

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет»

# **ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС**

для студентов специальности 1-70 02 01  
«Промышленное и гражданское строительство»

Составление и общая редакция  
А.М. Дегтярева

Новополоцк 2005

УДК 528.48:69 (075.8)  
ББК 38.115 я 73  
Г 35

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Ю.И. ПИМШИН, доктор техн. наук, профессор кафедры прикладной геодезии  
Ростовского государственного строительного университета;  
И.П. ШЕВЕЛЕВ, канд. техн. наук, доцент кафедры геодезии и кадастров

Рекомендован к изданию  
методической комиссией геодезического факультета

Г 35 **Геодезическое обеспечение строительства:** Учеб.-метод. комплекс для студ. спец. 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» / Сост. и общ. ред. А.М. Дегтярева. – Новополюк: ПГУ, 2005. – 176 с.  
ISBN 985-418-342-4

Разработан на основе традиционной схемы, согласно действующему образовательному стандарту РД РБ 02100.5.201-98. Содержит шесть частей, в которых даны сведения о комплексе в целом, общие сведения о дисциплине, теоретический и практический материал дисциплины, контроли по этим материалам, глоссарий и литературу. В теоретической части изложена последовательность геодезических работ на всех этапах строительства, в практической – последовательность выполнения лабораторных работ. В части, посвященной контролям, приведены вопросы для самоконтроля и текущего контроля по каждой теоретической части, а также учебно-тренировочные задания для оценки усвоения практической части дисциплины.

Предназначен для преподавателей и студентов строительных специальностей.

**УДК 528.48:69 (075.8)**  
**ББК 38.115 я 73**

ISBN 985-418-342-4

© УО «ПГУ», 2005  
© Дегтярев А.М., сост., 2005

# СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	6
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ .....	9
Введение .....	10
<b>ЧАСТЬ I. Геодезические работы перед началом строительства</b> .....	12
1.1. Инженерные изыскания .....	12
1.1.1. Инженерно-строительные объекты. Этапы создания .....	12
1.1.2. Цели, задачи и виды инженерных изысканий .....	14
1.1.3. Изыскания площадных и линейных сооружений .....	16
1.2. Проектирование инженерных объектов .....	19
1.2.1. Цели и этапы проектирования инженерных объектов .....	19
1.2.2. Основные строительные чертежи .....	21
1.2.3. Проект производства геодезических работ .....	22
1.2.4. Площадное камеральное проектирование .....	23
1.2.5. Линейное камеральное проектирование .....	27
1.3. Разбивочные работы .....	34
1.3.1. Методы создания планово-высотной разбивочной основы .....	34
1.3.2. Цели и основные этапы разбивочных работ .....	36
1.3.3. Методы выноса в натуру проектных точек .....	42
1.3.4. Методы подготовки данных для перенесения проекта на местность .....	54
1.3.5. Перенос в натуру проектных элементов .....	56
1.3.6. Перенесение в натуру высотных элементов .....	60
<b>ЧАСТЬ II. Геодезическое обеспечение на этапах строительства</b> .....	66
2.1. Геодезические работы нулевого цикла .....	66
2.1.1. Состав геодезических работ на нулевом цикле строительства .....	67
2.1.2. Перенос и закрепление дополнительных осей строящегося объекта .....	67
2.1.3. Наблюдения и контроль за устройством котлована .....	69
2.1.4. Устройство фундаментов .....	72
2.1.5. Устройство подвальной части здания .....	74
2.2. Геодезические работы наземных циклов .....	77
2.2.1. Построение разбивочной сети на исходном и монтажном горизонтах .....	77
2.2.2. Способы перенесения осей на монтажные горизонты .....	79
2.2.3. Способы восстановления осей для выноса на монтажный горизонт .....	83
2.2.4. Детальные разбивочные работы .....	88
2.2.5. Геодезическое сопровождение монтажа зданий .....	90

2.3. Геодезическое обеспечение монтажа оборудования .....	98
2.3.1. Предварительные работы перед монтажом .....	98
2.3.2. Геодезические работы в процессе монтажа оборудования .....	100
2.3.3. Контроль монтажа .....	101
ЧАСТЬ III. Геодезические работы после окончания строительства ....	103
3.1. Исполнительные съемки зданий и сооружений .....	103
3.1.1. Назначение и содержание исполнительных съёмок .....	104
3.1.2. Состав схем исполнительных съёмок .....	106
3.1.3. Исполнительные съемки по циклам .....	107
3.1.4. Исполнительная документация .....	113
3.2. Наблюдение за деформациями зданий и сооружений .....	117
3.2.1. Общие сведения о деформациях .....	117
3.2.2. Состав процесса наблюдения за деформациями .....	119
3.2.3. Методы измерения деформаций .....	122
3.3. Оценка эксплуатационной надежности объектов .....	133
3.3.1. Состав и содержание геодезических работ при оценке надежности .....	133
3.3.2. Плановая съемка элементов .....	139
3.3.3. Высотная съемка элементов .....	141
3.3.4. Определение элементов эксплуатационной надежности на основе кренов .....	143
ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ .....	149
Лабораторная работа № 1 .....	150
Лабораторная работа № 2 .....	152
Лабораторная работа № 3 .....	154
Лабораторная работа № 4 .....	155
КОНТРОЛИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	157
Контроли по теоретической части .....	158
Контроли по практической части .....	161
ГЛОССАРИЙ .....	171
ЛИТЕРАТУРА .....	175

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебно-методический комплекс для дисциплины «Геодезическое обеспечение строительства» специальности 1-71 01 01 – Промышленное и гражданское строительство – предназначен для более глубокого и полного изучения и получения практических навыков по комплексу работ, связанных с геодезическим обеспечением процесса строительства на всех его этапах.

Комплекс состоит из шести частей:

- Введение;
- Теоретический материал дисциплины;
- Практический материал дисциплины;
- Контроли по дисциплине;
- Глоссарий.
- Литература

Часть *Введение* включает в себя перечень знаний и умений, которые учащийся должен получить после успешного окончания курса. Приводится перечень основных тем курса, лабораторных и расчетно-графических работ, с отводимыми на них часами выполнения, а также необходимые учебно-методические материалы.

В части *Теоретический материал дисциплины* приводится базовый конспект лекций, состоящий из введения и трех частей. Материал охватывает основные геодезические работы на всех этапах строительства, к которым может иметь отношение инженер-строитель. После каждой части предлагаются вопросы для самоконтроля.

В *Практических материалах дисциплины* ставится цель, приводится состав и детальная последовательность выполнения четырех лабораторных работ курса. При необходимости использования формул обращаться к теоретической части курса.

В части *Контроли по дисциплине* выделены контроли для теоретической и практической составляющей курса. Для теоретической части представлены вопросы текущего контроля после прочтения соответствующей главы. В качестве окончательного контроля представлены экзаменационные вопросы по всему курсу. Контроль практической составляющей курса содержит два вида учебно-тренировочных заданий (УТЗ). Первый вид УТЗ – тестовые задания 1 – 3, которые выполняются письменно на выданных преподавателем бланках. Второй вид – вычислительные задания 4 – 5. УТЗ подразумевают разные уровни сложности.

*Глоссарий* содержит словарь новых терминов.

В части *Литература* предложен перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для изучения дисциплины.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Дисциплина «Геодезическое обеспечение строительства» для специальности 1-70 02 01 – Промышленное и гражданское строительство, изучается во втором семестре: 16 часов лекций, 32 часа лабораторных занятий, 1 расчетно-графическая работа, экзамен во втором семестре.

Рабочая программа по дисциплине составлена на основе Образовательного стандарта для вузов РД РБ 02100.5.026-98 для специальности 70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство».

### **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЁ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

#### **Цель преподавания дисциплины**

Дисциплина «Геодезическое обеспечение строительства» имеет целью приобретение знаний и практических навыков по основным геодезическим работам в процессе строительства, необходимым для выполнения изысканий, проектирования, обеспечения строительства и эксплуатации инженерных сооружений на основе современных технологий.

#### **Задачи изучения дисциплины**

В результате изучения дисциплины студенты должны:

– иметь основные понятия об инженерных и геодезических изысканиях для целей строительства, а также о геодезических методах поддержки строительства на всех этапах.

– уметь правильно и эффективно использовать эти методы при производстве геодезических работ в строительстве: производить типовые геодезические измерения с простейшей их оценкой; выполнять разбивочные и контрольные функции в процессе строительства и после завершения.

– иметь представление о способах высокоточных измерений; элементах проектирования геодезических работ на строительной площадке совместно с геодезической службой на основе строительных норм и правил; оценке эксплуатационной надежности технических сооружений геодезическими методами.

– получить начальные практические навыки выполнения работ по геодезическому сопровождению строительства на всех этапах.

## Рекомендации по изучению дисциплины

Методы решения научных и практических задач геодезического обеспечения нужд строительного производства требуют знаний по таким общенаучным дисциплинам как математика (элементы аналитической геометрии, векторной алгебры, элементы математической статистики и дифференциального исчисления); физика (элементы оптики, механики, электротехники и электроники) и главное – специальной – основы технологии строительного производства.

Преподавание курса в достаточной мере учитывает направленность подготовки специалистов строительного профиля, что нашло отражение в характере и содержании лекций и лабораторных работ.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Лекционный курс

№	Название темы	Содержание	Объем в часах
1.	Инженерно-геодезические изыскания	Здания и сооружения и последовательность их возведения. Инженерные изыскания, цели, виды, задачи. Инженерно-геодезические изыскания, цели, задачи	2
2.	Элементы проектирования	Проект производства геодезических работ. Геодезические работы при изыскании линейных и площадных сооружений	2
3.	Геодезические разбивочные работы	Расчет разбивочных элементов и способы их практической реализации. Понятие о точности работ. Оси сооружения. Детальная разбивка элементов сооружения. СНиП и СНБ	4
4.	Геодезические работы по циклам строительства	Геодезические работы нулевого цикла, надземных циклов, при монтаже оборудования	4
5.	Исполнительские съемки	Задачи и методы исполнительских съемок, документация, допуски. Съемки коммуникаций	2
6.	Геодезические наблюдения за деформациями сооружений	Деформации сооружений, виды и способы наблюдений. Понятия об эксплуатационной надежности сооружения. Основные положения по технике безопасности при производстве геодезических работ в строительстве	2
		Итого за семестр	16

### Лабораторные занятия

№	Название лабораторных работ	Объем в часах
1.	Камеральное площадное и линейное проектирование	8
2.	Разбивочные работы	6
3.	Теодолит. Нивелир. Строительные задачи, решаемые теодолитом и нивелиром. Обработка	12
4.	Элементы оценки эксплуатационной надежности здания	4
5.	Заключительное занятие	2
	Итого за семестр	32

### Расчетно-графические работы

№	Наименование	Объем в часах
1.	Построение профиля линейного сооружения	6

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ  
ДИСЦИПЛИНЫ**

## ВВЕДЕНИЕ

Геодезические работы при возведении зданий и сооружений – неотъемлемая составная часть технологического процесса на всех этапах строительного производства. Хорошее геодезическое обеспечение способствует ускорению выполнения отдельных строительно-монтажных операций и повышению качества работ, что в итоге снижает стоимость и сокращает срок строительства.

Необходимость в геодезических работах в процессе строительства возникает практически постоянно. Поэтому инженерно-технические работники обязаны уметь самостоятельно выполнять эти работы.

Недооценка значения геодезического обеспечения всегда приводит к нежелательным последствиям, таким как снижение качества строительства, брак и как результат – увеличение стоимости и уменьшение долговечности.

В состав геодезических работ, выполняемых на строительной площадке, входят [1]:

1. Создание геодезической разбивочной основы для строительства, включающей построение разбивочной сети строительной площадки и вынос в натуру основных или главных разбивочных осей зданий и сооружений. Для крупных и сложных объектов и зданий выше 9 этажей, а также для монтажа технологического оборудования – построение внешних разбивочных сетей зданий, сооружений, магистральных и внеплощадочных линейных сооружений.

2. Разбивка внутриплощадочных, кроме магистральных, линейных сооружений или их частей, временных зданий (сооружений).

3. Создание внутренней разбивочной сети здания (сооружения) на исходном и монтажном горизонтах и разбивочной сети для монтажа технологического оборудования, если это предусмотрено в проекте производства геодезических работ или в проекте производства работ, а также производство детальных разбивочных работ.

4. Геодезический контроль точности геометрических параметров зданий (сооружений) и исполнительные съемки с составлением исполнительной геодезической документации.

5. Геодезические измерения деформаций оснований, конструкций зданий (сооружений) и их частей, если это предусмотрено проектной документацией.

Исходя из вышесказанного, к основным задачам геодезии в строительстве можно отнести:

- создание обоснования, то есть получения координат и высот точек, используемых далее в процессе строительства;
- разбивка или вынос в натуру геометрических элементов проекта;

– контроль или текущее и окончательное наблюдение за отличием созданного объекта или его частей от проекта.

Очевидно, что любому строительству должен предшествовать проект, который выполняется на основе комплекса предварительных работ по изучению природных и экономических условий района будущего строительства. Этот комплекс работ называют инженерными изысканиями. С него и начинаются работы по геодезическому обеспечению строительства.

Основные этапы строительства и место в них геодезических работ представлено на схеме, изображенной на рис. 1.



Рис. 1. Основные этапы строительства и его геодезического обеспечения

# ЧАСТЬ 1

## ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПЕРЕД НАЧАЛОМ СТРОИТЕЛЬСТВА

1. Инженерные изыскания.
2. Проектирование инженерных объектов.
3. Разбивочные работы.

Ещё до начала строительства должно быть осуществлено его геодезическое обеспечение. Обусловлено это тем, что строительство ведется по проекту, создание которого требует достаточно большого объема предварительных работ на предполагаемом участке строительства, большинство из которых не может быть эффективно выполнено без использования геодезических методов. Основные из них: инженерные изыскания, проектирование по результатам изысканий и вынос проекта в натуру.

Изучение данной главы требует знания таких разделов геодезии как методы и технологии определения координат и высот точек, геодезические сети, производство топографических съемок. Данная глава является основой для всех дальнейших проектировочных и разбивочных работ на любом этапе строительства.

---

---

### **1.1. Инженерные изыскания**

1. Инженерно-строительные объекты. Этапы создания.
2. Цели, задачи и виды инженерных изысканий.
3. Изыскания площадных и линейных сооружений.

Основным предметом изучения и работы в геодезическом обеспечении строительства являются инженерно-строительные объекты. Воссоздание любого инженерного объекта начинается с инженерных изысканий, цель которых дать начальные материалы для проектирования и воспроизводства разрабатываемых инженерных объектов.

#### **1.1.1. Инженерно-строительные объекты. Этапы создания**

Всё многообразие инженерно-строительных объектов можно разделить на *здания и сооружения*.

## Определение и классификация инженерно-строительных объектов

**Зданием** называется созданный в результате строительства наземный замкнутый объем, предназначенный для проживания или выполнения производственных процессов.

Здания подразделяются по назначению на следующие:

- *жилые*,
- *общественные*,
- *производственные* (промышленные, сельскохозяйственные).

В зависимости от числа этажей здания бывают:

- *одноэтажные*,
- *малоэтажные* (до 3 этажей),
- *многоэтажные* (до 9 этажей),
- *повышенной этажности* (до 25 этажей),
- *высотные*.

Здания подразделяют по качественным показателям: *огнестойкости*, *долговечности* и *капитальности*.

**Сооружением** называется объемная, плоскостная или линейная строительная конструкция, предназначенная для выполнения производственных процессов различного вида. Подобные объекты обычно называют инженерными сооружениями.

Сооружения могут быть:

- *подземными*,
- *наземными*,
- *надземными*,
- *подводными*,
- *надводными*.

Сооружения различают по назначению:

- *промышленные*,
- *гражданские*,
- *дорожно-транспортные*,
- *гидротехнические*,
- *сельскохозяйственные*.

По форме и размерам различают сооружения:

- *площадные* (аэродромы, стадионы),
- *линейные* (дороги, трубопроводы),
- *точечные* (мачты ЛЭП, башни, трубы).

