудования выполняют геометрическим нивелированием от реперов, размещенных вне зон возможных осадок грунтов. При исполнительной съемке прецизионного оборудования пользуются специальными гидронивелирами.

**Исполнительная съемка в плане фундаментов, возводимых под монтаж трубопроводов**, выполняется от осей или линий им параллельных. Эти ориентиры наносят на закладные металлические детали слесарными чертилками или кернами.

#### 7.4. Исполнительные съемки инженерных сетей

Исполнительные съемки подземных инженерных сетей и сооружений выполняют относительно знаков геодезической или разбивочной сети строительной площадки и относительно зданий, расположенных вдоль трассы подземной прокладки.

**В содержание работ** при исполнительной съемке входят:

- выяснение наличия геодезической или разбивочной сети и восстановление знаков этой сети;
- съемку и нивелирование элементов инженерных сетей и сооружений;
- составление исполнительных чертежей и планов.

По каждому отдельному виду подземных сетей и сооружений исполнительной съемке подлежат:

*по канализации, водостоку, дренажу* – оси трасс, колодцы, углы поворота, изломы сетей в профиле, места присоединений и выпусков;

*по газопроводу* – ось трассы, углы поворота, камеры, места подключений, вводы, изломы в профиле;

*по водопроводу* – ось трассы, колодцы, вводы, аварийные выпуски, артезианские скважины;

*по теплосети* – ось трассы, камеры, углы поворота, компенсаторы, места подключений, вводы;

*по телефонным сетям* – ось трассы, колодцы, распределительные шкафы, места ввода и подключений;

*по силовым кабельным сетям* – ось трассы кабелей (независимо от способов укладки), колодцы, тоннели и коллекторы, трансформаторные подстанции, киоски.

При съемах должны быть собраны данные о количестве прокладок, отверстий, материале труб, колодцев, каналов, о размерах диаметров труб и каналов, давлении в газовых и напряжении в кабельных сетях.

При расположении подземных сетей в блоках и тоннелях снимается только одна их сторона, другая же наносится по данным промеров. Выходы подземных сетей и элементы их конструкций должны быть связаны между собой или привязаны к твердым контурам застройки контрольными промерами.

При съемке кабелей в пучках замеры производят до крайних кабелей.

Обязательной съемке подлежат все подземные сооружения, пересекающие прокладку или идущие параллельно с ней. Одновременно со съемкой указанных элементов инженерных сетей должны быть сняты все здания, прилегающие к проезду или к трассам прокладок.

Ширина полосы, охватываемой съемкой, должна быть не менее 20 м в обе стороны оси трассы и устанавливаться заданием.

При производстве работ рекомендуется давать единую нумерацию колодцев, камер и др.

У круглых колодцев снимается центр крышки решеток, у люков прямоугольной формы – два угла.

При значительном заглублении снимаемых элементов (свыше 1 м) точки их выносятся на поверхность земли при помощи отвеса или рейки с круглым уровнем.

Закругленные части сооружения снимают так, чтобы отразить подобие фигуры в масштабе составляемого плана.

При съемке колодцев и камер обмеряют внутренние и внешние габариты сооружения, его конструктивные элементы, измеряют положение труб и фасонных частей относительно отвесной линии, проходящей через центр крышки колодца.

При этом должны быть установлены назначение, конструкция колодцев, камер, распределительных шкафов и киосков, характеристика имеющейся в них арматуры.

Для газовых и тепловых сетей фиксируют положение стыков трубопроводов относительно люков колодцев или камер с указанием типа стыка.

Результаты измерений заносят в абрисы, в которых показывают схемы подземных линейных сооружений, камер и др., их линейные размеры, сечения, привязки к пунктам геодезической основы, к ближайшим постоянным объектам застройки.

**Плановое положение** всех подземных сетей и относящихся к ним сооружений должно быть определено с предельной погрешностью в плане не большей 0,2 м. Исполнительную съемку подземных сооружений выполняют относительно различных опорных точек:

- на застроенной территории от твердых точек капитальной застройки, от пунктов геодезической или разбивочной сети и съемочного обоснования, от точек специально проложенных теодолитных ходов;
- на незастроенной территории от точек съемочного обоснования, пунктов геодезической сети или от точек специально проложенных теодолитных ходов;

Выходы подземных сетей и углы их поворота на незастроенной территории координируют – определяют их плановые и высотную координату.

Координирование колодцев и точек углов поворота на застроенной территории производится только по специальному заданию заказчика.

Съемка планового положения элементов подземной сети производится одним из нижеприведенных способов:

- *способом линейных засечек* – не менее чем от трех точек. Стороны засечки не должны превышать длину мерной ленты или рулетки (20–50 м). Углы между смежными направлениями засечек у определяемой точки должны быть не менее 30° и не более 120°.
- *способом перпендикуляров* – длиной не более 4 м от линий, соединяющих точки съемочного обоснования, теодолитных ходов или капитальной застройки, а также от линий, продолжающих их створ. Длина продолжения створа принимается в пределах половины расстояния между конечными точками створа, но не должна быть более 60 м;

• *полярным способом* – с пунктов опорной геодезической сети, с точек съемочного обоснования и теодолитных ходов или с вспомогательных точек, определенных указанными выше способами. Нуль лимба теодолита ориентируют на твердую точку, отстоящую от прибора не ближе чем на 50 м. длина полярного направления не должна быть более 30 м.

При всех способах съемки точек подземной инженерной сети в обязательном порядке производят контрольные измерения расстояний между ними.

Все линейные измерения при съемках производятся стальными лентами или рулетками. Запрещено измерять линии тесьмяными рулетками.

Точки подземной инженерной сети, расположенные в траншеях, при съемке выносятся на поверхность земли отвесом.