Инженерные сооружения классифицируют по точности выполнения запроектированных геометрических параметров:

- *технической точности* (при допустимых отклонениях 10 мм и более),
- *повышенной точности* (1 – 10 мм),
- *прецизионные* или *высокоточные* (отклонения не более 0,2 – 1 мм).

### **Этапы воспроизведения инженерных объектов**

Возводимые здания и сооружения должны удовлетворять в процессе строительства следующим основным требованиям:

- экономическая целесообразность;
- функциональная целесообразность, то есть выполнение на данном объекте установленных для него задач;
- техническая целесообразность – обеспечение прочности и долговечности в процессе эксплуатации.

Для решения этих задач в совокупности процесс строительства делят на 3 основных этапа:

- *изыскания*,
- *проектирование*,
- *возведение* строительных объектов (строительное производство).

**Инженерные изыскания** обеспечивают комплексное изучение природных и экономических условий района будущего строительства с целью разработки проектов возводимых зданий и сооружений.

**Проектирование** предназначено для разработки на основе материалов изысканий комплекса графических, технических и экономических документов, обосновывающих возможность или целесообразность строительства.

**Возведение** зданий и сооружений, проводимое в строгом соответствии с проектом, представляет собой процесс воссоздания на местности проектного решения с помощью выполнения различных строительных работ.

#### **1.1.2. Цели, задачи и виды инженерных изысканий**

Геодезическое обеспечение строительства начинается с инженерных изысканий.

**Инженерные изыскания** для строительства – вид деятельности, обеспечивающий комплексное изучение природных и техногенных условий строительства, составление прогнозов взаимодействия этих объектов с

окружающей средой, обоснование их инженерной защиты и безопасных условий жизни населения.

### **Цели и задачи инженерных изысканий**

На выполнение инженерных изысканий для строительства заказчиком составляется *техническое задание*, к которому должны прилагаться графические и текстовые документы, необходимые для организации и проведения инженерных изысканий на соответствующей стадии (этапе) проектирования.

В процессе инженерных изысканий для строительства на различных этапах выполняют изыскания для обоснования *предпроектной документации*, разработки *проекта*, разработки *рабочей документации*, разработки *рабочего проекта*.

На основе материалов инженерных изысканий для строительства осуществляется разработка:

- *предпроектной документации*,
- *проектов* и *рабочей документации* строительства и реконструкции сооружений,
- *рекомендаций* для принятия экономически, технически, социально и экологически обоснованных проектных решений.

### **Состав инженерных изысканий**

Основные виды инженерных изысканий для строительства следующие:

- *инженерно-геологические*,
- *инженерно-гидрометеорологические*,
- *инженерно-экологические*,
- *инженерно-геодезические*.

**Инженерно-геологические изыскания** должны обеспечивать комплексное изучение *инженерно-геологических* условий района проектируемого строительства и составление прогноза возможных изменений инженерно-геологических условий под воздействием строительства с целью получения материалов для проектирования, строительства и эксплуатации объектов.

Изучению при проведении инженерно-геологических изысканий подлежат рельеф, геологическое строение, геоморфологические и гидрогеологические условия, состав, состояние и свойства грунтов, геологические и инженерно-геологические процессы.

**Инженерно-гидрометеорологические изыскания** должны обеспечивать комплексное изучение гидрометеорологических условий территории строительства и прогноз возможных изменений этих условий в результате взаимодействия строительства с целью получения материалов и данных для принятия обоснованных проектных решений.

Изучению при проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий подлежат гидрологический режим, климатические условия и отдельные метеорологические характеристики, опасные гидрометеорологические процессы и явления. Изыскания выполняются для выбора места строительства и его инженерной защиты от неблагоприятных гидрометеорологических воздействий.

**Инженерно-экологические изыскания** должны обеспечивать комплексное изучение природных и техногенных условий территории, оценку состояния природной среды и её устойчивости к техногенным воздействиям, а также разработку прогноза возможных изменений природных систем при строительстве и давать рекомендации по организации и проведению локального экологического мониторинга.

Изучению при проведении инженерно-экологических изысканий подлежит экологическое состояние места строительства.

**Инженерно-геодезические изыскания** для строительства должны обеспечивать получение и изучение топографо-геодезических материалов и данных о месте строительства, необходимых для обоснования проектирования, строительства и эксплуатации объектов.

Изучению при проведении инженерно-геодезических изысканий подлежат ситуация и рельеф местности, существующие планово-высотное обоснование, здания и сооружения, элементы планировки.

### **1.1.3. Изыскания площадных и линейных сооружений**

Некоторые виды сооружений, технология изысканий, проектирования и строительства которых имеет много общего, можно объединить в две группы сооружений: *площадные* и *линейные*.

К **площадным сооружениям** относят сооружения, длина и ширина которых соизмерима по размерам.

Это может быть населенный пункт, промышленное сооружение, аэропорт и другое.

**Линейные сооружения** это инженерные объекты, длина которых намного превышает ширину.

К ним можно отнести дороги, линии электропередач, трубопроводы, каналы и другое.

Для небольших сооружений выполняют только основные изыскания (п. 1.1.2), а для крупных – все.

### **Изыскания площадных сооружений**

Важнейшая задача площадных изысканий – выбор места с заданными техническими требованиями (нормальная эксплуатация, минимум затрат на подготовительные работы и освоение, земли малопригодны для сельского хозяйства, близость транспортных магистралей и др.).

Выбор площадки начинают в камеральных условиях с альтернативными вариантами. Выбрав наиболее пригодный по каким-либо параметрам вариант, уточняют детали на местности, согласовывая документацию по отводу земель под строительство и возможность присоединения трасс.

Для разработки проекта на площадке и части прилегающей территории производят топографическую съемку масштаба 1:2000 с сечением рельефа 1 м. Для составления рабочих чертежей производят съемку на площадке для основных сооружений в масштабе 1:1000 – 1:500 с сечением рельефа в 0,5 м и проводят на ней детальную инженерно-геологическую и гидрогеологическую разведку.

При проведении изысканий площадных сооружений на стадии рабочей документации основные сооружения и их части снимают в масштабах 1:1000 – 1:500.

### **Изыскание линейных сооружений**

В ходе изысканий для линейных сооружений основной вопрос – выбор положения трассы в плане и по высоте.

*Трассой* называют линию, определяющую ось проектируемого линейного сооружения.

В плане трасса должна быть по возможности прямолинейной, а в продольном профиле трассы должен обеспечиваться определенный допустимый уклон. В зависимости от назначения трасса должна удовлетворять определенным требованиям, которые устанавливаются техническими условиями на её проектирование.

Комплекс инженерно-изыскательских работ по проложению трассы, отвечающей всем требованиям технических условий и требующей наименьших затрат на её производство и эксплуатацию, называется *трассированием*.

Оптимальную трассу находят путем сравнения различных вариантов. Трассу, определенную по топографическим планам, называют *камеральным трассированием*, а если её выбирают на местности, то *полевым*.

Технология изысканий линейных объектов определяется стадиями изысканий. На стадии технико-экономического обоснования (ТЭО) проводят рекогносцировочные работы, обычно в камеральных условиях, изучая картографический материал на район трассирования. В результате этих работ на карте намечают несколько альтернативных вариантов трасс, для которых строят продольный профиль. Производя сравнение по техническим и экономическим характеристикам, выбирают наиболее выгодные варианты для дальнейшего обследования и разрабатывают техническое задание на проектирование. На стадии изысканий под проект по заданному в техническом задании направлению трассы выполняют детальное камеральное и полевое трассирование. Здесь же выбирают наилучшую трассу и собирают материалы для разработки *технического проекта* этого варианта трассы и сооружений на ней. Для составления *рабочего проекта* трассы производят предпостроечные полевые изыскания. В них на основании проекта трассы и рекогносцировки местности определяют в натуре положение углов поворота и производят трассировочные работы: вешение линий, измерение углов и сторон хода по трассе, разбивку пикетажа и поперечных профилей, нивелирование, закрепление трассы.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Инженерно-строительные объекты, виды и этапы создания.
2. Инженерные изыскания, цели, задачи.
3. Виды и состав инженерных изысканий.
4. Изыскания площадных сооружений.
5. Изыскания линейных сооружений.

## 1.2. Проектирование инженерных объектов

1. Цели и этапы проектирования инженерных объектов.
2. Основные строительные чертежи.
3. Проект производства геодезических работ.
4. Площадное камеральное проектирование.
5. Линейное камеральное проектирование.

Проектирование инженерных объектов является неотъемлемой частью строительного производства, требующего достаточно широкого геодезического обеспечения. В основном обеспечение сводится к получению необходимой геодезической информации для полноценного процесса проектирования. В результате проектирования получают ряд документов (чертежей) необходимых для производства дальнейших работ.

### 1.2.1. Цели и этапы проектирования инженерных объектов

*Проектирование инженерных объектов* – комплекс работ, предназначенный для разработки на основе материалов изысканий комплекта графических, технических и экономических документов, обеспечивающих оптимальный технологический процесс и обосновывающих возможность или целесообразность строительства.

В комплект документов обычно входят разного рода чертежи, инженерные расчеты, макеты, личные сведения о районе работ и другие.

#### Строительное проектирование, виды, этапы

Проектирование нового строительства, расширение, реконструкцию зданий и сооружений осуществляют на основе *технико-экономического обоснования* (ТЭО) или *технико-экономических расчетов* (ТЭР) строительства. В ходе подготовки ТЭО (ТЭР), которая называется *предпроектной документацией*, решают задачи о целесообразности и возможности строительства на основе материалов изысканий. На основе разработанного ТЭО осуществляют *строительное проектирование*, которое может выполняться в одну, две или три стадии.

Таким образом, процесс проектирования характеризуется

- *стадийностью*,
- *комплексностью*,
- *вариантностью*.

Для реализации *вариантности* разрабатывают альтернативные проектные решения, и оптимальный вариант выбирают на конкурсной основе,

с широким использованием *типовых проектов*. Типовое проектирование обеспечивает ускорение процесса разработки документации и в полной мере использует преимущество индустриальных методов строительства и унификации конструкций. Оно преимущественно выполняется в *одну стадию*. Часто типовой проект нуждается в изменении, и его доработка называется *привязкой* проекта для каждого конкретного случая.

Сложные сооружения проектируются с помощью разработки *индивидуальных* или *повторно применяемых* проектов. Стадийность проектирования и вид проекта устанавливается в задании на проектирование.

### **Состав чертежей и работ на этапах проектирования**

Строительство зданий и сооружений производится только по чертежам, разработанным в проекте.

Если проектирование выполняется в одну стадию (технически не сложный объект), то в результате получают рабочий проект (*проектное задание*). Проектирование объекта, выполняемое в две стадии включает:

- *проектное задание*,
- *рабочие чертежи*.

Особо сложные здания и сооружения проектируют в три стадии:

- *проектное задание*,
- *технический проект*,
- *рабочие чертежи*.

На стадии *проектного задания*:

- выбирается площадка для строительства;
- осуществляется общая компоновка сооружения на топографическом плане;
- устанавливаются его основные параметры и технико-экономические показатели, источники снабжения, а также стоимость и сроки выполнения.

На стадии *технического проекта* выполняют:

- обоснование и последовательность технологических процессов;
- расчеты по решению строительных и архитектурных задач;
- уточнение технико-экономических показателей и объемов строительства.

Рабочие чертежи составляют по утвержденному *проектному заданию* или *техническому проекту*. На *рабочих чертежах* окончательно увязывается размещение всех отдельных объектов сооружения относительно друг друга в плане и по высоте.

## 1.2.2. Основные строительные чертежи

Проектирование инженерного сооружения выполняется на основе топографического плана строительной площадки в масштабе 1:500 – 1:2000 с сечением рельефа 0,5 – 0,1 м. В состав окончательного проекта должен входить следующий комплект чертежей:

– *основной чертеж генерального плана*. Это подробный чертеж проекта строительного объекта с рельефом местности, всеми наземными сооружениями и элементами благоустройства с указанием их расположения по высоте. Является исходным документом, на основе которого осуществляется детальное проектирование и строительство отдельных сооружений объекта;

– *план и профили подземных сооружений*. На них изображается плановое и высотное положение подземных объектов и коммуникаций и используется для проектирования и строительства этих сооружений;

– *проект вертикальной планировки*. Изображается проектируемая поверхность строительной площадки, картограмма земляных работ с объемами и порядком перемещения земляных масс. По этому проекту поэтапно производят земляные работы на строительной площадке и благоустройство объекта после окончания строительства;

– *генеральный план организации строительного производства* (стройгенплан). На нем нанесены постоянные и временные сооружения, необходимые для ведения строительства. Предназначен для оптимального ведения строительства на разных этапах;

– *сводный генеральный план*. Показывает взаимное расположение в плане и по высоте всех наземных, надземных и подземных сооружений. По этому плану производится взаимная планово-высотная увязка и контроль строительства всех отдельных сооружений;

– *рабочие чертежи*. На них изображаются составные элементы сооружения, размеры в плане и по высоте всех частей объекта и геометрическая связь между отдельными деталями, основными и промежуточными осями. Это технические документы, которые непосредственно используются на строительной площадке при размещении и установке отдельных деталей сооружения;

– *схемы геодезической основы на площадке*. Включают в себя ведомости координат и высот пунктов геодезической основы, схемы их размещения и чертежи центров и знаков, закрепляющих пункты на местности;

– *разбивочные чертежи (схемы)*. На них приводятся расстояния между основными и промежуточными осями сооружения в двух взаимно перпендикулярных направлениях, элементы, необходимые для разбивки объекта, методики и точность выноса и привязки к основе.

### 1.2.3. Проект производства геодезических работ

Геодезические работы на строительной площадке делятся на *детальные* и *основные*, которые выполняют по *проектам организации строительства* (ПОС) или *проекта производства строительно-монтажных работ* (ППР). Являясь частью этих проектов (см. введение), геодезические работы предназначены для своевременного исполнения разбивочных работ (вынос в натуру объектов или их частей) и контролирования производства строительных работ на различных этапах с точки зрения соответствия их геометрических параметров проекту.

Преимущественно проект производства геодезических работ создается при строительстве крупных или сложных сооружений и зданий выше девяти этажей. Обычно проект при возведении зданий и сооружений включает в себя следующие основные разделы:

– ***организация геодезических работ на строительной площадке.*** Здесь приводится технологическая схема производства геодезических работ на площадке, календарный план производства работ, смета на производство работ, технико-экономическое обоснование проекта производства геодезических работ и другое;

– ***основные геодезические работы.*** Этот раздел включает проект разбивочной планово-высотной основы (схемы геодезических сетей, чертежи центров и знаков пунктов), расчет точности геодезических измерений и обоснование выбора приборов и методов измерений. Здесь же приводятся схемы переноса в натуру главных и основных осей зданий и сооружений от исходной геодезической основы, расчет точности выполнения работ, описание методик и контроля, а также схемы размещения и закрепления осевых знаков;

– ***геодезическое обеспечение при возведении подземной части зданий и сооружений.*** Даются указания по производству геодезических работ при устройстве обноски, разбивке котлованов и фундаментов и других элементов подземной части сооружения, описываются методики, предрасчет точности выполнения работ и выбор инструментов. Здесь же обосновываются методы исполнительной съемки для контроля производства работ;

– ***геодезическое обеспечение при возведении надземной части зданий и сооружений.*** Включает в себя методики создания и расчет точности рабочей геодезической основы на исходном горизонте объекта, методы передачи разбивочных осей и отметок на монтажные горизонты, методы создания и обработки геодезического разбивочного обоснования на монтажном горизонте с расчетом точности измерений. Здесь же приводятся указа-

ния по геодезическому контролю при монтаже элементов и исполнительной съемке смонтированных конструкций и по составлению исполнительной документации по законченному объекту;

– *наблюдения за деформациями зданий и сооружений.* В разделе приводится расчет точности определения деформаций окружающей земной поверхности, фундаментов и самого сооружения, выбирается планово-высотная основа для этого вида работ, конструкции деформационных марок и реперов, выбор методов и инструментов, а также сроки, методы обработки и представления материалов.

Таким образом, проект производства геодезических работ (ППГР) охватывает все этапы строительства и содержит методики, схемы и расчеты для разбивочных и контрольных работ, то есть полностью решает основные задачи геодезического обеспечения строительства.

#### **1.2.4. Площадное камеральное проектирование**

Площадное камеральное проектирование – один из этапов процесса проектирования размещения объекта на местности и проектирования земляных работ на месте строящегося объекта.

##### **Этапы площадного проектирования**

Площадное проектирование начинают с нанесения на план границы сооружения. Следующие шаги проектирования:

- разбиение участка на регулярные фигуры, преимущественно квадраты, со стороной указанной в нормативных документах, исходя из назначения сооружения;
- получение отметок вершин фигур методом интерполяции;
- составление картограммы земляных работ в масштабе;
- вычисление объемов земляных работ и сверка баланса (если проектирование с балансом земляных работ).

При составлении картограммы земляных работ следует учитывать, что возможно проектирование наклонной и горизонтальной площадок. Наибольшее распространение получило горизонтальное проектирование с балансом земляных работ (объем насыпи равен объему выемки), называемое проектом вертикальной планировки застраиваемой территории и являющимся одной из составных частей генерального плана. В соответствии с этим проектом естественный рельеф строительной площадки преобразуется путем выполнения земляных работ. На рис. 1.2.1а представлен журнал высот при камеральной горизонтальной планировке, где  $H_j^i$  – отметка из

интерполяции вершины в  $i$ -том столбце по  $j$ -той строке. Точность – один знак после запятой.

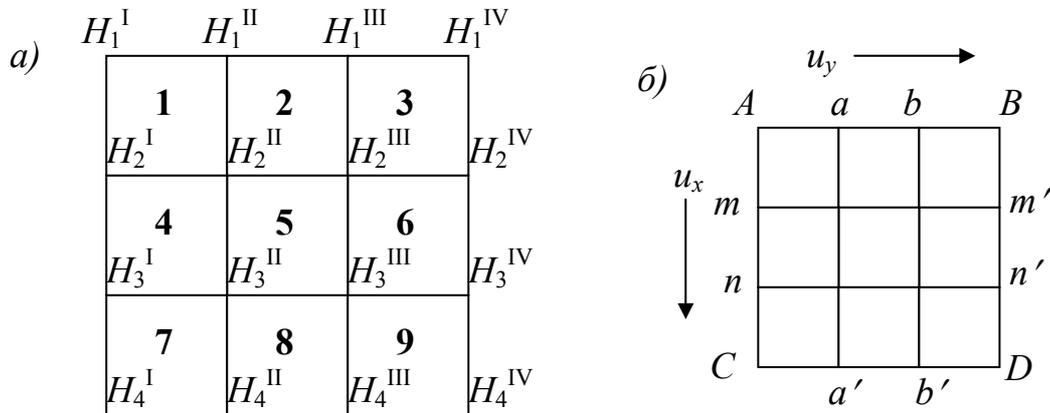


Рис. 1.2.1. Сетка квадратов: а – для проектирования горизонтальной площадки; б – для проектирования наклонной площадки.

### Проектирование горизонтальной площадки

Проектирование горизонтальной площадки проводится по топографическим планам масштабов 1:5000 – 1:500. По журналу высот вершин для каждого квадрата вычисляют среднее значение отметки:

$$\left. \begin{aligned} H_1 &= \frac{H_1^I + H_1^{II} + H_2^I + H_2^{II}}{4}, \\ H_2 &= \frac{H_1^{II} + H_1^{III} + H_2^{II} + H_2^{III}}{4}, \\ &\dots \end{aligned} \right\}$$

Проектная отметка площадки с учетом соблюдения баланса земляных работ вычисляется как среднее значение из средних отметок в  $n$  квадратах:

$$H_0 = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_n}{n}. \quad (1.2.1)$$

После приведения подобных, учитывая что в формировании  $H_l$  реальные отметки  $H_j^i$  вносят различный вклад, получим формулу

$$H_0 = \frac{1 \cdot \sum H_{(1)} + 2 \cdot \sum H_{(2)} + 4 \cdot \sum H_{(4)}}{4 \cdot n}, \quad (1.2.2)$$

совершенно эквивалентную (1.2.1). Здесь  $H_{(k)}$  – отметки, принадлежащие сразу  $k$  квадратам (см. рис. 1.2.1). Не сложно заметить, что при необходи-

мости формула (1.2.2) может быть расширена слагаемым  $3 \cdot \sum H_{(3)}$ . Далее вычисляют рабочие отметки всех вершин квадратов по обычной формуле как разность проектных и фактических высот. Если в формулу (1.2.2) вместо реальных отметок по тому же правилу подставить рабочие, то мы получим контроль правильности вычисления рабочих отметок, так как в этом случае левая часть формулы теоретически должна равняться нулю.

### Проектирование наклонной площадки

Проектирование наклонной площадки проводится для обеспечения стока воды с заданными продольным  $i_x$  и поперечным  $i_y$  уклонами и отметкой исходной точки  $H_A$  (рис. 1.2.1б).

Проектная отметка любой точки, расположенной на расстояниях  $dx$  и  $dy$  от начальной точки  $H_A$ , соответственно в направлении осей абсцисс и ординат, вычисляется по формуле

$$H_{пр.} = H_A + d_x \cdot i_x + d_y \cdot i_y, \quad (1.2.3)$$

где  $dx = d_x \cdot i_x$ ;  $dy = d_y \cdot i_y$ .

Рабочие отметки всех вершин квадратов вычисляются как разность проектных и фактических отметок.

Вычисленные проектные и рабочие отметки при проектировании горизонтальной и наклонной площадок отмечают на план над соответствующими фактическими отметками.

Для проведения земляных работ по вертикальной планировке площадок рабочие отметки наносят со знаком плюс или минус на сторожках, забитых в землю в каждой вершине квадрата.

Положительная рабочая отметка выражает высоту *насыпи*, а отрицательная – глубину *выемки*.

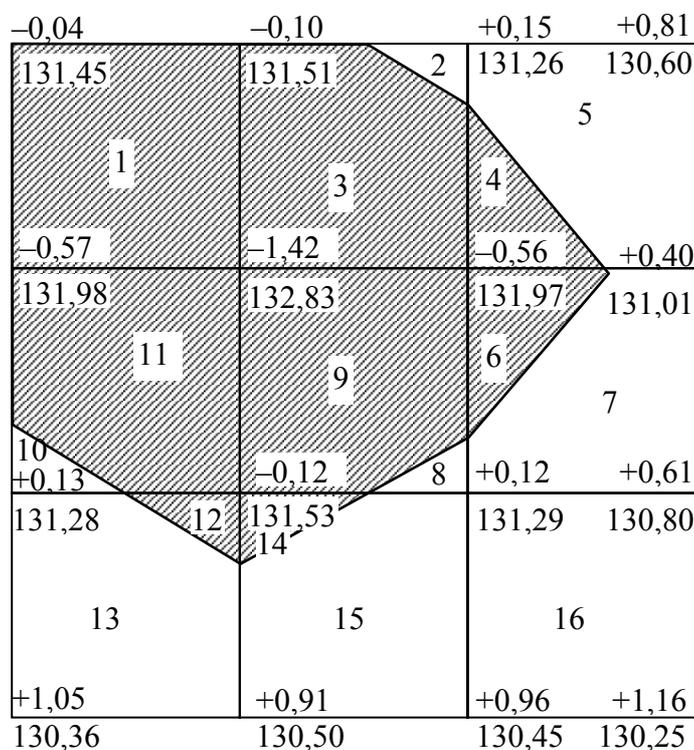
**1. Картограмма земляных работ.** Графическим документом по вертикальной планировке является *картограмма земляных работ*. На картограмме указываются фактические, проектные и рабочие отметки, положение *линии нулевых работ* (см. рис. 1.2.2). При переходе от насыпи к выемке и наоборот находится *точка нулевых работ*. Положение точек нулевых работ на сторонах квадратов в виде расстояния  $x_i$  от любой вершины, определяют аналитическим способом по формуле

$$x_i = \frac{r_i}{|r_i| + |r_{i+1}|} \cdot d_i, \quad (1.2.4)$$

где  $d_i$  – длина стороны квадрата;  $r_i$  и  $r_{i+1}$  – рабочие отметки.

Определение точек нулевых работ, расположенных на сторонах квадратов, проводится между смежными рабочими отметками, имеющими разные знаки.

Соединив точки нулевых работ, получают *линию нулевых работ*.



$H_0 = 131,41$       Сторона квадрата 20 м

Рис. 1.2.2. Картограмма земляных работ

**2. Вычисление объемов земляных работ.** Объем земляных работ наиболее часто вычисляют методом *четырёхгранных* или методом *трёхгранных призм*. Объем четырехгранной призмы определяется по формуле

$$V = \frac{\sum_{i=1}^4 r_i}{4} \cdot S,$$

где  $\frac{\sum_{i=1}^4 r_i}{4}$  – высота однородной призмы, равная среднему арифметическому из рабочих отметок, находящихся в вершинах соответствующей положительной или отрицательной площадки площади  $S$ .

Аналогичным образом вычисляется объем трехгранной призмы:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^3 r_i}{3} \cdot S.$$

Объем пятигранных призм в смешанных квадратах целесообразно вычислять как разность объемов четырехгранных и трехгранных призм.

Подсчет объемов земляных работ, насыпей и выемок по методу квадратов производится для каждого квадрата или части.

После подсчетов объемов для отдельных квадратов вычисляют общий объем насыпи и выемки. Разница в объемах насыпи и выемки допустима до 3 – 5 % и определяется по формуле, до целых единиц:

$$f_{отн.} = \left| \frac{(\sum V^+) - (\sum V^-)}{(\sum V^+) + (\sum V^-)} \right| \cdot 100\%,$$

где  $\sum V^+$ ,  $\sum V^-$  – суммарные объемы насыпи и выемки по всем квадратам.

### 1.2.5. Линейное камеральное проектирование

Камеральное линейное проектирование проводят с целью предварительного определения в проекте всех линейных коммуникаций, необходимых для функционирования возводимого инженерного объекта.

Как было сказано выше, к основным линейным сооружениям относят *трассу* – ось проектируемого линейного сооружения, обозначенную в натуре или заданную на модели местности.

#### Элементы трассы, способы проектирования

Основными элементами трассы являются:

- *план*, то есть проекция оси трассы на горизонтальную плоскость;
- *продольный профиль* – вертикальный разрез по проектируемой линии.

Основой проектирования линейных сооружений является *трассирование* – комплекс работ по выбору оптимальной по заданным критериям положения трассы. Если трассу определяют по топографическим планам, аэрофотоматериалам или цифровым моделям местности, то трассирование называют *камеральным*; если она выбирается непосредственно на местности, то – *полевым*.

В зависимости от условий местности камеральное трассирование по карте выполняют или *способом попыток*, или построением *линии заданного уклона*.

**1. Проектирование профиля способом построения линии заданного уклона.** При проектировании посредством построения линии заданного уклона:

– Ось трассы намечают так, чтобы по ходу движения все время был заданный уклон  $i$ . Для этого на карте масштаба  $1:M$  и высоте сечения рельефа  $\Delta h$  определяют величину заложения  $L$  для уклона трассирования  $i$  в масштабе карты

$$L = \frac{\Delta h}{i} \cdot \frac{1}{M}.$$

Из начальной точки, придерживаясь основного направления трассы, раствором циркуля равным  $L$  засекают соседнюю горизонталь. Из полученной точки вновь засекают этим же раствором циркуля точку следующей горизонтали и так далее. В местах, где расстояние между горизонталями больше заложения, точки выбирают свободно в необходимом направлении.

– Полученную таким образом извилистую кривую спрямляют, вписывают кривые и разбивают контрольные точки – *пикетаж*. Расстояние между пикетами зависит от вида сооружения и может быть 20, 50, 100, 500 и так далее метров.

– По горизонталям определяют высоты пикетов, плюсовых точек (места пересечения оси трассы с контурами местности) и характерных перегибов местности.

– По полученным данным составляют продольный профиль, по которому рассчитывают проектную линию.

**2. Проектирование профиля способом попыток.** При трассировании способом попыток на карте намечают кратчайшую линию между фиксированными точками, по которой и строят продольный профиль местности с проектом.

### Снятие высот точек трассы с плана

При снятии высот точек трассы с плана используют обычный метод интерполяции. Для этого измеряют в *миллиметрах* кратчайшее расстояние  $l$  между горизонталями через определяемую точку и расстояние  $l_1$  от горизонтали (например, 105-й, см. рис. 1.2.3) до определяемой точки. Зная се-

чение рельефа  $\Delta h$ , из обычной пропорции получают превышение между взятой горизонталью и определяемой точкой:

$$\begin{cases} \Delta h \rightarrow l \\ h \rightarrow l_1 \end{cases} \Rightarrow h = \Delta h \cdot \frac{l_1}{l}.$$

По известной высоте горизонтали и превышению получают высоту искомой точки.

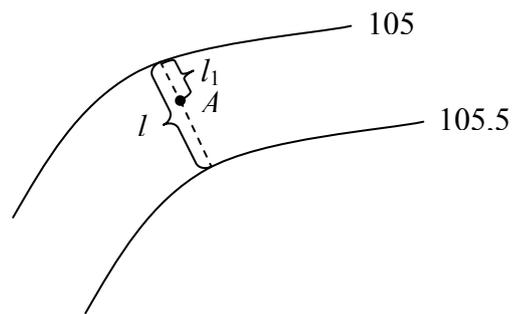


Рис. 1.2.3. Получение высот точек трассы через интерполирование

### Круговая кривая, её элементы

Так как практически очень редко трасса имеет вид прямой линии от начальной до конечной точек, необходимо в повороты вписать кривую. Начальными элементами кривой является угол поворота трассы  $\varphi$  и радиус  $R$  вписанной кривой. Угол поворота  $\varphi$  измеряют транспортиром с точностью до  $0,5^\circ$ , а радиус выбирают исходя из нормативных документов или по специальному шаблону. По этим данным получают основные элементы круговой кривой: *тангенс*  $T$ , *кривую*  $K$ , *домер*  $D$  и *биссектрису*  $B$  с точностью  $0,01$  м (см. рис. 1.2.4).

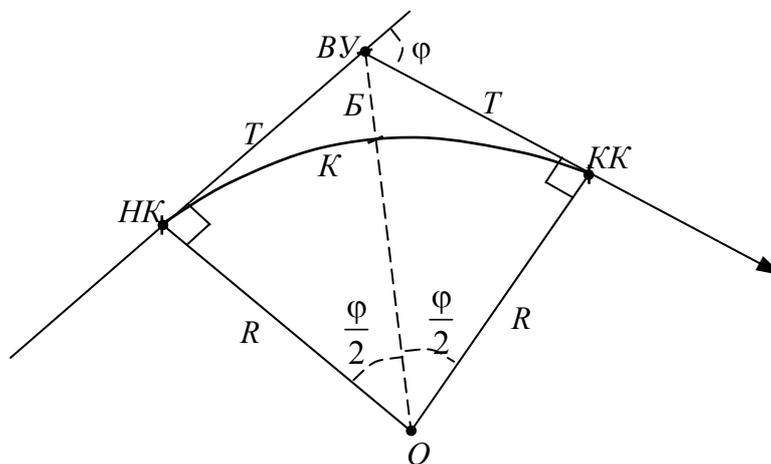


Рис. 1.2.4. Элементы круговой кривой

*Тангенс*  $T$  – расстояние от начала кривой  $HK$  до вершины угла  $BV$  (или от  $BV$  до конца кривой  $KK$ ). Вычисляют из прямоугольного треугольника  $BV-O-HK$  по радиусу  $R$  и половине угла поворота  $\frac{\varphi}{2}$ :

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{\varphi}{2} \right). \quad (1.2.5)$$

Кривая  $K$  есть длина дуги, стягиваемая углом поворота  $\varphi$ , то есть расстояние по дуге от начала до конца кривой, которая вычисляется по формуле

$$K = \frac{\varphi^\circ \cdot \pi R}{180^\circ}. \quad (1.2.6)$$

Биссектриса  $B$  – разность между отрезком  $O-BU$  и радиусом  $R$ :

$$B = (O - BU) - R = \frac{R}{\cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)} - R. \quad (1.2.7)$$

Домер  $D$  есть разность между удвоенным тангенсом и кривой:

$$D = 2T - K. \quad (1.2.8)$$

По вычисленным величинам получают пикетаж начала и конца кривой. Для этого от пикетажного наименования вершины угла  $BV$  отнимают тангенс и получают  $HK$  в пикетах. Прибавляя к  $HK$  в пикетах значение кривой получают  $KK$  в пикетах и делают контроль:

$BV$ в ПК	контроль	$BV$ в ПК
$-T$ в м		$+T$ в м
$HK$ в ПК		$\Sigma$ в м или ПК
$+K$ в м		$-D$ в м
$KK$ в ПК		$KK$ в ПК

Точность – два знака после запятой.