Все снимаемые точки элементов подземной инженерной сети последовательно, по ходу съемки, нумеруются в полевых абрисах и журналах.

**Высотное положение элементов подземной инженерной сети (их исполнительная съемка)** определяется до засыпки траншей техническим нивелированием от реперов городской нивелирной сети в соответствии с требованиями СНБ 1.02.01-96. Высотные отметки точек подземных сетей определяют с погрешностями, не большими 5–8 мм для самотечных трубопроводов, и с менее высокой точностью (10–20 мм) для остальных подземных прокладок.

Нумерация точек, установленная в процессе горизонтальной съемки, при нивелировании не изменяется.

Запрещено определение высотных отметок от условного начала.

Невязка нивелирного хода или замкнутого полигона не должна превышать величины (в мм), вычисленной по формуле

$$f_{h \text{ доп}} = \pm 30 \sqrt{L}; \quad (7.6)$$

где  $L$  – длина хода в километрах.

При числе станций на 1 км хода  $n \geq 25$

$$f_{h \text{ доп}} = \pm 10 \sqrt{n}. \quad (7.7)$$

*Высотное положение проходных коллекторов* контролируют проложением внутри них нивелирных ходов. Определяют отметки пола коллектора, верха в пакетах (блоке) кабельной канализации, верха бронированного кабеля.

*В самотечных трубопроводах* определяют отметки верха лотков водотока.

Для всех видов подземных инженерных сетей нивелируют точки в характерных местах поверхности земли (бровки траншей), обечайки смотровых люков и все остальные точки, заснятые в плане. Кроме того, определяют отметки элементов всех ранее построенных инженерных сетей, вскрытых при строительстве.

При глубоком заложении подземных инженерных сетей, когда невозможно определить высотное положение точек с помощью нивелира и рейки, искомые отметки получают измерением металлической рулеткой вертикального расстояния от твердой точки, занивелированной на поверхности земли, или другими доступными методами, обеспечивающими необходимую точность получения отметок.

## **7.5. Оформление исполнительной документации**

**Оперативный исполнительный геодезический план строительной площадки.** Строительство крупных промышленных предприятий продолжается обычно несколько лет. Одновременно идет непрерывный процесс уточнения, дополнения, изменения проектной документации, генплана, разбивочных чертежей и т.д. В этих условиях необходим систематически обновляемый комплект исполнительной технической документации, позволяющий снабжать обновленными геодезическими данными исполнителей строительных работ. Для этой цели ведется оперативный геодезический план строительной площадки (ОГП).

Генеральный план строительства отражает строящийся объект (объекты) в статике, тогда как ОГП показывает динамику, текущие изменения на строительной площадке.

В состав документов ОГП входит основная, детальная и вспомогательная документация.

Основная графическая документация ОГП включает:

- обзорную карту района строительства в масштабе 1:10 000 – 1:50 000;
- сводный план строительства основных объектов и внешних инженерных сетей в масштабе 1:2000 – 1:10 000;
- план строительной площадки в масштабе 1:500 – 1:2000;
- план строящегося жилого поселка, микрорайона, квартала в масштабе 1:500 – 1:2000;
- план строительства подсобных зданий и сооружений в масштабе 1:500 – 1:2000;
- планы крупных карьеров строительных материалов с жилыми поселками при них в масштабе 1:1000 – 1:2000.

На сводном плане строительства показывают основные строительные объекты, существующие и входящие в строй инженерные сети, вспомогательные сооружения с их основными коммуникациями. На сводный план наносят пункты геодезической и разбивочной сети, рельеф и ситуация местности, внешние линейные сооружения и т.п. Всю графическую документацию оформляют в общепринятых условных знаках, а в случае применения нестандартных обозначений дают пояснительные надписи.

На крупномасштабном плане строительной площадки показывают координатную и строительную сетки, пункты геодезической сети, координаты основных и характерных точек зданий и сооружений, инженерные сети и сооружения, рельеф. Все документы должны содержать точные цифровые данные (координаты, высоты, размеры и т.д.).

**Исполнительный чертеж инженерных сетей.** По окончании обработки материалов исполнительных съемок инженерных сетей составляют исполнительный чертеж. Его основой служит копия согласованного проекта инженерных сетей в масштабе 1:500 или план масштаба 1:500, составленный по результатам исполнительных съемок.

При вычерчивании исполнительного чертежа на кальке в полосе не менее 20 м в каждую сторону от оси трассы (если иная ширина полосы съемки не установлена заданием) показывают контуры зданий, их характеристики, контуры и покрытие улиц, деревья, опоры ЛЭП, ограды и прочие объекты, предусмотренные «Инструкцией по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500» ГУГК (М., «Недра», 1982).



В состав исполнительного чертежа входят:

- ситуационный план участка в масштабе 1:2000 с указанием месторасположения участка работ и наименованием 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 или 1:200 и в отдельных случаях 1:50 (для тепловых сетей и кабеля связи);
- размеры колодцев (камер) с указанием материалов, высоты горловины, расположения и привязкой вводов труб в колодец;
- направления на смежные колодцы и вводы;
- характерные сечения коллекторов, каналов, футляров, блоков, накатов.

Состав исполнительной документации на трубопроводы и подземные сооружения определяют на основании технических условий и проектов на их сооружение.

Если прокладка подземных сооружений выполнена с отклонениями от проекта, то на исполнительных чертежах должно быть указано, кем и когда эти отклонения разрешены.

Исполнительный чертеж входит в состав обязательной исполнительной документации, предъявляемой строительной организацией при сдаче в эксплуатацию законченных строительством инженерных сетей.

Контрольную геодезическую съемку подземных инженерных сетей выполняет заказчик (застройщик), осуществляющий технический надзор за строительством.