### Составление продольного профиля трассы

Продольный профиль трассы для проектирования сооружения линейного типа составляют на миллиметровой бумаге. Для большей наглядности масштаб для вертикальных расстояний принимают в 10 раз более крупным, чем для горизонтальных. При составлении профилей пользуются разграфкой установленного образца для размещения и записи необходимых данных. Она имеет следующие основные строки:

- план местности;
- фактические отметки;
- проектные отметки;
- уклоны;
- расстояния;
- план прямых и кривых.

Составление профиля начинают с нанесения *пикетов* и *плюсовых точек* по *расстояниям* и *высотам*. Наименование плюсовых точек на профиле не указывается, а о расстоянии их до пикетов судят по графе расстояний, в которой все точки наносятся по масштабу путем проведения вертикальных линий. Расстояния между точками записываются в промежутках между этими линиями. Расстояния равные расстоянию между пикетами могут не записываться. В графу *фактические отметки* записываются отметки пикетов и плюсовых точек, полученные из интерполирования. На этом заканчивается нанесение реального профиля. Следующий этап – проектирование оси сооружения.

**1. Проектирование продольного профиля.** Проектирование продольного профиля сводится к определению планового и высотного положения оси линейного сооружения. Проектирование ведется с использованием графо-аналитического метода, то есть основа – графические построения, а все расчеты ведутся аналитически.

Очевидно, что при проектировании необходимо придерживаться некоторых требований и правил.

Например, при проектировании земляного полотна дороги:

- проектные уклоны не должны превышать заданного допуска (назначается с точностью до одной промилле);
- проектируемые элементы профиля с одним уклоном должны быть максимально длинными, но при этом не должно возникать значительных выемок и насыпей;
- желательно чтобы переломы профиля не совпадали с плановыми кривыми;
- алгебраическая разность уклонов на смежных участках профиля не должна быть больше заданного предельного уклона, а где это трудно выполнить, проектируют горизонтальные площадки, но желательно в выемках не длинные, так как это затрудняет устройство водоотвода;
- объемы насыпей и выемок должны быть минимальными и примерно равными.

Начинать проектирование надо от мест с заданными высотами. Далее, используя построенную линию профиля местности, приближенно намечают первый участок проектной линии, по возможности приближая к поверхности земли, и вычисляют её уклон. Если уклон меньше предельного, то его берут в качестве окончательного. В противном случае конечную отметку повышают (понижают) до тех пор, пока уклон не окажется допустимым. Аналогично действуют и на последующих участках трассы, по возможности избегая затяжных подъемов и спусков с предельными уклонами. Таким образом, получают проектную линию трассы, состоящую из нескольких отрезков разных уклонов.

Если проектируют, используя известные высоты концов проектных отрезков, то вычисляют значения проектных уклонов  $i_j$  по формуле

$$i_j = \frac{H_{j+1} - H_j}{d_j}. \quad (1.2.9)$$

Значения уклонов заносят в строку *уклоны* (рис. 1.2.5), по которым последовательно вычисляют проектные отметки всех пикетов и плюсовых точек:

$$H_{i+1} = H_i + i_i \cdot d_i, \quad (1.2.10)$$

где  $d_j, d_i$  – расстояние между предыдущей и последующей точками.

Проектные отметки заносят в строку *проектные отметки* (рис. 1.2.5).

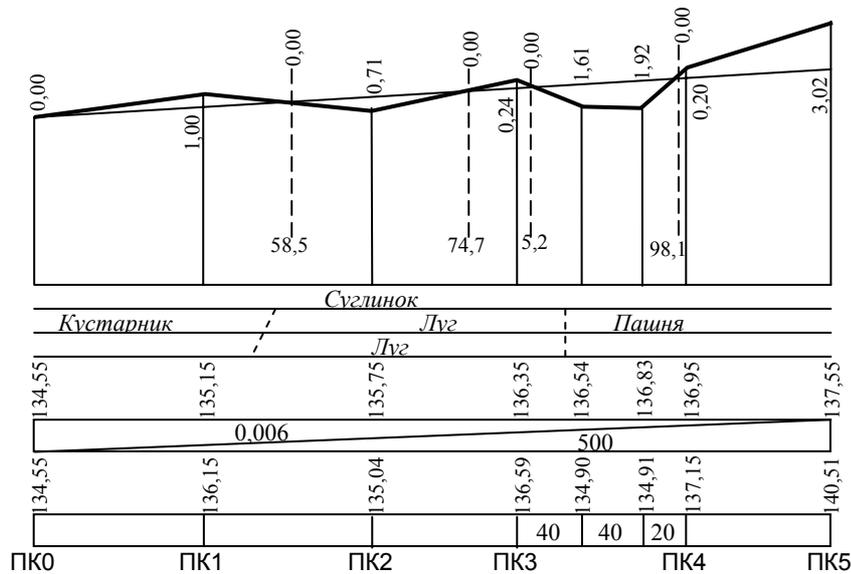


Рис. 1.2.5. Профиль продольного нивелирования.  
 Масштабы: горизонтальный 1 : 2000; вертикальный 1 : 200

Если проектная линия задается проектной отметкой начальной точки и уклонами проектной линии на каждый участок трассы, проектные отметки, лежащие на прямой профиля, также могут быть вычислены по формуле (1.2.10).

Далее находят разность между проектной отметкой и отметкой земли, которая показывает высоту насыпи или глубину выемки и называется *рабочей отметкой*  $r_i$ . Рабочие отметки вычисляются для всех точек профиля и записываются над проектной линией, если они относятся к насыпи,

и под ней при выемке. При переходе от насыпи к выемке и наоборот находится точка *нулевых работ* (рис. 1.2.6).

На профиле необходимо указать расстояние от этой точки до ближайшего младшего пикета. Это расстояние  $x_i$  для точек с расстоянием  $d_i$  и рабочими отметками  $r_i$  и  $r_{i+1}$  находим по формуле (1.2.4) (см. рис. 1.2.6).

Зная расстояние  $x_i$ , определяют отметку точки нулевых работ по формуле (1.2.10).

В графе *план круговых кривых* наносят ось сооружения и в масштабе откладывают начало и конец кривой, расстояния от них до ближайших пикетов слева и справа. В этой же графе записывают все данные о кривой:  $\varphi$ ,  $R$ ,  $T$ ,  $K$  *Д* и *Б*.

**Оформление профиля.** Профиль оформляют тушью в три цвета. Все данные, относящиеся к полевым работам: графы расстояние, отметки земли, ситуация, линия профиля – показывают черным цветом. Данные, относящиеся к проектированию: проектные линии, уклоны, проектные и рабочие отметки – красным цветом. Точки нулевых работ оформляют синим цветом.

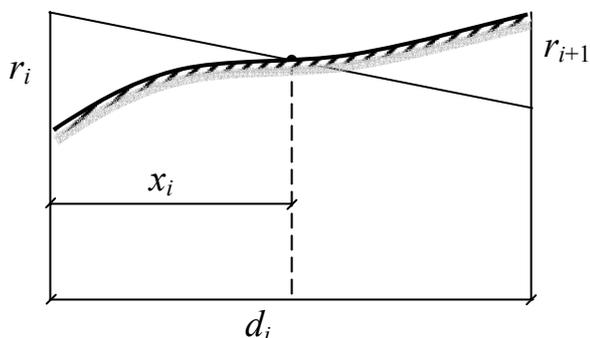


Рис. 1.2.6. Схема определения положения точки нулевых работ

При возникновении необходимости детальной

разбивки круговых кривых используют способы прямоугольных координат (перпендикуляров), углов и хорд.

## Вопросы для самоконтроля

1. Цели и этапы проектирования инженерных объектов.
2. Состав чертежей и работ на этапах проектирования.
3. Проект производства геодезических работ.
4. Площадное камеральное проектирование.
5. Проектирование горизонтальной и наклонной площадки.
6. Линейное камеральное проектирование.
7. Элементы трассы, построение профиля.
8. Способы проектирования профиля.

### 1.3. Разбивочные работы

1. Методы создания плано-высотной разбивочной основы.
2. Цели и основные этапы разбивочных работ.
3. Методы выноса в натуру проектных точек.
4. Методы подготовки данных для перенесения проекта на местность.
5. Перенос в натуру проектных элементов.
6. Перенесение в натуру высотных элементов.

Разбивочные работы или перенесение проекта в натуру – основной вид геодезических работ в процессе строительства инженерных объектов. Качественно выполненные разбивочные работы гарантируют соответствие внутренних и внешних геометрических параметров проектным величинам и таким образом, эффективности строительства.

#### 1.3.1. Методы создания плано-высотной разбивочной основы

Первые геодезические работы на строительной площадке – это вынос запроектированного сооружения на местность (в натуру) в плане и по высоте. Для обеспечения этого вида работ, а также контроля строительно-монтажных работ при возведении объектов создается специальная *разбивочная основа*. Исходным материалом для её построения служат *опорные геодезические сети*. Геодезическая разбивочная сеть должна отвечать требованиям, предъявляемым к разбивочным работам, исполнительским съемкам, а также наблюдениям за деформациями зданий и сооружений.

Геодезическая разбивочная основа состоит из *плановую* и *высотную*.

#### Виды плановой разбивочной основы

В зависимости от типа сооружения, размера строительной площадки и требуемой точности, плановые разбивочные сети бывают следующих видов:

– *триангуляционная сеть* со сторонами треугольников от 0,5 до 2,5 км, применяется в качестве разбивочной при строительстве крупных сооружений; точность определения положения соседних пунктов составляет 1 – 2 см;

– *трилатерационная сеть* со сторонами треугольников 20 – 50 м, создается при возведении высотных зданий, башен и других уникальных сооружений;

– *сети 1 и 2 разрядов*, применяются в городском, дорожном и гидротехническом строительстве;

– *строительная сетка* со сторонами квадратов или прямоугольников 100, 200 и 400 м, вершины которых закреплены постоянными знаками;

точность определения положения смежных пунктов сетки равна 1 – 2 см; создается для выноса в натуру промышленных и гражданских сооружений;

– *красная линия застройки* – линия, устанавливающая границу застройки в квартале города, закрепленная постоянными знаками.

– *системы разного рода засечек*.

К современным все более широко используемым методам создания обоснования можно отнести создание на основе *GPS*-систем, *электронную тахеометрию* и их комбинации.

**Строительная сетка.** В строительстве очень часто применяют в качестве разбивочной основы *строительную сетку*, как наиболее удобную для определения планового положения точек в прямоугольной системе координат. Для этого на генеральном плане проектируют сетку квадратов или прямоугольников со сторонами, равными 50, 100 или 200 м. Выбор формы сетки в основном зависит от конфигурации и типа строящегося объекта, характера рельефа и плотности застройки.

### **Высотная геодезическая основа**

Высотная геодезическая основа в основном создается методами *геометрического нивелирования*. *Высотной разбивочной основой* на строительной площадке при возведении зданий и сооружений служат реперы нивелирного хода, прокладываемого вблизи строящегося здания. Количество и расположение реперов высотной рабочей основы должно обеспечивать передачу отметок на максимальное число элементов возводимого здания или сооружения с одной постановки инструмента. На строительной площадке для каждого здания или сооружения должно быть закреплено не менее *двух* строительных реперов, а для многосекционных зданий по одному на каждую секцию.

Для обеспечения необходимой точности основных разбивочных работ в современном строительстве погрешности взаимного положения пунктов геодезической разбивочной основы не должны превышать 5 – 10 мм. Следует иметь в виду, что недостаточная точность разбивочной основы нарушит технологические связи возводимого объекта с другими объектами, а завышенная точность потребует ненужных дополнительных затрат.

Пункты опорной сети закрепляются в стороне от дорог, не ближе 10-кратной глубины котлована от его границы с учетом затопления. Часто используются также стенные репера в виде стандартных марок, которые закладываются в капитальные стены или цокольную часть зданий, расположенных вблизи строящегося объекта.

### **1.3.2. Цели и основные этапы разбивочных работ**

Разбивочные работы – одни из главных видов геодезических работ на строительной площадке (вынос проекта в натуру).

Под *разбивочными работами* понимают процесс переноса проекта сооружения на местность (в натуру) геодезическими методами с последующим закреплением полученных точек.

#### **Основная цель разбивочных работ**

Этот вид работ является одним из основных в системе геодезического обеспечения строительства, так как позволяет достаточно точно воспроизвести в реальности геометрию возводимого сооружения или его частей в соответствии с проектом. Не сложно заметить, что разбивочные работы по своей сути прямо противоположены съемочным. В съемочных работах объекты местности (точки, линии и другие) переносятся на носитель (ЭВМ, план), например посредством координирования этих объектов, а в разбивочных – элементы проекта геодезическими методами переносятся на местность. При этом, например, линии или углы не измеряют, а откладывают на местности. Очевидно, что для разбивочных работ возможно использование методик съемок, но в обратном направлении. Таким образом, основная цель разбивочных работ – перенесение проекта на местность (в натуру).

#### **Этапы разбивочных работ, их состав**

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

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

Первый этап – на основе данных разбивочных чертежей от пунктов разбивочной основы находят на местности проектное положение в плане и по высоте характерных точек главных или основных осей зданий, сооружений и закрепляют их. Так как закрепленными на местности главными или основными осями задается лишь общее положение и ориентировка будущего объекта, то требуемая точность положения этих осей относительно опорных пунктов обычно невысокая.

Закрепление точек пересечения главных и основных осей должно быть выполнено с более высокой точностью, чем закрепление пункта раз-

бивочной основы. Поэтому на местности от разбивочной основы закрепляют в основном только одну ось, чтобы от нее потом сделать разбивку остальных осей здания, сооружения.

Разбивочные работы необходимо осуществлять в пределах заданной точности, определяемой расчетами. Ожидаемые ошибки измерения не должны превышать величин строительных допусков. Общая средняя квадратическая ошибка перенесения на местность проекта зданий и сооружений определяется по формуле

$$M = \sqrt{m_{\text{П}}^2 + m_{\text{И}}^2},$$

где  $m_{\text{П}}$ ,  $m_{\text{И}}$  – средние квадратические ошибки определения проектных данных по плану и измерений при перенесении их на местность.

**1. Разбивка главных и основных осей.** Перенесение на местность проекта здания или сооружения начинают с разбивки главных и основных осей по данным геодезической подготовки генплана (разбивочных чертежей, схем), где указана их привязка к пунктам разбивочной основы.

*Главными осями* или *осями симметрии* принято называть две взаимно перпендикулярные линии, относительно которых здание или сооружение располагается симметрично.

*Основными осями* здания или сооружения называют оси, образующие его контур в плане.

В качестве главных осей линейных сооружений служат продольные оси этих сооружений. Главные и основные оси – геодезическая основа для последующих разбивочных работ.

Оси разбивают от пунктов плановой разбивочной основы (красных линий, строительной сетки, пунктов полигонометрии и других). Примеры разбивки главных и основных осей приведены на рис. 1.3.1.

Разбивку зданий и сооружений сложной в плане формы начинают с перенесения главных осей I-I, II-II (см. рис. 1.3.1а), а зданий простой формы – с основных осей (см. рис. 1.3.1б). В первом случае от опорного пункта переносят и закрепляют сначала одну из длинных главных осей. Затем путем промеров находят на ней точку 3 пересечения осей. Установив теодолит в точке 3, строят полным приемом два прямых угла и получают направление оси II-II.

Основные оси здания разбивают, пользуясь отнесенными к главным осям координатами точек внешнего контура здания.

Главные оси здания закрепляют на местности не менее, чем в пяти точках. Закрепления должны быть тем надежнее, чем сложнее здание. Для этого применяют обрезки труб, рельсов, уголка, скобы с рисками. Их крепят на расположенных вблизи зданиях и сооружениях, лежащих на оси и ее продолжении. В простейших случаях – это деревянные столбы с гвоздем, забитым сверху; костыли, метки масляной краски на зданиях.

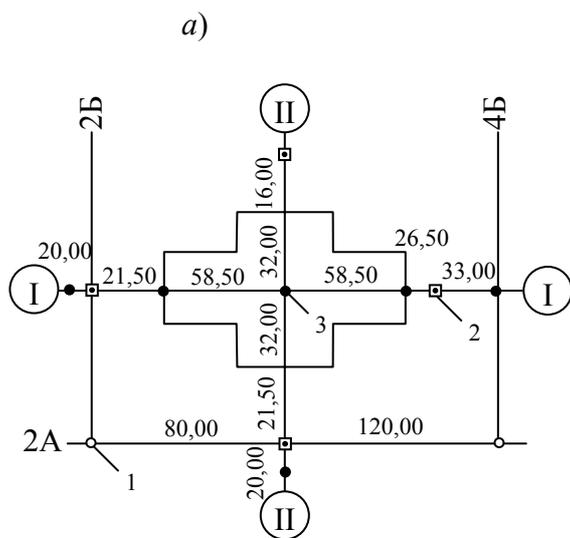


Рис. 1.3.1а. Схема разбивки, закрепления и привязки главных осей:  
1 – пункты строительной сетки;  
2 – постоянный знак закрепления;  
3 – металлический штырь

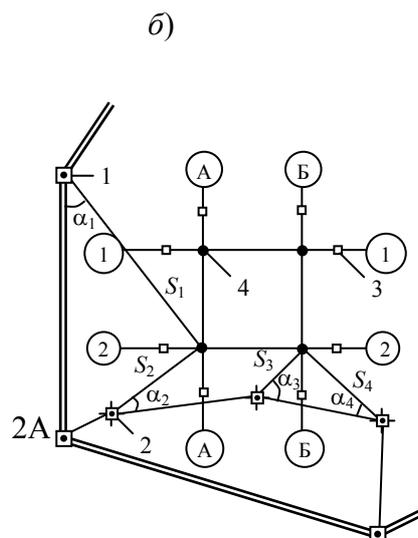


Рис. 1.3.1б. Схема перенесения и закрепления основных осей:  
1 – пункты полигонометрии;  
2 – точки теодолитных ходов;  
3 – постоянные знаки закрепления осей;  
4 – металлические штыри

Разбивку основных осей начинают от опорных пунктов с перенесения на местность двух крайних точек: А/2, Б/2 (см. рис. 1.3.1б), определяющих положение наиболее длинной продольной оси, от которой в последующем проводится дальнейшая разбивка. Построением полным приемом прямых углов в этих точках и отложением в полученном направлении проектной длины получают точки А/1 и Б/1. Для контроля измеряют линию А/1 и Б/1 и сравнивают с проектным значением. Рассмотрим основные способы разбивки осей.

## 2. Основные способы разбивки осей.

*Способ прямоугольных координат* (перпендикуляров) применяется для перенесения осей зданий и сооружений, расположенных вблизи линий

опорной сети строительной сетки или красной линии застройки. Разность измеренной вынесенной линии и проектной должна иметь относительную ошибку в пределах 1:2000 – 1:10000 в зависимости от типа здания или сооружения. Обычно этим способом переносят на местность только одну ось здания или сооружения.

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

*Способ полярных координат* (полярный) чаще применяется на открытой и удобной для измерения линий местности, от пунктов опорной сети по углу исходного направления до переносимой точки. Этот способ наиболее маневренный, достаточно точный и применяется на строительных площадках, где нет строительной сетки. Относительная ошибка выноса линии должна быть в пределах 1:2000 – 1:3000 для гражданских зданий и сооружений и 1:8000 – 1:60000 – для промышленных.

*Способ прямой угловой засечки* применяется при перенесении на местность точек проекта, расстояние до которых измерить затруднительно или невозможно. При этом угол засечки (угол, противолежащий базису) для достижения точности перенесения должен быть не менее  $30^\circ$  и не более  $150^\circ$ , и по возможности приближаться к  $90^\circ$ .

*Способ линейной засечки* применяется на ровной открытой местности, когда проектные расстояния не превышают длины мерного прибора. При этом обеспечивается достаточная точность и производительность измерений. Расстояния для ответственных зданий и сооружений определяют решением обратной геодезической задачи, а для простых – графическим методом.

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

Указанными выше способами можно производить разбивку зданий и сооружений на застроенных участках от местных предметов (например, существующих зданий). Так как точность разбивки от местных предметов сравнительно небольшая, то геодезическая подготовка данных осуществляется графическим методом по плану крупного масштаба. На рис. 1.3.2 показаны варианты перенесения на местность проектных точек и линий от местных предметов. Точность перенесения здесь контролируется

измерениями на местности и проверкой положения проектных точек и линий относительно других местных предметов.

Точность разбивочных работ на первом этапе зависит от способа проектирования объекта и погрешностей геодезической подготовки проекта и, если проект не связан с существующими сооружениями, может соответствовать графической точности, равной  $0,2T$ , взятой в масштабе генплана, то есть  $0,2T$ , где  $T$  – знаменатель масштаба плана.

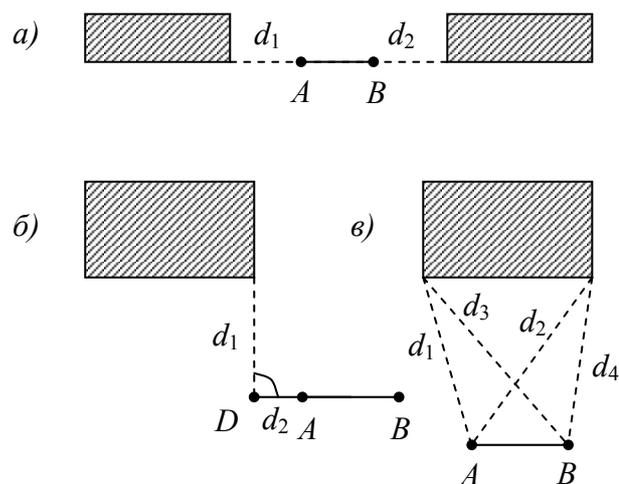


Рис. 1.3.2. Схема перенесения на местность оси здания:  
 а – по створу зданий; б – по перпендикуляру;  
 в – по линейным засечкам

### Детальная разбивка

На втором этапе выполняются детальные разбивки сооружения от его главных осей, которые должны осуществляться значительно точнее, чем перенос в натуру главных осей. На этом этапе в соответствии с ходом строительных работ разбивают основные оси, фиксирующие контуры сооружения, продольные и поперечные оси блоков, деталей, закладных частей, определяют плановое и высотное положение отдельных строительных конструкций и т.п. Перенос проекта в натуру выполняется по *разбивочному чертежу*. Если специального разбивочного чертежа в проекте нет, то он должен быть составлен по данным генплана и рабочих чертежей. Составление разбивочного чертежа должно осуществляться, как правило, на основе аналитического расчета.

Третий этап будет рассмотрен в разделе, посвященном монтажу оборудования.

## **Основные шаги при производстве разбивочных работ**

Процесс переноса проекта в натуру (разбивочные работы) можно разделить на следующие шаги:

**1. Назначение каждой выносимой точки метода выноса**, на основе чего рассчитывают разбивочные элементы. Предрасчет точности разбивки.

К основным методам выноса можно отнести *прямой (непосредственный)* метод и метод *редукций (свободной станции)*. В первом случае точку на местности получают непосредственно как пересечение материализованных линий положения разбивочных элементов. Во втором, предварительно получают координаты дополнительной точки вблизи проектной и рассчитывают элементы сдвига этой предварительной точки в проектную. В свою очередь *прямой* и *редукционный* методы можно разделить на методы *простых засечек* и *сложных засечек (движений)*. Исходя из перечисленных методов выноса, разбивочными элементами могут быть длина, угол, превышение. Эти элементы можно получить аналитическим, графическим или графо-аналитическим способами.

Предрасчет точности разбивочных работ необходим для выполнения разбивочных работ, удовлетворяющих заданной проектной точности выноса точек в натуру в зависимости от назначения сооружения.

### **2. Практическая реализация методики выноса.**

На основе существующих или индивидуально определенных в ППГР новых методов, выполняется практический перенос рассчитанных разбивочных элементов в натуру. При этом элементы образуют определенные в первом пункте методы для каждой точки.

Например, если в качестве метода разбивки выбрана угловая засечка с базиса, то в качестве разбивочных элементов будут как минимум два проектных угла с фиксированных точек на проектную. Вынося углы известными способами на местность, в точке их пересечения получим искомую проектную точку. Основная трудность здесь найти точку пересечения, для чего используют различные способы материализации линии положения (в данном случае одного из направлений, образующего проектный угол).

### **3. Контрольные измерения.**

Контрольные измерения необходимы для *оценки точности* выноса «по факту», то есть после реализации и сравнения его с существующими нормами и допусками. Они выполняются обычными геодезическими методами *прямыми* или *косвенными* способами. В прямых методах измеряется непосредственно вынесенная величина и сравнивается с проектной, в косвенных – измеряются некоторые элементы, функционально связанные с контролируемым элементом, который легко вычисляется.

### 1.3.3. Методы выноса в натуру проектных точек

Как было отмечено выше, методы выноса в натуру можно разделить на прямые и редуционные. Как в первых, так и во вторых можно выделить методы *простых* и *сложных* засечек.

В *прямых методах простых засечек* выносимая точка непосредственно получается из исходной использованием угловой, линейной или полярной засечки один раз. В *прямых методах сложной засечки* выносимая точка получается через одну или несколько промежуточных, также определенных перечисленными выше засечками.

В *редуционных методах простых засечек* рядом с проектным положением выносимой точки определяется каким-либо методом вспомогательная точка, относительно которой рассчитываются элементы её сдвига (редукции) в проектное положение. Очевидно, что все эти элементы можно свести к некоторым простым или сложным засечкам.

Очевидно, что тот или иной метод выноса выбирается в зависимости от условий, наличия инструментов и точности работ.

Рассмотрим некоторые методы из каждой группы более подробно.

#### Прямые методы простых засечек

К прямым методам простых засечек относят методы на основе однократного использования полярной, угловой, линейной и створной засечек.

**Полярный способ** применяют, когда разбивочная сеть имеет произвольную форму и ее стороны не параллельны осям сооружений, а между исходной и определяемой точками возможно построение горизонтальной линии рулеткой.

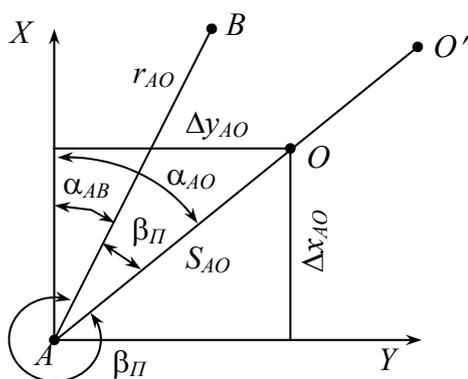


Рис. 1.3.3. Схема выноса точки в натуру способом полярных координат

В качестве разбивочных элементов в этом методе принимают *полярный угол  $\beta$*  и *полярное расстояние  $S$*  (рис. 1.3.3), от исходного пункта обоснования. При вынесении в натуру проектной точки  $O$  сначала решают обратные геодезические задачи по линии  $AB$  и  $AO$ , получая соответствующие дирекционные углы  $\alpha_{AB}$ ,  $\alpha_{AO}$  и расстояние  $S_{AO}$ , которое является *линейным разбивочным элементом*.

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg}(r_{AB}) &= \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}, \\ \operatorname{tg}(r_{AO}) &= \frac{y_O - y_A}{x_O - x_A}, \\ S_{AB} &= \sqrt{(y_B - y_A)^2 + (x_B - x_A)^2}. \end{aligned} \right\}, \quad (1.3.1)$$

где  $r_{AB}, r_{AO}$  – румбы направлений от исходного пункта  $A$  на исходную точку  $B$  и определяемую точку  $O$ ;  $x_A, y_A; x_O, y_O$  – координаты исходного пункта  $A$  и проектной точки  $O$ .

Для контроля расстояния обычно вычисляют еще раз как

$$S_{AO} = \frac{(x_O - x_A)}{\cos(r_{AO})} = \frac{(y_O - y_A)}{\sin(r_{AO})}$$

Разность дирекционных углов  $\alpha_{AO} - \alpha_{AB} = \beta_{\Pi}$  – *угловой разбивочный элемент*.

На основе расчета составляют разбивочный чертеж в виде схемы, на которую выписывают значения угла  $\beta_{\Pi}$  и горизонтального отрезка  $S_{AO}$ .

Необходимую точность линейных и угловых построений при допустимой или нормативной погрешности разбивки  $m_p$  вычисляют для линейных и угловых элементов соответственно по формулам

$$\begin{aligned} m_{\text{отн.}} &= \frac{m_p}{2S_{AO}\sqrt{2}}, \\ m_{\beta}'' &= \frac{m_p \cdot \rho''}{2S_{AO}\sqrt{2}}. \end{aligned} \quad (1.3.2)$$

где  $\rho''$  – число секунд в радиане;  $\rho'' = 206265''$ .

Очевидно, это один из многих вариантов предрасчета точности выноса.

Следует также учитывать, что суммарная погрешность выноса складывается, кроме определенных выше, из погрешностей исходных данных и фиксации выносимой точки.

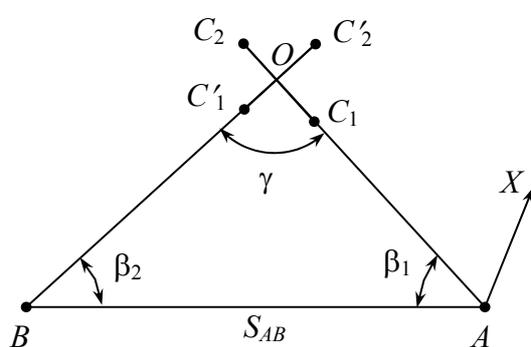
В соответствии с полученными значениями  $m_{\text{отн.}}$  и  $m_{\beta}$  производят выбор средств измерений для выполнения разбивки.

При выносе точки  $O$  устанавливают теодолит в исходном пункте  $A$  и строят на местности от исходного направления  $AB$  вычисленный угол  $\beta_{\Pi}$ . Фиксируют створ полученного направления точкой  $O'$  и по створу  $AO'$  откладывают горизонтальный отрезок  $S_{AO}$ , конец которого закрепляют точкой  $O$ .

**Метод угловой засечки** применяют в тех случаях, когда измерение расстояний рулеткой до определяемой точки невозможно или затруднительно. Вынос в натуру осуществляется путем построения теодолитом *проектных углов*  $\beta_1$  и  $\beta_2$  (рис. 1.3.4) на пунктах  $A$  и  $B$  разбивочной геодезической основы и определения на местности проектной точки  $O$ , находящейся на пересечении направлений  $AO$  и  $BO$ . Углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  засечки вычисляют по формулам

$$\beta_1 = \alpha_{AO} - \alpha_{AB},$$

$$\beta_2 = \alpha_{BA} - \alpha_{BO},$$



где  $\alpha_{AB}$ ,  $\alpha_{AO}$ ,  $\alpha_{BO}$  – дирекционные углы исходного направления  $AB$ , направлений  $AO$  и  $BO$ , определяемые по известным координатам пунктов  $A$ ,  $B$  и проектным координатам точки  $O$  из решения обратной задачи.