Не позднее, чем за три дня до засыпки траншей и котлованов строительные организации обязаны вызывать заказчиков (застройщиков) для проведения инструментальной проверки соответствия планового и высотного положения построенных подземных инженерных сетей на местности их отображению на предъявляемых исполнительных чертежах.

По подземным инженерным сетям, имеющим большую протяженность и находящимся длительное время в процессе строительства, исполнительные чертежи представляют частями, оформленными по мере окончания строительства отдельных участков.

Ответственность за правильное составление и своевременное представление исполнительных чертежей на проложенные подзем-

ные инженерные сети и сооружения несут руководители строительных (специализированных) организаций и лица, ответственные за производство работ и составление исполнительных чертежей.

## **8. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ПЕРЕМЕЩЕНИЯМИ И ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

### **8.1. Цель и организация геодезического мониторинга перемещений и деформаций сооружений**

1. Геодезические наблюдения за перемещениями и деформациями зданий и сооружений (геодезический мониторинг строительных объектов) проводятся в целях:

- выполнения требований ведомственных инструкций и предписаний проектных организаций на постоянный геодезический мониторинг осадки и деформаций в процессе возведения и эксплуатации зданий и сооружений, имеющих большое народнохозяйственное значение (например атомных, гидро- и тепловых электростанций, других промышленных зданий и фундаментов под сложным оборудованием на крупных предприятиях, высоких башен и др.);

- измерения фактических пространственных перемещений элементов несущих конструкций в процессе возведения сложных сооружений для своевременного выявления возможных чрезмерных деформаций объекта и принятия своевременных мер по предотвращению их аварийного состояния, а также для экспериментальной проверки методов расчета конструкций на устойчивость;

- корректировки норм на предельно допустимые величины нагрузки на грунтовые основания для различных видов грунтов и типов зданий и сооружений.

- выявления степени опасности деформаций оснований под фундаментами эксплуатируемых зданий и сооружений, развивающихся в результате извлечения жидких, твердых и газообразных полезных ископаемых, а также принятия своевременных мер по устранению последствий возникших деформаций объекта;

2. Геодезические наблюдения за перемещениями и деформациями (осадками, сдвигами, неравномерными осадками, кренами)

оснований, фундаментов, а также возведенных на них зданий и сооружений, производятся по специальной программе, составленной на основе технического задания. Наблюдения могут начинаться со стадии устройства фундаментов или после окончания строительства при обнаружении признаков чрезмерных деформаций объекта.

3. Комплексные измерения вертикальных и горизонтальных перемещений сооружений надлежит выполнять с точностью, установленной проектной документацией или правилами технической эксплуатации объекта.

Для *особо значимых сооружений* требуемую точность измерения вертикальных и горизонтальных перемещений обосновывают специальными расчетами и предусматривают максимально надежные и точные методы геодезического мониторинга деформаций.

Для *неуникальных зданий и сооружений* при отсутствии специальных требований принимают следующие величины допустимых погрешностей измерения вертикальных и горизонтальных перемещений [1]:

- для объектов в процессе возведения на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах – 2 и 5 мм;
- для объектов, длительное время находящихся в эксплуатации, а также возводимых на плотных моренных и скальных грунтах, – 1 и 2 мм;
- для зданий и сооружений в процессе возведения на насыпных, просадочных, заторфованных и других сильно сжимаемых грунтах, – 5 и 10 мм;
- для земляных сооружений – 10 и 15 мм.

4. Геодезические наблюдения за перемещениями и деформациями зданий и сооружений следует проводить в соответствии с техническим заданием, например в течение всего периода строительства и в период эксплуатации до достижения параметров условной стабилизации деформаций, установленных проектной или эксплуатирующей организацией.

## **8.2. Измерения вертикальных перемещений**

5. Перед началом измерений вертикальных перемещений (осадки) фундаментов необходимо установить опорные реперы (исходные геодезические знаки высотной основы) и деформационные

(осадочные) знаки (рисунок 8.1) на контролируемых зданиях, для которых определяются вертикальные перемещения.

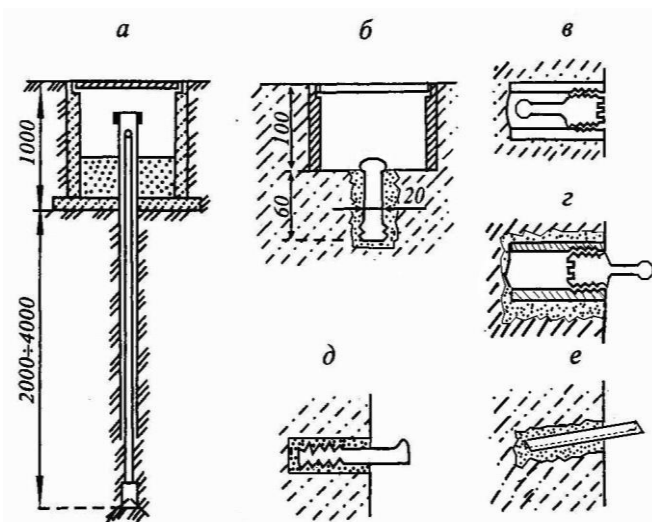


Рисунок 8.1. Примеры устройства опорных реперов и осадочных марок:  
*a* – грунтовый трубчатый репер; *б* – плитная марка; *в*, *г* – марка закрытого вида в закрытом и рабочем положениях; *д*, *е* – марки открытого вида

Примерная схема размещения реперов вне здания и осадочных знаков на несущих колоннах в цехе промышленного здания приведена на рисунке 8.2.