Необходимую точность  $m_\beta$  построения углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$  можно вычислить по формуле

Рис. 1.3.4. Схема выноса в натуру точки способом прямой угловой засечки

$$m_\beta = \frac{\rho'' \cdot \sin^2 \gamma}{S_{AB}} \sqrt{\frac{m_p^2}{4(\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2)} - \frac{m_u^2}{\sin^2 \gamma}}, \quad (1.3.3)$$

где  $m_p$  – допустимая нормативная или проектная погрешность выноса точки  $O$ ;

$m_u$  – погрешность в положении исходных пунктов  $A$  и  $B$ ;

$\gamma$  – угол при точке  $O$ , равный  $180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$ ;

$S_{AB}$  – известное расстояние между пунктами  $A$  и  $B$ .

Например, при  $\beta_1 = \beta_2 = \gamma = 60^\circ$ ,  $S_{AB} = 100$  м,  $m_p = 5$  см,  $m_u = 1$  см

$$m_\beta = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 0,87^2}{10^4} \sqrt{\frac{5^2}{4(0,87^2 + 0,87^2)} + \frac{1^2}{0,87^2}} \approx 25''.$$

Следовательно, углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  нужно строить теодолитом с погрешностью не более  $25''$ .

При выносе точки  $O$  теодолитом, установленным на пункте  $A$ , производят построение от направления  $AB$  угла  $\beta_1$ , фиксируя с точностью 2 – 3 мм (риской на коле и т.п.) на расстояниях  $S_{AO} \pm 1$  м от теодолита две створные точки  $C_1$  и  $C_2$  на направлении  $AO$ . Расстояние  $S_{AO}$  заранее вычисляют

$$S_{AO} = S_{AB} \cdot \frac{\sin \beta_2}{\sin \gamma}.$$

Расстояния  $AC_1$  и  $AC_2$  определяют нитяным дальномером, устанавливая рейку в створе линии  $AO$ . Сначала на расстоянии  $S_{AO} + 1$  м отмечают предварительное положение точки  $C_1$ , а затем на расстоянии  $S_{AO} - 1$  м отмечают положение точки  $C_2$ . Затем положение створных точек  $C_1$  и  $C_2$  уточняют, следя за тем, чтобы они находились точно в створе линии  $AO$ . Аналогичным способом производят вынос с пункта  $B$  по углу  $\beta_2$  створных точек  $C_1'$  и  $C_2'$ , находящихся на направлении  $BO$ . Затем, натянув тонкие нити между точками  $C_1, C_2$  и  $C_1', C_2'$ , фиксируют на пересечении нитей точку  $O$ . Используя метод угловой засечки, необходимо учитывать погрешность фиксации, которая равна 4 – 5 мм.

**Метод линейной засечки** применяется при *детальной разбивке сооружений*, когда расстояния от исходных до определяемых точек не превышают длины рулетки. Рассмотрим метод линейной засечки для детальной разбивки проектной точки  $O$  по известным проектным расстояниям  $S_1$  и  $S_2$  от исходных точек  $A$  и  $B$  (рис. 1.3.5). Определяемая точка  $O$  находится в точке пересечения радиусов  $S_1$  и  $S_2$ .

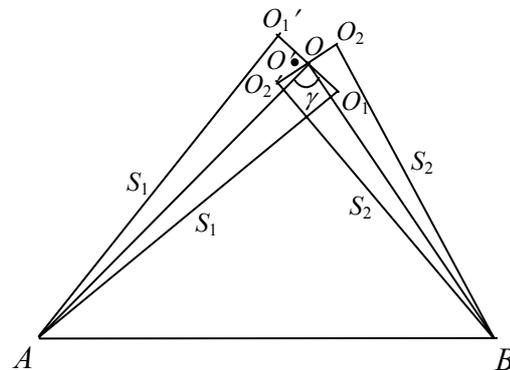


Рис. 1.3.5. Схема выноса точки в натуре способом линейной засечки

Точность  $m_S$  построения отрезков  $S_1$  и  $S_2$  и погрешность  $m_\Phi$  фиксации точки  $O$  при допустимой нормативной погрешности  $m_P$  выноса точки  $O$  можно определить по формулам

$$m_S = \frac{m_P \cdot \sin \gamma}{2},$$

$$m_\Phi = \frac{m_P}{2\sqrt{2}},$$
(1.3.4)

где  $\gamma$  – угол при точке  $O$  треугольника  $AOB$ . Проектные расстояния  $S_1$  и  $S_2$  определяют по рабочему чертежу или рассчитывают.

Засечку можно выполнить одновременно двумя лентами. При построении линии двумя рулетками их нулевые штрихи совмещают соответственно с исходными точками  $A$  и  $B$  и, поворачивая относительно этих точек горизонтально натянутые рулетки на пересечении штрихов  $S_1$  и  $S_2$  на местности, отмечают точку  $O$ . Затем для контроля измеряют расстояния  $S_1$  и  $S_2$  и, если это необходимо, уточняют положение точки  $O$ .

При выносе точки  $O$  одной рулеткой сначала отмечают на площадке положение проектной точки приближенно (точкой  $O'$ ), откладывая два-три раза отрезки  $S_1$  и  $S_2$  соответственно от точек  $A$  и  $B$ . Затем, совместив нулевой штрих рулетки с точкой  $A$ , располагают ее под небольшим углом к створу линии  $AO$  и отмечают конец отрезка  $S_1$  точкой  $O_1$ , находящейся справа от точки  $O$  в 5 – 10 см. Повернув рулетку относительно точки  $A$  против хода часовой стрелки на небольшой угол, таким же способом отмечают точку  $O_1'$  слева от точки  $O$  в 5 – 10 см. Откладывая аналогичным методом отрезок  $S_2$  от точки  $B$ , фиксируют на местности точки  $O_2$  и  $O_2'$ . Натянув между точками  $O_1, O_1'$  и  $O_2, O_2'$  две тонкие нити, фиксируют в месте их пересечения точку  $O$  (см. рис. 1.3.5). Для контроля измеряют расстояния  $AO$  ( $S_1$ ) и  $BO$  ( $S_2$ ) и при необходимости уточняют положение точки  $O$ .

**Метод створной засечки.** При разбивке сооружений, оси которых пересекаются под углом  $90^\circ$ , применяют метод *створной засечки* с использованием теодолита. Установив прибор на створном знаке  $A$  (рис. 1.3.6), наводят зрительную трубу теодолита на другой створный знак  $A_1$  и вблизи створа  $BB_1$  вдоль визирной оси фиксируют точки  $a_1$  и  $a_2$ . Затем устанавливают теодолит на створном знаке  $B$ , наводят зрительную трубу на створный знак  $B_1$  и отмечают по створу визирной оси трубы точки  $b$  и  $b_1$ . Расстояния между точками  $a_1, a_2$  и  $b, b_1$  в зависимости от рельефа местности и других внешних условий

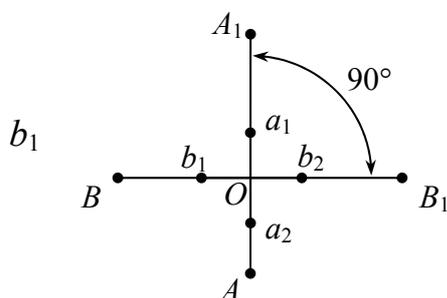


Рис.1.3.6. Схема выноса точки в натуру способом створной засечки

выбирают в пределах 0,5 – 1,0 м. После этого между зафиксированными точками  $a_1, a_2$  и  $b$ , натягивают тонкие нити, в месте пересечения которых фиксируют точку  $O$ .

Погрешность выноса точки в натуру данным способом зависит в основном от точности фиксации вспомогательных точек  $a_1, a_2, b, b_1$  и точки  $O$ , определяемой с помощью натянутых нитей, и составляет 1 – 2 см при расстояниях от теодолита до выносимых точек 50 – 100 м.

## Прямой метод сложных засечек

К прямым методам сложных засечек выноса точек в натуру можно отнести способы *прямоугольных координат (перпендикуляров)*, *условных прямоугольных координат*, *полярно-прямоугольный*, *створно-румбовый* и ряд других, использующих в основном комбинации полярных и створных засечек или сдвиги по фиксированному направлению. Здесь точка выносится не с исходной, а с ранее определенной, промежуточной точки. Рассмотрим некоторые из них.

**Способ прямоугольных координат** применяют при разбивке осей сооружений от пунктов строительной сетки или красной линии застройки. Он является комбинацией двух полярных засечек при значениях полярных углов 0 и 90° соответственно.

**1. Расчет.** Для вынесения, например, точки  $O$  (рис. 1.3.7) пересечения главных осей сооружения  $ABCD$  с проектными координатами  $x_0, y_0$  этим способом, предварительно вычисляют значения горизонтальных отрезков – *приращения координат* точки  $O$ :  $\Delta x_{10}$  и  $\Delta y_{10}$  относительно ближайшего пункта 1 разбивочной сети с координатами  $(x_1; y_1)$ :

$$\Delta x_{10} = x_0 - x_1; \quad \Delta y_{10} = y_0 - y_1.$$

Для контроля, используя известные координаты пунктов 2 и 4, вычисляют значения отрезков  $\Delta x_{02}$  и  $\Delta y_{04}$ , получая известные длины сторон 1-2 и 1-4 следующим образом

$$\Delta x_{10} + \Delta x_{02} = S_{12}; \quad \Delta y_{10} + \Delta y_{04} = S_{14}.$$

В таком виде способ целесообразнее использовать при разбивке от строительной сетки.

По полученным данным составляют разбивочный чертеж, на котором указывают числовые значения горизонтальных отрезков  $\Delta x_{10}$ ,  $\Delta y_{10}$ ,  $\Delta x_{02}$  и  $\Delta y_{04}$ . Затем определяют необходимую относительную точность  $m_{отн.}$  построения горизонтальных отрезков и точность построения углов:

$$m_{отн.} = \frac{m_P}{2 \cdot \sqrt{2(\Delta^2 x_{10} + \Delta^2 y_{10})}} = \frac{m_P}{2 \cdot S_{10} \cdot \sqrt{2}} \quad (1.3.5)$$
$$m_{\beta} = \frac{m_P \cdot \rho''}{2 \cdot \Delta y_{10} \cdot \sqrt{2}}$$

где  $m_P$  – нормативная или проектная точность разбивки;  $\rho'' \approx 2 \cdot 10^5''$ .

Например, при выносе осевой точки  $O$  здания  $ABCD$  от пункта сетки 1, если  $\Delta x_{10} = 50$  м,  $\Delta y_{10} = 30$  м, а допустимая погрешность разбивки  $m_p = 5$  см, получим

$$m_{отн.} = \frac{0,05}{2\sqrt{2 \cdot (50^2 + 30^2)}} = \frac{1}{3000},$$

$$m_{\beta} = \frac{0,05 \cdot 2 \cdot 10^5}{2\sqrt{2} \cdot 30} \approx 120'' = 2'$$

Следовательно, построение отрезков  $\Delta x_{10}$  и  $\Delta y_{10}$  можно выполнять рулеткой 3-го класса точности без учета натяжения и температуры (разность температур при измерении и компарировании не должна превышать  $10^\circ\text{C}$ ), а угла – теодолитом с точностью  $1'$ .

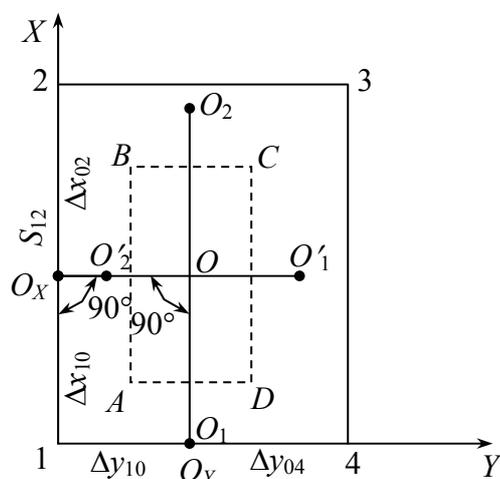


Рис.1.3.7. Схема выноса точки в натуру способом прямоугольных координат

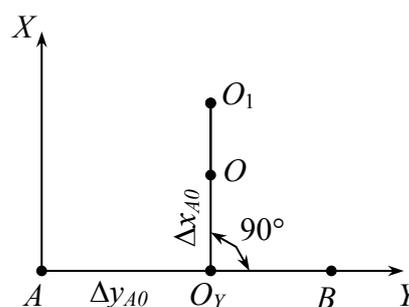


Рис. 1.3.8. Схема выноса точки в натуру от красной линии застройки

**2. Вынос.** При выносе точки  $O$  сначала от точки 1 вдоль стороны 1-2 сетки рулеткой строят горизонтальный отрезок  $\Delta x_{10}$  с учетом знака и в полученной точке  $O_x$  теодолитом строят угол  $90^\circ$  по направлению  $O_x-2$  или  $O_x-1$  и закрепляют поперечную главную ось сооружения знаками  $O_1'$  и  $O_2'$ . Затем по створу направления  $O_x-O_1$  от точки  $O_x$  откладывают горизонтальный отрезок  $\Delta y_{10}$  и фиксируют знаком на местности точку  $O$ .

Построив в полученной точке  $O$  теодолитом угол  $90^\circ$  от направлений  $O-O_1'$  или  $O-O_2'$ , выносят на площадке продольную главную ось, которую фиксируют точками  $O_1$  и  $O_2$ . Для контроля разбивки измеряют горизонтальный отрезок  $O_x-2$ , который должен быть равен проектному расстоянию  $\Delta x_{02} \pm m_{отн.} S_{12}$ , и угол между направлениями  $O-O_2'$  и  $O-O_y$ , который должен быть равен  $90^\circ \pm 1'$ . Точку  $O_y$  предварительно фиксируют на площадке после построения рулеткой горизонтального отрезка  $\Delta y_{10}$  по створу линии 1-4

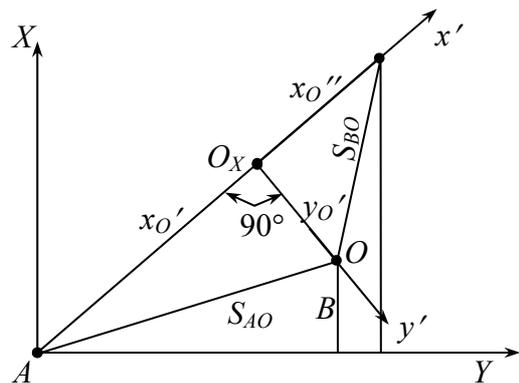
от точки 1. Если контроль даст удовлетворительные результаты, то осевые точки  $O_1$ ,  $O_2$  и  $O_1'$ ,  $O_2'$  закрепляют постоянными знаками.

Особенностью выноса точки  $O$  и осей здания от красной линии застройки (рис. 1.3.6) является то, что всегда в начале рулеткой откладывают от ближайшего пункта  $A$  по створу красной линии  $AB$  горизонтальный отрезок  $\Delta y_{AO}$ , а затем, восставив в полученной точке  $O_y$  перпендикуляр  $O_y-O_1$ , производят построение по его створу отрезка  $\Delta x_{AO}$ . Расчет необходимой точности угловых и линейных измерений при разбивке выполняют в том же порядке, что и при выносе точки от пунктов строительной сетки.

**Способ условных прямоугольных координат** используют при разбивке сооружений от произвольно расположенных на строительной площадке пунктов разбивочной основы, вводя условную систему прямоугольных координат с началом, например, в исходном пункте  $A$  (рис. 1.3.9) и положительным направлением оси  $X'$ , совпадающим с направлением на другой произвольно расположенный пункт  $B$  разбивочной основы.

**1. Расчет.** Условные координаты выносимой точки  $O$ , имеющей проектные координаты  $x_0$ ,  $y_0$ , могут быть определены из рис. 1.3.9 следующим образом

$$\begin{aligned} y'_O &= \sqrt{S_{AO}^2 - x'^2_O}, \\ y'_O &= \sqrt{S_{BO}^2 - x''^2_O}, \\ S_{AB} &= x'_O + x''_O, \end{aligned} \quad (1.3.6)$$



где  $S_{AB}$ ,  $S_{BO}$ ,  $S_{AO}$  – расстояния между пунктами  $A$ ,  $B$  и  $O$ , вычисленные по известным координатам пунктов  $A$ ,  $B$  и проектным координатам точки  $O$ ;

Рис. 1.3.9. Схема выноса точки в натуру способом условных прямоугольных координат

$x'_O$ ,  $x''_O$  – расстояние от точки  $O_x$ , находящейся в основании перпендикуляра к линии  $AB$ , проходящего через точку  $O$ , до пункта  $A$  и  $B$  соответственно.

Решив систему уравнений (1.3.6), получим

$$\left. \begin{aligned} x'_O &= \frac{1}{2} \cdot \left( S_{AB} + \frac{S_{AO}^2 - S_{BO}^2}{S_{AB}} \right), \\ y'_O &= \sqrt{S_{AO}^2 - x'^2_O}. \end{aligned} \right\} \quad (1.3.7)$$

или

$$\left. \begin{aligned} x''_O &= \frac{1}{2} \cdot \left( S_{AB} - \frac{S_{AO}^2 - S_{BO}^2}{S_{AB}} \right), \\ y''_O &= \sqrt{S_{BO}^2 - x''_O{}^2}. \end{aligned} \right\} \quad (1.3.8)$$

Формулы (1.3.7) используют при расчете выноса проектной точки  $O$  в натуру, формулы (1.3.8) – для контроля правильности расчета.

Необходимую точность угловых и линейных построений при выносе точки  $O$  определяют по формулам (1.3.5), в которые вместо приращений координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$  подставляют соответственно условные координаты  $x'_O$ ,  $y'_O$ . На основе этого расчета производят выбор технических средств для выноса в натуру точки  $O$  – теодолита и рулетки соответствующей точности. По полученным данным составляют разбивочный чертеж, на котором приводят числовые значения горизонтальных отрезков  $x'_O$ ,  $y'_O$  и для контроля – отрезка  $x''_O$ .

**2. Вынос.** Вынос проектной точки  $O$  осуществляют в следующем порядке. Сначала по створу исходной линии  $AB$  с помощью рулетки производят построение горизонтального отрезка  $x'_O$ , получают точку  $O_x$  и закрепляют ее на местности временным знаком (тонким штырем или гвоздем, забитым в торец деревянного кола). Для контроля измеряют горизонтальное расстояние  $O_x-B$  и сравнивают его со значением  $x''_O$ . Разность  $(O_x-B - x''_O)$  не должна превышать удвоенной величины произведения  $m_{отн} S_{AB}$ . Затем теодолитом, установленным в точке  $O_x$ , от направления  $O_x-A$  или  $O_x-B$  строят угол  $90^\circ$ , закрепив сторону угла временным знаком на расстоянии на 5 – 10 м большем, чем  $y'_O$ , откладывают рулеткой горизонтальный отрезок  $y'_O$  и закрепляют вынесенную точку  $O$ .

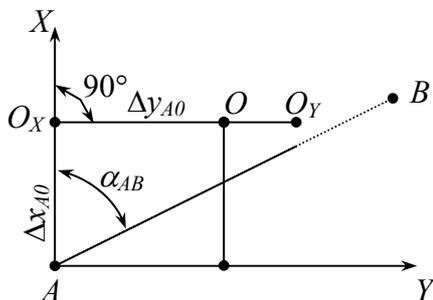


Рис. 1.3.10. Схема выноса точки в натуру полярно-прямоугольным способом

**Полярно-прямоугольный способ** является комбинацией способов прямоугольных и полярных координат. Его применяют для выноса в натуру проектных точек при произвольном расположении на строительной площадке пунктов геодезической разбивочной сети.

**1. Расчет.** Сущность способа состоит в том, что сначала вычисляют

приращения координат определяемой точки  $O$  (рис. 1.3.10) относительно исходного пункта  $A$ :

$$\Delta x_{AO} = x_O - x_A; \quad \Delta y_{AO} = y_O - y_A,$$

где  $x_A, y_A, x_O, y_O$  – координаты исходного пункта  $A$  и определяемой точки  $O$  соответственно.

**2. Вынос.** Установив теодолит в исходном пункте  $A$ , производят построение правого по ходу угла от направления на пункт  $B$  разбивочной<sup>1</sup> основы, численно равного известному дирекционному углу  $\alpha_{AB}$  (или  $\alpha_{AB} \pm 180^\circ$ ). Угол  $\alpha_{AB}$  строят при положительном значении  $\Delta x_{AO}$ , угол  $\alpha_{AB} \pm 180^\circ$  при отрицательной величине  $\Delta x_{AO}$ . Закрепив на местности направление, параллельное оси  $X$  и проходящее через пункт  $A$ , точкой  $X$ , удаленной от пункта  $A$  на расстояние  $\Delta x_{AB}$  (плюс 5 – 10 м), откладывают рулеткой горизонтальный отрезок, численно равный значению  $\Delta x_{AO}$ , от точки  $A$  по створу направления  $AX$ . Зафиксировав на створе линии  $AX$  точку  $O_x$ , восстанавливают в ней теодолитом перпендикуляр к линии  $O_xA$  и отмечают его направление точкой  $O_y$ , удаленной от точки  $O_x$  на расстояние  $\Delta y_{AO}$  (плюс 5 – 10 м). Отложив от точки  $O_x$  по створу направления  $O_x-P_y$  с учетом знака отрезок  $\Delta y_{AO}$ , закрепляют на местности вынесенную точку  $O$ .

На основе расчета составляют разбивочный чертеж для выноса проектной точки  $O$ , на котором приводят числовые значения горизонтальных углов и линейных отрезков, подлежащих построению.

Необходимую точность построения горизонтальных отрезков  $\Delta x_{AO}$  и  $\Delta y_{AO}$  определяют по формуле (1.3.5), а точность построения углов –

$$m_{\beta} = \frac{m_p \cdot \rho''}{2\sqrt{2(\Delta^2 x_{AO} + \Delta^2 y_{AO})}} \quad (1.3.9)$$

где  $m_p$  – нормативная или проектная точность выноса.

**Створно-румбовый способ** выноса проектной точки в натуру является комбинацией *полярной засечки* при нулевом угле (*створно-линейная засечка*) и створно-линейной засечки параллельно одной из координатных осей. На рис. 1.3.11 изображена схема выноса проектной точки  $O$  от пункта  $A$  линии геодезической основы  $AB$ .

**1. Расчет.** Для выноса точки  $O$  предварительно вычисляют горизон-

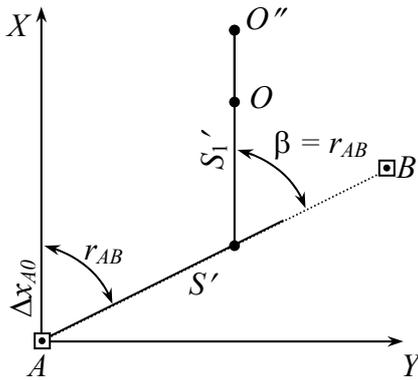


Рис.1.3.11. Схема выноса точки в натуру по створу и румбу исходной линии

тальные расстояния  $AO'$  от пункта  $A$  до точки  $O'$ , находящейся в створе линии  $AB$  (полярная засечка с нулевым углом), с абсциссой или ординатой, равной соответственно абсциссе или ординате выносимой точки  $O$ . Далее вычисляют отрезок  $O'O$ , параллельный оси  $Y$  (можно  $X$ ) для реализации створно-линейной засечки. Формулы для вычислений имеют вид: для первой засечки

$$S = \frac{x_O - x_A}{\cos(r_{AB})}, \quad (1.3.10)$$

$$S' = \frac{y_O - y_A}{\sin(r_{AB})}$$

и для второй –

$$\begin{aligned} S_1 &= (y_O - y_A) - S \cdot \sin(r_{AB}), \\ S_1' &= (x_O - x_A) - S' \cdot \cos(r_{AB}). \end{aligned} \quad (1.3.11)$$

где  $x_A, y_A$  и  $x_O, y_O$  – координаты исходного пункта  $A$  и выносимой точки  $O$  соответственно;  $r_{AB}$  – румб исходного направления  $AB$ .

Первые формулы в (1.3.10) и (1.3.11) следует применять, если румб  $r_{AB} < 45^\circ$ , а вторые – при  $r_{AB} > 45^\circ$ . Контроль вычислений (также в зависимости от величины румба) выполняют по формулам

$$\begin{aligned} S \cdot \sin(r_{AB}) - (x_O - x_A) \cdot \operatorname{tg}(r_{AB}) &= 0, \\ S' \cdot \cos(r_{AB}) - (y_O - y_A) \cdot \operatorname{ctg}(r_{AB}) &= 0 \end{aligned}$$

с отличием от нуля в пределах точности вычислений.

**2. Вынос.** При выносе точки  $O$  сначала от пункта  $A$  по направлению  $AB$ , считая его положительным, откладывают рулеткой или дальномером с учетом знака отрезок  $S(S')$  и закрепляют на местности точку  $O'$ . Установив теодолит в точке  $O'$ , производят построение от направления на пункт  $B$  угла  $\beta$ , численно равного  $90^\circ - r_{AB}$  (если  $r_{AB} < 45^\circ$ ) или  $r_{AB}$ , ( $r_{AB} > 45^\circ$ ), закрепляя полученное направление точкой  $O''$ . Построение угла  $\beta$  выполняют полным приемом вправо или влево от пункта  $B$  ( $A$ ) в зависимости от румба линии  $AB$ . Затем от точки  $O'$  по направлению на точку  $O''$  производят по-

строение горизонтального отрезка  $S_1(S_1')$  с учетом его знака и закрепляют на местности вынесенную точку  $O$ .

Расчет необходимой точности линейных и угловых построений при выносе точки этим способом с условием равного влияния погрешностей измерений (пренебрегая влиянием незначительных погрешностей фиксации точек  $O'$  и  $O$ ) выполняют по формулам (1.3.5), в которые вместо значений  $\Delta x$  и  $\Delta y$  подставляют соответственно величины отрезков  $S$  и  $S_1$ .

По трудоемкости и точности выноса данный способ практически не отличается от широко применяемого способа прямоугольных координат и поэтому может быть рекомендован для использования на строительной площадке в тех случаях, когда геодезические исходные пункты располагаются на территории строительства произвольно и требуется вынести несколько проектных точек от одной и той же исходной линии.

### Редукционные способы разбивки

Редукционные способы разбивки (способы *свободной станции*) получили широкое применение только после внедрения в геодезическое производство приборов, позволяющих просто определить или координаты точки стояния, или координаты точки наблюдения. Напомним, что в этой группе способов, хорошо определив координаты промежуточной точки, находящейся не далеко от выносимой, рассчитывают некоторые значения, по которым можно перейти от промежуточной точки к выносимой (*элементы редукций*).

Пусть (рис. 1.3.12) имеется какой либо базис  $AB$  (но не обязательно) и рядом с выносимой точкой  $P$  была определена промежуточная точка (свободная станция)  $P'$ . Основная задача способа редукций – вычислить и реализовать на местности разложение отрезка  $PP'$  на простые составляющие. Чаще всего в качестве исходных линий используют линии с исходных пунктов на промежуточную точку (например, на рис. 1.3.9 –  $AP'$  или  $BP'$ ); линии, параллельные координатным и проходящие через точку  $P'$  ( $x'$  или  $y'$ ); линии параллельные или перпендикулярные базису и проходящие через промежуточную точку  $P'$  ( $n$  или  $l$ ). В процессе решения обратной геодезической задачи между исход-

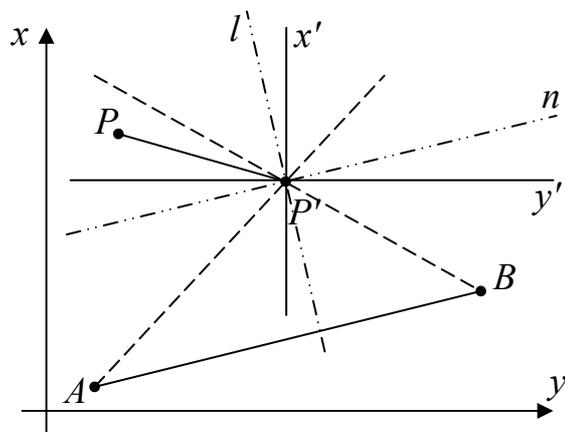


Рис. 1.3.12. Варианты выноса проектной точки методами редукций

ными точками  $A$ ,  $B$ , промежуточной  $P'$  и выносимой  $P$ , получаем все необходимые элементы для расчетов в зависимости от выбранного способа выноса.

Большинство современных электронных тахеометров фирм *Sokkia*, *Trimble*, *Leica*, *Topcon* и некоторых других, имеют в качестве основных функций, вычисление ряда разбивочных элементов, которые все укладываются в схему рис. 1.3.9. Очевидно, что наибольший эффект разбивки может быть достигнут при использовании роботизированных систем с выносным контроллером. В этом случае разбивка может быть произведена в режиме реального времени, то есть по ходу движения исполнителя работ.

После назначения способа разбивки и уточнения разбивочных элементов, необходимо произвести их вычисление.

#### **1.3.4. Методы подготовки данных для перенесения проекта на местность**

Необходимые величины для перенесения проекта на местность определяют в процессе геодезической подготовки данных генплана и составления на его основе разбивочных чертежей. Цифровые величины геодезической подготовки данных генплана – это координаты и отметки характерных точек зданий и сооружений, величины углов, линий и превышений, которые необходимо перенести и закрепить на местности от опорных точек разбивочной основы. Подготовка данных генплана осуществляется *графическим, аналитическим и графоаналитическим методами*, то есть производится путем измерений на генплане и математических расчетов.

##### **Графический метод расчета разбивочных элементов**

*Графический метод* заключается в том, что все необходимые данные определяют на плане при помощи циркуля, измерителя, транспортира и масштабной линейки. Точность этих данных зависит от масштаба плана и деформации бумаги, на которой составлен план. Чем крупнее масштаб плана, тем выше точность получаемых линейных и угловых величин, и наоборот. При отсутствии существенной деформации бумаги, ошибку  $m_D$  расстояния  $D$  на местности определяют по формуле

$$m_D = m_d \cdot M,$$

где  $m_d$  – ошибка длины  $d$  отрезка линии, взятой графически с плана, принимаемая равной графической точности масштаба плана 0,1–0,2 мм;

$M$  – знаменатель численного масштаба плана.

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

Если учесть, что обычно проектирование производится на копиях с топографических планов, то графическая точность будет еще ниже. Поэтому графический метод подготовки является наименее точным, но наиболее простым, быстрым и применяется в основном для неответственных или вспомогательных зданий и сооружений, а также внутриквартальной жилой застройки, где к точности планового положения объектов не предъявляют повышенных требований. При графическом методе координаты точки  $A$  (рис. 1.3.13 а) вычисляются по формулам

$$x_A = x + \Delta x, \quad y_A = y + \Delta y,$$

где  $x$  и  $y$  – координаты нижнего угла координатной сетки, а величины  $\Delta x$  и  $\Delta y$  взяты графически с плана. Но для бумажного носителя (с учетом деформации бумаги), координаты точки  $A$  чаще определяют как

$$\left. \begin{aligned} S \cdot \sin(r_{AB}) - (x_O - x_A) \cdot \operatorname{tg}(r_{AB}) &= 0, & x_A &= x + \frac{L}{\Delta x + \Delta x_1} \cdot \Delta x \\ S \cdot \cos(r_{AB}) - (y_O - y_A) \cdot \operatorname{ctg}(r_{AB}) &= 0 & y_A &= y + \frac{L}{\Delta y + \Delta y_1} \cdot \Delta y \end{aligned} \right\},$$

где  $L$  – длина стороны координатной сетки (рис. 1.3.13 а).