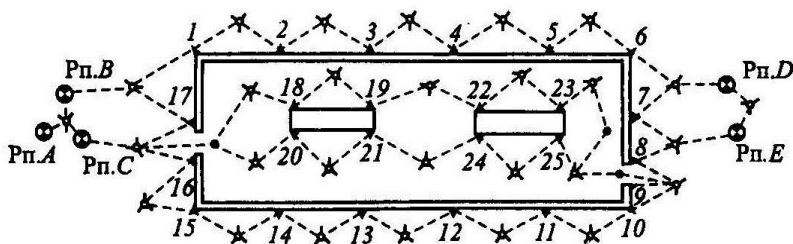


Рисунок 8.2. Примерная схема размещения опорных реперов и осадочных знаков при определении осадки несущих колонн в цехе промышленного предприятия

Опорные реперы числом не менее трех должны размещаться:

- в стороне от проездов, подземных коммуникаций, складских и других территорий;
- вне зоны распространения деформаций грунтового массива от давления на него здания или сооружения;
- вне зон влияния оползневых склонов, нестабилизированных насыпей, осадки земной поверхности от извлечения подземных твердых и жидких полезных ископаемых, карстовых образований и других неблагоприятных инженерно-геологических и гидрогеологических воздействий;
- на расстоянии от здания не менее тройной толщины слоя просадочного грунта;
- в местах, где исключены влияния вибраций грунта на устойчивость репера от транспортных средств, машин, механизмов;
- в местах, где в течение всего периода наблюдений возможен удобный подход к реперам для нивелирных работ.

6. После установки репера на него должна быть передана высотная отметка от ближайших пунктов геодезической сети. При значительном (более 2 км) удалении пунктов геодезической сети от устанавливаемых реперов допускается принимать условную систему высот.

7. Осадочные знаки устанавливают в нижней части несущих конструкций по периметру здания снаружи или внутри его, на стыках строительных блоков, по обе стороны осадочного или температурного шва, в местах примыкания продольных и поперечных стен, на поперечных стенах в местах пересечения их с продольной осью, на несущих колоннах, вокруг зон с большими динамическими нагрузками от оборудования, на участках с неблагоприятными геологическими условиями.

8. Геометрическое нивелирование служит основным способом измерения вертикальных перемещений. Методы геометрического нивелирования изложены в Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов (М., Недра, 1990). Технические характеристики и допуски для геометрического нивелирования должны отвечать требованиям таблицы 8.1.

Методика проведения работ принимается для нивелирования классов:

I – двойным горизонтом, способ совмещения, в прямом и обратном направлении или замкнутый ход;

II и III – одним горизонтом, способ совмещения, способ наведения, замкнутый ход;

IV – одним горизонтом, способом наведения.

Таблица 8.1

**Характеристики геометрического нивелирования**

Условия геометрического нивелирования	Основные технические характеристики и допуски для геометрического нивелирования классов			
	I	II	III	IV
Применяемые нивелиры	Н-05 и равноточные цифровые		Н-03 и равноточные	
Применяемые рейки	РН-05 (с инварной полосой и кодовые)		РН-3 (двусторонние шашечные)	
Число станций незамкнутого хода, не более	2	3	5	8
Визирный луч: длина, м, не более; высота над препятствием, м, не более	25	40	50	100
	1	0,8	0,5	0,3
Неравенство расстояний от нивелира до реек на станции, м, не более	0,2	0,4	1	3
Накопление неравенства расстояний до реек в замкнутом ходе, м, не более	1	2	5	10
Допускаемая невязка превышений (мм) в замкнутом ходе при числе станций $n$	$\pm 0,15\sqrt{n}$	$\pm 0,5\sqrt{n}$	$\pm 1,5\sqrt{n}$	$\pm 5\sqrt{n}$

В результате нивелирования определяют отметки осадочных знаков относительно отметок опорных реперов. Величина осадки (приращения осадки)  $\Delta H$  марки за соответствующий период наблюдений определяется как разность ее отметок, полученных по данным текущего ( $H$ ) и начального циклов наблюдений ( $H_0$ ), т. е. по формуле

$$\Delta H_i = H_i - H_0 . \quad (8.1)$$

9. **Тригонометрическое нивелирование** применяется при измерениях вертикальных перемещений фундаментов в условиях резких перепадов высот (больших насыпей, глубоких котлованов, косоголов и т.д.). Измерение вертикальных перемещений методом тригонометрического нивелирования выполняют короткими лучами (до 100 м), при помощи высокоточных электронных тахеометров, а также теодолитов Т-1, Т-2, Т-5 и им равноточных. Допускаемые погрешности измерения расстояний и вертикальных углов не должны превышать величин, приведенных в таблице 8.2. При работе с теодолитами необходимы и светодальномеры, обеспечивающие соответствующие точности измерения расстояний.

Таблица 8.2

**Показатели точности тригонометрического нивелирования**

Класс точности	Допускаемая погрешность измерения			
	расстояний, мм при значении вертикальных углов,		вертикальных углов, с, при их значениях, градус	
	до 10°	10°–40°	до 10°	св. 10 до 40°
II	7	1	2,5"	1,5"
III	14	3	5"	3"
IV	35	8	12"	10"

10. Гидростатическое нивелирование (переносным шланговым прибором или стационарной гидростатической системой, устанавливаемой по периметру фундамента, следует применять для измерения относительных вертикальных перемещений большего числа точек, труднодоступных для контроля другими методами, а также в случаях, когда нет прямой видимости между марками, или на месте производства измерительных работ невозможно пребывание человека по условиям безопасности труда.

11. По данным последовательных циклов нивелирования составляют таблицы осадок, в которых указывают дату нивелирования, номера марок, их отметки и разности отметок (осадку). Строят объединенные графики возрастания нагрузки на основании (рисунок 8.3, а) и график хода осадки марок во времени (рисунок 8.3, б). Кроме того, при необходимости составляют развернутые графики неравномерности осадки, на них в некотором масштабе вычерчивают развертку стен, наносят вертикальные линии места марок, на

вертикальных линиях отмечают отрезки и точки, соответствующие приращениям осадки каждой марки. Ломаная линия, проведенная через точки этих отрезков, отражает неравномерность осадки и характеризует перекося соответствующих конструкций.

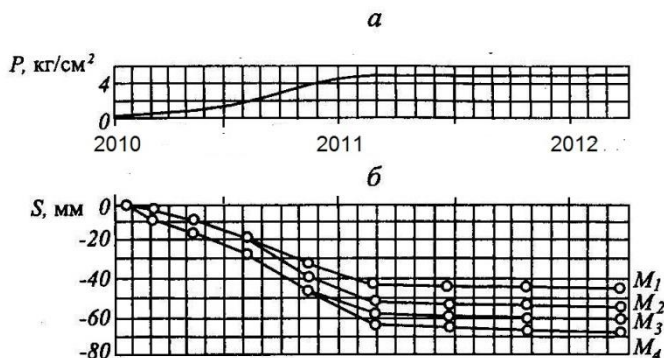


Рисунок 8.3. Графики изменения давления на основание (а) и осадки марок (б)

### 8.3. Измерения горизонтальных перемещений и крена

12. **Горизонтальные перемещения зданий и сооружений** измеряют методом створных наблюдений, отдельных направлений, полярным (с помощью электронного тахеометра), триангуляции, фотограмметрии или их комбинированием. Метод измерений горизонтальных перемещений принимают в зависимости от необходимой точности результатов.

13. Метод створных наблюдений при измерениях горизонтальных перемещений сооружений следует применять для протяженных объектов. Измерение угла отклонения марки от створа следует проводить точным или высокоточным теодолитом. Средняя квадратическая погрешность измерения малых углов при расстоянии от опорного знака до марки, равном 100 и менее метров, не должна превышать 2", при расстоянии 600–1000 м – 0,5".

Способ струны следует применять в защищенных от воздушных потоков зданиях и прямолинейных галереях сооружений для непосредственного получения величин горизонтальных смещений конструкций относительно створа, обозначенного струной.



14. Метод отдельных пересекающихся направлений следует применять для измерения горизонтальных перемещений зданий при невозможности создать створ или обеспечить устойчивость концевых опорных знаков створа. На объекте закрепляют деформационные марки (визирные цели), а вне его в устойчивых грунтах закладывают не менее трех опорных знаков с расчетом, чтобы направления со знаков на каждую визирную цель пересекались под углами, не меньшими  $30^\circ$  и не большими  $150^\circ$ .

В каждом цикле высокоточным теодолитом измеряют горизонтальные углы  $\beta_1$  между опорными направлениями и направлениями на каждую деформационную марку. Составляющая  $q$  горизонтального перемещения марки вдоль перпендикуляра к направлению теодолит–марка вычисляется по формуле:

$$q = L \operatorname{tg} \Delta\beta = \Delta\beta \cdot L / \rho, \quad (8.2)$$

где  $\Delta\beta = \beta_1 - \beta_0$  – разность в секундах между текущим значением угла  $\beta_1$  и его первоначальной величиной  $\beta_0$ ;

$L$  – расстояние от теодолита до марки, измеренное с относительной погрешностью не грубее 1:2000;

$\rho = 206265''$  – число секунд в радиане.

По величинам трех составляющих крена  $q_1$ ,  $q_2$  и  $q_3$  определяют полную величину крена  $Q$  и дирекционный угол  $\alpha$  горизонтального перемещения марки.

15. **Крен (величину приращения крена)** здания, сооружения измеряют методом вертикальной плоскости, отвесного проецирования, координирования, измерения углов или направлений, фотограмметрии, механическими способами с применением кренометров, отвесов, а также их комбинированием. Крен фундаментов определяется также нивелированием.

16. Предельные абсолютные погрешности измерения крена в зависимости от высоты  $H$  объекта, вида фундамента не должны превышать величин, для:

- гражданских зданий –  $0,0001H$ ;
- промышленных зданий, дымовых труб, доменных печей, ба-шен и др. –  $0,0005H$ ;
- фундаментов под машины и агрегаты –  $0,00001H$  или  $0,00001L$ ,

где  $L$  – длина (ширина) фундамента.

17. Измерение крена здания, башенного сооружения *методом вертикальной плоскости* следует выполнять с двух опорных точек (станций) по возможности по взаимно перпендикулярным направлениям при помощи высокоточного теодолита или электронного тахеометра. Проецирование верхних и нижней (опорной) точек, принадлежащих данной вертикальной оси сооружения, на горизонтально установленную рейку необходимо выполнять при двух положениях вертикального круга (при КП и КЛ) теодолита. Составляющая крена в направлении, перпендикулярном направлению визирования со станции 1 равна разности отсчетов проекции по рейке  $(a_{\text{в}} - a_{\text{н}})_1 = K_1$ , а со станции 2 составляющая крена равна  $(a_{\text{в}} - a_{\text{н}})_2 = K_2$ , где  $a_{\text{в}}$  и  $a_{\text{н}}$  - отсчеты проекции верхней и нижней точек. В случае взаимно перпендикулярных направлений визирования полный линейный крен, отнесенный к высоте проецирования  $H$ .

$$K = \sqrt{K_1^2 + K_2^2}. \quad (8.3)$$

18. С помощью *оптических или лазерных приборов вертикального проецирования* положение искомой точки должно определяться не менее чем тремя приемами при четырех ориентациях (через  $90^\circ$ ) прибора. Проецирование производят на квадратную палетку, закрепленную на требуемом горизонте. По палетке определяют полные линейные значения отклонений  $Q_{\text{в}}$  и  $Q_{\text{н}}$  проекций верхней и нижней точек от данной вертикальной оси.

Абсолютная величина крена  $K = Q_{\text{в}} - Q_{\text{н}}$ .

Относительная величина крена представляет отношение линейной величины  $K$  к высоте  $H$  проецирования

$$K/H = (Q_{\text{в}} - Q_{\text{н}}) / H = 1 / (H/K). \quad (8.4)$$

19. Контрольные точки фундаментов под оборудование в проектном положении должны располагаться в одной горизонтальной плоскости. Абсолютная величина крена фундамента  $\Delta K$  в направлении отрезка  $AB = l$  определяется разностью фактических отметок его контрольных точек  $A$  и  $B$ , т. е.  $\Delta K = (H_A - H_B)$ . Относительная величина крена фундамента

$$\Delta K / l = (H_A - H_B) / l = 1 / (l / \Delta K). \quad (8.5)$$

Для измерения крена фундаментов под машины и агрегаты в промышленных зданиях и сооружениях помимо нивелирования целесообразно применять переносные или стационарные высокоточные кренометры, позволяющие определить наклон в градусной или относительной мере.

**20. Камеральная обработка результатов измерений.** В процессе работ по измерениям перемещений и деформаций зданий по каждому циклу измерений должна выполняться камеральная обработка полученных результатов:

- проверка полевых журналов;
- уравнивание геодезических сетей;
- составление ведомостей отметок и осадки марок, направлений (углов), величин абсолютного и относительного крена, пространственных перемещений деформационных марок;
- оценка точности проведенных измерений, включая сравнение полученных погрешностей (или невязок) с допусками для данного метода и класса точности измерений;
- графическое оформление результатов измерений.

**21. Спутниковый метод измерения смещений и деформаций инженерных сооружений.** Как отмечено в пункте 4.7 максимальная точность определения расстояний (плановых координат) и превышений антенны GPG-приемника относительно координат базовой станции характеризуется

- погрешностями расстояний  $\Delta D = 3 \text{ мм} + D(1 \div 2) 10^{-6}$  мм;
- превышений  $\Delta H = 6 \text{ мм} + D(2 \div 4) 10^{-6}$  м,

где  $D$  выражено в км, при этом время позиционирования составляет несколько часов. Следовательно, точность спутникового мониторинга деформаций инженерных сооружений ниже точности геодезических методов. При этом требуются большие затраты времени.

В настоящее время максимально точный спутниковый метод применяется как контрольный для определения смещений специально выбранных контрольных точек в системе деформационных знаков, закрепленных на контролируемом крупном дорогостоящем объекте (сооружениях гидроэлектростанции, атомной электростанции и др.).

Менее точные спутниковые методы (см. таблицу 4.4) применяются для мониторинга деформаций земной поверхности в местах подземной добычи твердых и жидких полезных ископаемых.

## **9. ОХРАНА ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ НА СТРОИТЕЛЬНОМ ОБЪЕКТЕ (ТКП 45-1.03-26–2006)**

1. При выполнении геодезических работ на строительном объекте следует руководствоваться правилами охраны труда, изложенными в СНиП III-4-80\* и ведомственных инструкциях по охране труда, разработанных и утвержденных в установленном порядке. В ППГР должны быть предусмотрены мероприятия по обеспечению безопасных условий труда на геодезических работах.

2. При внедрении в строительство новых технологий труда или нового оборудования геодезические работы следует производить в соответствии с инструкциями, разработанными специально для этих случаев и утвержденными в установленном порядке.

3. К производству геодезических работ допускаются лица, прошедшие вводный инструктаж и обучение правилам охраны труда на геодезических и строительных работах, а также инструктаж по охране труда непосредственно на рабочем месте, проведение которых должно оформляться согласно требованиям СНиП III-4-80\*.

4. При геодезических работах на краю проезжей части дороги с интенсивным движением транспорта и на строительной площадке с большим количеством работающих механизмов назначается наблюдатель из числа рабочих, в обязанности которого входит обеспечение безопасности работающих вблизи движущегося транспорта и механизмов.

5. Рабочие места геодезистов, расположенные у перепадов по высоте на 1,3 м и более, должны быть ограждены защитными или сигнальными ограждениями в соответствии с требованиями СНиП III-4-80\*.

6. К работам на высоте допускаются лица, прошедшие медицинское освидетельствование в порядке, определенном Министерством здравоохранения РБ.

7. Нельзя производить геодезические работы вблизи нависших стенок котлована, на краю незакрепленных земляных откосов, под стрелой грузоподъемного механизма, даже если он не работает, а также находиться вблизи грузоподъемного механизма во время его работы.

8. В зимнее время при обогреве грунта или бетона электрическим током линейные измерения следует вести, не допуская касания стальной лентой или рулеткой арматуры, находящейся под напряжением. В случае необходимости проведения геодезических работ в местах, где проходят неизолированные токоведущие линии, их необходимо отключить. При подсвечивании геодезических приборов и приспособлений следует пользоваться только шахтерскими или карманными электрическими фонарями.

9. Подъем на сооружение геодезистов с приборами допускается только по лестничным маршам, имеющим ограждения. Лестницы должны быть в исправном состоянии и надежно закреплены. Следует избегать передвижения с приборами по лестницам, ступеньки которых не очищены от грязи, снега и льда. Нельзя ходить по опалубке, если она не укреплена окончательно и не имеет ограждений. Запрещается перемещаться по вертикали, пользуясь тросом, канатом, а также по краю монтажного горизонта, перемышкам, перегородкам, капитальным стенам.

Переходы с приборами на высоте от колонны к колонне, с ригеля на ригель допускаются только по подмостям или переносным мостикам, оборудованным ограждениями. При работе в опасных местах исполнитель должен привязать себя предохранительным поясом к прочно закрепленным конструкциям, предотвратить возможность падения приборов.

10. При работе геодезиста на монтажном горизонте все опасные для него проемы и отверстия должны быть закрыты или ограждены.

11. При передаче точек разбивочной сети на этажи здания методом вертикального проецирования соответствующие отверстия в перекрытиях необходимо оградить с расчетом, чтобы исключить падения через них различных предметов.

12. Выполняя работы на строительной площадке, геодезист должен находиться за пределами опасной зоны. Геодезические приборы должны устанавливаться на расстоянии от монтируемого элемента не ближе его полуторной высоты

13. При исполнительной съемке внутри водопроводных, канализационных и других колодцев нужно убедиться, что в них отсутствуют вредные газы.

14. Запрещается выполнять геодезические работы (прекращение работ):

– при сильном порывистом ветре силой в 6 и более баллов, при сильном снегопаде, дожде, тумане, слабой освещенности и других условиях, ограничивающих видимость;

- без предохранительных касок и поясов на монтажном горизонте, в зоне монтажа и действия грузоподъемных механизмов;
- на строительной площадке при гололедице;
- на проезжей части шоссе и дорог и в зоне транспортных габаритов железных дорог.

15. При выполнении работ на строительной площадке с использованием луча лазера необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

- корпус лазерного прибора и блока питания необходимо заземлять;
- категорически запрещается во включенном состоянии вскрывать лазерные приборы и блок питания, так как при этом "выход" прибора находится под напряжением 1500-2500 В;
- отключение разъемов должно производиться не ранее чем через 1,5 мин после выключения блока питания;
- соединительные кабели прибора не должны иметь повреждений;
- все работающие на строительной площадке должны быть хорошо осведомлены о вредном воздействии луча лазера на сетчатку глаза;
- луч лазера должен проходить по возможности выше головы или ниже пояса работающих и не попадать непосредственно в глаз;
- не ставить зеркал или блестящих металлических предметов на пути прохождения лазерного пучка;
- луч лазера не следует направлять за пределы зоны его применения;
- место, где ведутся работы, должно быть ограждено и обозначено предупредительным сигналом, лампой или плакатом.

16. Выполнение мероприятий по безопасности труда входит в обязанности руководителей строительных организаций. Руководи-

тель строительной организации обязан обеспечить ежегодную проверку знаний геодезистами правил техники безопасности.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Задачи и содержание инженерно-геодезических работ в строительстве.
2. Основные геодезические приборы, применяемые в строительстве (для каких целей какой прибор используется?).
3. Геодезическая служба строительного-монтажных учреждений и виды выполняемых работ.
4. Нормативные документы по видам строительства, используемые для обоснования точности геодезических работ, и содержание основных разделов технического кодекса установившейся практики ТКП 45-1.03-26-2006 «Геодезические работы в строительстве».
5. Для каких объектов требуется составление Проекта производства геодезических работ (ППГР), его назначение и содержание.
6. Приведите примеры допустимых монтажных отклонений в плане и по высоте конструкций при строительстве гражданских и промышленных зданий и укажите значения соответствующих допустимых средних квадратических и предельных погрешностей геодезических разбивочных работ.
7. Современные геодезические приборы (оптико-механические, электронные), применяемые для обеспечения заданной геометрической точности строительства, их технические параметры.
8. Электронные тахеометры, их виды и технологические возможности в автоматизации геодезических работ в строительстве.
9. Необходимость ежегодной метрологической аттестации геодезических приборов и периодического рабочего выполнения их основных поверок. Сущность рабочих (полевых) поверок теодолитов, нивелиров и электронных тахеометров.
10. Примеры необходимого непосредственного контроля точности выполняемых геодезических измерений – угловых, линейных, выноса осевых точек и проектных отметок.

11. Назначение и виды плановой и высотной геодезической основы стройплощадки и отдельного здания, их сравнительная точность.

12. Строительные геодезические сетки, их построение на стройплощадке. Способы выноса в натуру осей зданий и сооружений линейного вида.

13. Разбивочные оси зданий и сооружений, способы их выноса в натуру относительно пунктов теодолитного хода или от разбивочной геодезической сетки стройплощадки при помощи теодолита и рулетки.

14. Закрепление основных осей объекта створными знаками и вынос осевых точек на монтажные горизонты здания, сооружения с помощью теодолита. До какой высоты допускается такой вынос?

15. Вынос осевых точек здания, сооружения методом свободной станции, его эффективность и аналитическая подготовка.

16. Вынос дна котлована на проектную отметку и контроль высотного положения песчаной подушки.

17. Строительная обноска, обозначение на ней строительных осей, контроль точности монтажа сборных фундаментов в плане.

18. Методы геодезического контроля планового и высотного положения конструктивных элементов в процессе наращивания высоты объекта. От какого репера, какими способами передаются отметки на монтажный горизонт?

19. Способы передачи разбивочных осей на монтажный горизонт.

20. Способы выверки колонн каркасных зданий относительно разбивочных осей по показателям: отклонения в нижнем сечении, отклонения в верхнем сечении, проверка вертикальности.

21. Контроль вертикальности кладки стен каменных зданий.

22. Определение высотного положения элементов конструкций на монтажном горизонте здания: верха нижних стен, высоты слоя раствора под плиты перекрытия, под стеновые панели.

23. Разбивки при монтаже подкрановых конструкций (в плане и по высоте – балок, рельсов).

24. Контроль положения подвесных потолков.

25. Геодезический контроль вертикальности движения скользящей опалубки и горизонтальности ее пола.

26. Контроль точности монтажа оболочек.



27. Геодезический контроль монтажа оборудования.
28. Плановое и высотное геодезическое обоснование для выноса в натуру сооружений линейного вида.
29. Назначение исполнительных съемок, их виды и методы, этапы выполнения. Исполнительная документация.
30. Исполнительные съемки инженерных сетей (срок исполнения, методы).
31. Оперативный исполнительный геодезический план строительной площадки, его назначение, содержание и обновление.
32. Задачи геодезического мониторинга осадки, горизонтальных смещений и крена зданий и сооружений. Методы определения осадки.
33. Способы геодезического контроля нарастания крена стен зданий и башенных сооружений.
34. Основные положения безопасности труда при выполнении геодезических работ на стройплощадке.

## Литература

1. ТКП 45-03-26-2006 «Геодезические работы в строительстве. Правила проведения». – Минск : Министерство архитектуры и строительства, 2006.
2. ГОСТ 21779-82. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски. – М., 1982.
3. ТКП 45-1.03-106-2008 «Геодезическая служба в строительстве. Основные положения». – Минск : Министерство архитектуры и строительства, 2006.
4. СНБ 1.02.01-96. Инженерные изыскания для строительства. – Минск : Министерство архитектуры и строительства, 1996.
5. СНиП III-4-80\*. Техника безопасности в строительстве. – М., 1989.
6. Подшивалов, В. П. Инженерная геодезия / В. П. Подшивалов, М. С. Нестеренок. – Минск : Вышэйшая школа, 2011.

## Содержание

1. ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	3
1.1. Некоторые основные термины и определения .....	3
1.2. Задачи геодезического обеспечения строительства .....	3
1.3. Организация и задачи геодезической службы в строительстве .....	5
2. ОСОБЕННОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ЕГО МЕСТО В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СТРОИТЕЛЬСТВА ....	7
2.1. Основные положения метрологии в строительстве .....	7
2.2. Метрологическое обеспечение строительства .....	10
2.3. Основные геодезические приборы, рекомендуемые для контроля геометрических параметров сооружений ....	13
3. НОРМАТИВНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ РАБОТАМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	14
3.1. Технические нормативные правовые акты .....	14
3.2. Состав проекта производства геодезических разбивочных работ .....	15
3.3. Техническая документация для разработки проекта производства геодезических работ .....	18
3.4. Уровни значимости объектов строительства и обоснование точности разбивочных работ .....	20
3.5. Классы геометрической точности строительства и геодезических разбивочных работ .....	24
3.6. Допустимые погрешности геодезических разбивочных работ, рекомендуемые ТКП 45-1.03-26-2006 .....	26
4. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРАХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ....	29
4.1. Электронные тахеометры .....	29
4.2. Теодолиты .....	37
4.2.1. Полевые поверки теодолитов .....	42
4.2.2. Работа с теодолитами .....	43
4.3. Геометрическое нивелирование, нивелиры, .....	45
4.4. Оптико-механические нивелиры .....	49

4.5. Тригонометрическое нивелирование .....	54
4.6. Сведения об электронных нивелирах и других видах нивелирования .....	57
4.7. Краткие сведения о спутниковых приборах и их применении в строительстве .....	63
5. ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ОСНОВА РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ .....	67
5.1. Виды плановой геодезической основы для строительства .....	67
5.2. Строительная геодезическая сетка и вынос в натуру осей объектов .....	74
5.3. Вынос оси объекта относительно пунктов городской геодезической сети или линейно-угловых ходов .....	77
5.4. Специфика выноса в натуру осевых точек сооружения посредством электронного тахеометра .....	80
6. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА .....	85
6.1. Общие положения .....	85
6.2. Геодезическое обеспечение работ нулевого цикла .....	88
6.3. Обеспечение геометрической точности строительства надфундаментных частей зданий и сооружений .....	93
6.3.1. Разметка колонн, их рихтовка при установке .....	93
6.3.2. Передача отметки на монтажный горизонт .....	96
6.3.3. Передача основных осей на монтажный горизонт зданий высотой до 50 м .....	99
6.3.4. Передача основных осей на монтажный горизонт высотных зданий .....	102
6.3.5. Геодезическая подготовка на монтажном горизонте ...	108
6.3.6. Поэлементный контроль геометрической точности монтажа строительных конструкций, применяемые устройства .....	109
6.3.7. Геометрический контроль кладки каменных стен .....	115
6.4. Геодезический контроль монтажа оборудования .....	116
6.5. Разбивки при монтаже подкрановых конструкций .....	117
6.6. Контроль точности возведения сооружений в скользящей опалубке .....	119
6.7. Контроль точности монтажа оболочек .....	123
7. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ .....	126
7.1. Общие положения .....	126

7.2. Исполнительные съемки оснований и фундаментов .....	128
7.3. Содержание и оформление исполнительных съемок при возведении надфундаментных конструкций .....	131
7.4. Исполнительные съемки инженерных сетей .....	138
7.5. Оформление исполнительной документации .....	142
8. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ПЕРЕМЕЩЕНИЯМИ И ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ .....	145
8.1. Цель и организация геодезического мониторинга перемещений и деформаций сооружений .....	145
8.2. Измерения вертикальных перемещений .....	146
8.3. Измерения горизонтальных перемещений и крена .....	151
9. ОХРАНА ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ НА СТРОИТЕЛЬНОМ ОБЪЕКТЕ (ТКП 45-1.03-26–2006) .....	155
Вопросы для самопроверки .....	158
Литература .....	160

Учебное издание

**ПОДШИВАЛОВ** Владимир Павлович  
**НЕСТЕРЁНОК** Маргарита Сергеевна  
**МКРТЫЧЯН** Владимир Ваганович

## **ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Учебно-методическое пособие  
для студентов IV и V курсов  
специальности 1-70 02 01 «Промышленное  
и гражданское строительство»

Технический редактор *О. В. Песенько*

Подписано в печать 07.08.2013. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 9,53. Уч.-изд. л. 7,45. Тираж 300. Заказ 566.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.