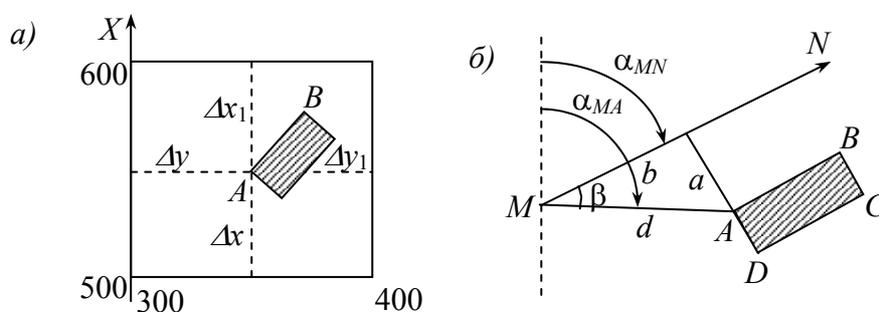


Рис.1.3.13. Определение координат точки  $A$ : а) – графический метод; б) – аналитический метод

Аналогично вычисляют координаты любой выносимой точки.

### **Аналитический метод расчета разбивочных элементов**

**Аналитический метод** заключается в вычислении координат проектных точек, дирекционных углов и длин линий привязки к опорным пунктам. Например, вычисление координат точки  $A$  (рис. 1.3.13 б) выполняется по известным координатам опорного пункта  $M$ , дирекционному уг-

лу  $\alpha$  линии  $MA$ , образуя разбивочный угол  $\beta$ , и длине линейной привязки  $d$  путем решения прямой геодезической задачи:

$$\alpha_{MA} = \alpha_{MN} + \beta,$$

$$\operatorname{tg}(\beta) = \frac{a}{b},$$

$$d = \sqrt{a^2 + b^2}.$$

Координаты точки  $B$  здания, параллельной опорной линии  $MN$ , определяются также из прямой геодезической задачи по длине  $AB$  и дирекционному углу опорной линии  $MN$   $\alpha_{MN}$ . Таким образом, в этом методе должны задаваться исходные привязочные элементы в виде ориентирования и длины или условные прямоугольные координаты относительно опорных линий.

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

### **Графоаналитический метод расчета разбивочных элементов**

**Графоаналитический метод** (комбинированный) представляет собой сочетание аналитического и графического методов. При этом графически определяют координаты отдельных точек проекта (например, точки  $A$ ), а значения координат остальных точек ( $B, C, D$ ), линейные и угловые привязки вычисляют решением *прямой и обратной геодезических задач*. По точности этот метод уступает аналитическому, но отличается удобством и удовлетворяет требованиям разбивочных работ и поэтому наиболее распространен на практике.

### **1.3.5. Перенос в натуру проектных элементов**

После расчета разбивочных элементов, их необходимо перенести в натуру, учитывая, что они связаны со способом выноса точки. В связи с этим рассмотрим способы построения проектного угла и проектной линии в плане.

#### **Способы построения проектного угла**

Задача состоит в том, чтобы от имеющегося в натуре исходного направления в данной точке отложить заданный угол и полученное направление закрепить постоянным или временным знаком. Существует ряд способов решения этой задачи. Наиболее часто используемые способы, это *способ приемов* и *способ редуций* для повышенной точности.

**1. Способ приемов.** В *способе приемов* теодолит центрируют и горизонтируют над вершиной угла  $C$  (рис. 1.3.14), наводят трубу на вежу, от-

весно установленную на исходном направлении  $CA$ , берут отсчет по горизонтальному кругу  $N_0$ . Вычисляют отсчет  $N$ , соответствующий положению визирной оси трубы при наведении на второе направление проектного угла по формуле

$$N = N_0 - \beta_n; \quad N = N_0 + \beta_l,$$

где  $\beta_n$  и  $\beta_l$  – правый или левый по ходу проектный горизонтальный угол.

Затем вращением алидады устанавливают на горизонтальном круге отсчет, равный  $N$  и в полученном направлении на каком-либо расстоянии от прибора точно в створе отмечают тонким штырем или шпилькой точку  $B_1$ . Эта часть построения угла  $\beta$  составляет первый *полуприем*. Переводят трубу через зенит и выполняют второй полуприем, отмечая вторую точку  $B_2$ . Окончательное положение точки  $B$  соответствует середине отрезка между ранее отмеченными точками (см. рис. 1.3.14). Угол  $\beta$  при этом свободен от влияния коллимационной ошибки.

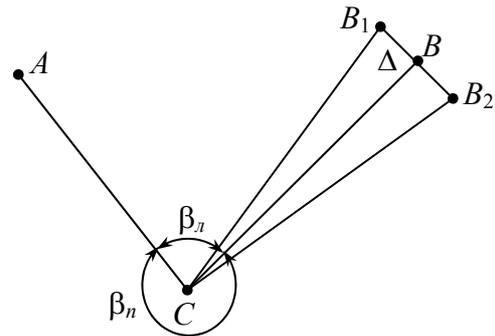


Рис. 1.3.14. Построение проектного угла способом приемов

1.3.14). Угол  $\beta$  при этом свободен от влияния коллимационной ошибки.

**2. Способ редукции.** При построении угла с повышенной точностью (способ редукции) после предварительного выноса угла первым полуприемом и фиксации точки  $B_1$  производят измерение построенного угла  $ACB_1$  несколькими полными приемами и вычисляют значение угла  $\beta'$  –  $ACB_1$  с повышенной точностью. По разности проектного  $\beta$  и уточненного  $\beta'$  углов вычисляют линейную величину сдвига (редукцию)  $\Delta$ , которая вводится в положение точки  $B_1$  при уточнении построенного угла:

$$\Delta = \frac{S \cdot (\beta - \beta')}{\rho},$$

где  $S$  – расстояние от теодолита до точки  $B_1$ ,

$\rho$  – значение радиана в единицах разности углов.

Отложив от точки  $B_1$  перпендикулярно к линии  $CB_1$  отрезок  $\Delta$ , фиксируют точку  $B$ , лежащую на стороне  $CB$  проектного угла  $\beta$ . Для контроля угол  $ACB$  измеряют ещё раз.

Точность построения проектного угла зависит от типа используемого теодолита и числа приемов при измерении, способа центрирования прибора и визирной цели, а также от способа фиксации точки  $B$ .

При построении угла с точностью до 3" необходимо использовать теодолит типа Т2, число приемов при измерении должно быть не менее трех, центрирование прибора и визирной цели в точке  $A$  следует выполнять оптическим центриром.

Построение углов с точностью 5 – 20" выполняют теодолитом типа Т5, число приемов при измерениях должно быть не менее трех (при требуемой точности построения 5") или двух (при точности построения 10 – 20"), центрирование прибора и визирной цели производят оптическим центриром, а фиксируют выносимую точку керном или карандашом.

Построение углов с точностью 30 – 45" можно производить теодолитами типов Т30 и 2Т30 одним полным приемом, центрируя прибор над исходной точкой отвесом и фиксируя выносимую точку шпилькой или гвоздем, забиваемым в деревянный кол.

При разбивочных работах часто возникает необходимость в построении прямого угла на местности. Его можно построить не только теодолитом, но и экером или линейными промерами. В последнем случае прямой угол строят способом «египетского треугольника», в котором катеты и гипотенуза должны иметь следующее соотношение:  $3x:4x:5x$ , при любом значении  $x$ .

### Перенесение проектной длины линии

При геодезической подготовке разбивочных данных определяют горизонтальное приложение проектной длины линии, которое можно перенести непосредственным отложением этой линии на местности несколько раз, взяв среднее положение за окончательное. Очевидно, что в длину  $d$  необходимо ввести некоторые поправки: за наклон линии к горизонту, температуру мерного прибора, компарирование.

**1. Поправки в длину.** Поправку за наклон линии  $\Delta d_v$  можно получить как разность между наклонной длиной  $D$  и горизонтальным проложением (проектной длиной)  $d$ . При этом возможно два случая: известен угол наклона  $v$  или превышение  $h$  по линии. Тогда поправки из прямоугольного треугольника вычисляют по формуле

$$\Delta d_v = \frac{d}{\cos(v)} - d = \sqrt{d^2 + h^2} - d \approx \frac{h^2}{2d}.$$

Угол  $v$  или превышение  $h$  можно измерить на местности или определить по разности отметок концов линии. Знак полученной поправки всегда положительный.

Поправка за температуру  $\Delta d_t$  вычисляется по формуле

$$\Delta d_t = \alpha \cdot n \cdot d \cdot (t - t_0),$$

где  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения материала мерного прибора;  
 $d$  – длина мерного прибора;  
 $n$  – число, показывающее, сколько раз мерный прибор укладывается в длине линий;  
 $t$  – температура мерного прибора во время измерения;  
 $t_0$  – температура при компарировании.

Знак поправки  $\Delta d_t$  зависит от знака разности температур, которые при измерениях достаточно учитывать с точностью  $\pm 0,5^\circ$ .

Поправку за компарирование  $\Delta d_k$  можно вычислить по формуле

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

где  $d_n$  – длина нормальной меры.

Поправку за компарирование вводят со знаком минус, если мерный прибор короче нормальной меры, и со знаком плюс, если длиннее.

Вычислив указанные выше поправки, вводят их в длину, а полученный результат откладывают на местности:

$$D = d + \Delta d_v + \Delta d_t + \Delta d_k.$$

**2. Процесс выноса проектной линии.** При откладывании линии на местности в заданном створе её определяют не менее двух раз, взяв в качестве конечного результата среднее положение. Если проектная длина больше длины мерного прибора, то забивают промежуточные колья на расстояниях друг от друга, равных полной длине рулетки. Число промежуточных колеи  $n$  определяется соотношением  $n = d_0 / S$ , где  $d_0$  – горизонтальное проектное расстояние, м;  $S$  – длина рулетки, м. Прикладывают нулевой штрих рулетки к начальной точке и натягивают ее по створу линии, отмечая на створных колах тонкой чертой конечные штрихи пролета. Методом нивелирования определяют разности высот концов пролетов  $h$ . Затем определяют горизонтальное положение всей линии  $d$ , вводя суммарные поправки на пролеты как описано выше для одного.

В настоящее время при точной разбивке сооружений для построения расстояний значительной протяженности применяют светодальномеры. Дальномером сначала измеряют отрезок, близкий по значению к проектной длине, а затем конечную точку смещают по створу линии в нужном направлении на величину разности между проектным и измеренным расстояниями и закрепляют ее.

### 1.3.6. Перенесение в натуру высотных элементов

Разбивка сооружений по высоте не менее значима в процессе строительства, чем разбивка в плане, а для некоторых сооружений и более. К выносимым по высоте элементам относят проектную высоту точки, линию заданного уклона, наклонную плоскость.

#### Вынесение в натуру точки с проектной отметкой

Необходимость перенесения проектной отметки возникает почти на всем протяжении строительства. Наиболее часто для этого используются методы геометрического и тригонометрического нивелирования.

#### 1. Вынесение точки методом геометрического нивелирования.

При использовании *геометрического нивелирования* для закрепления на местности точки  $B$  с проектной отметкой  $H_B$  от репера в точке  $A$  (рис. 1.3.15), нивелир устанавливают между точками, и приводят его в рабочее положение. Взяв отсчет  $a$  по рейке, установленной на точке  $A$  и зная высоту  $H_B$ , вычисляют отсчет  $b$ , который должен быть на рейке в точке  $B$ , когда ее пятка будет находиться на проектной отметке:

$$b = H_A + a - H_B = ГИ - H_B = h_{B-A} + a,$$

где  $ГИ$  – промежуточная величина, называемая горизонтом инструмента;

$h_{B-A} = H_A - H_B$  – превышение между репером  $A$  и проектной точкой  $B$ .

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

Для контроля и повышения точности определение следует повторить, взяв отсчеты по красной стороне рейки или изменив горизонт прибора. Расхождение между первым и вторым определениями не должно быть более 4 мм. За окончательный результат принимают среднее значение.

Пример. Требуется закрепить кол в точке  $B$  с проектной отметкой  $H_B = 47,850$  м. Отметка точки  $A$  равна  $H_A = 48,620$  м. Отсчет  $a = 0,678$ .

Находим  $b = 48,620 + 0,678 - 47,850 = 1448$  мм.

Кол следует забивать до тех пор, пока отсчет по рейке, поставленной в точке  $B$ , не будет равен 1448 мм.

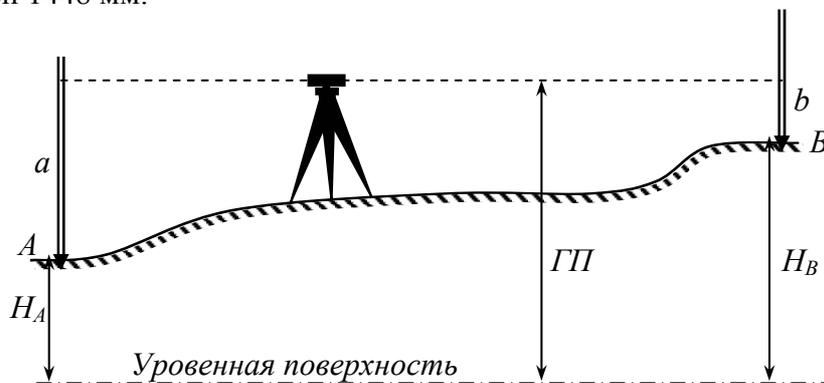


Рис.1.3.15. Схема закрепления на местности проектной отметки

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

**2. Вынесение точки методом тригонометрического нивелирования.** Тригонометрическим нивелированием при помощи теодолита переносят проектную отметку для земляных планировочных работ, так как точность перенесения здесь может быть невысокая ( $\pm 3 - 4$  см).

Пусть известны отметки точек  $H_A$  (исходная) и  $H_B$  (проектная), (рис. 1.3.16). Замеряют тщательно *высоту прибора*  $i$ . По разности отметок вычисляют превышение  $h$ , а зная проектное расстояние  $d$  по *теореме Пифагора* получают наклонное расстояние  $D$ . Затем вычисляют *угол наклона*  $v$ :

$$\sin(v) = \frac{h}{D}.$$

В заданном направлении откладывают вычисленное расстояние  $D$  и фиксируют точку  $B$  колышком. Отложив угол  $v$  на вертикальном круге теодолита, устанавливают рейку в точке  $B$  так, чтобы средняя нить теодолита совпадала с отсчётом равным высоте прибора  $i$ . При таком положении рейки ее нулевой отсчет будет находиться на уровне *проектной отметки*  $H_B$ .

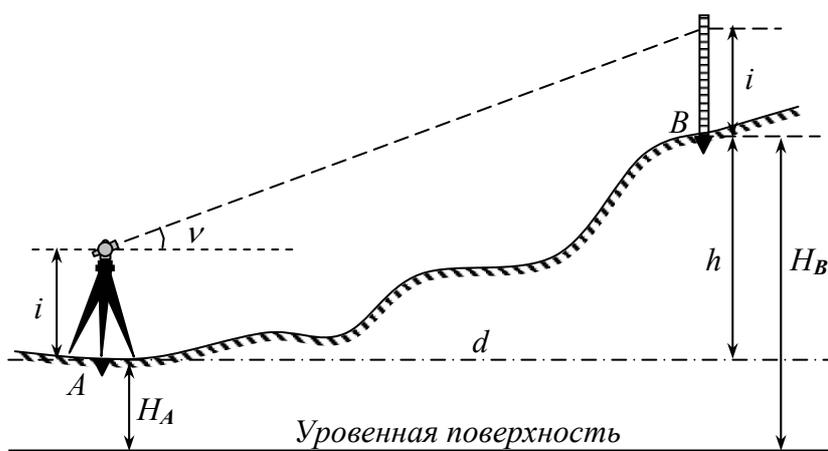


Рис. 1.3.16. Схема закрепления проектной отметки методом тригонометрического нивелирования

## Вынос линий и плоскостей

Линии и плоскости с проектным уклоном разбивают при земляных планировочных работах, строительстве линейных и площадных сооружений. К основным методам можно отнести методы на основе геометрического нивелирования, наклонного луча и самого приближенного – визирок.

**1. Вынос линии заданного уклона методом геометрического нивелирования.** Наиболее точным является метод на основе геометрического нивелирования. В нем проекцию выносимой линии (например,  $A - B$ ) разбивают на отрезки (не обязательно равные)  $d_i$  (рис. 1.3.16), предварительно выбрав исходную по высоте точку (например, точку 1). Зная уклон линии  $i$ , по расстояниям  $d_i$  вычисляют превышения  $h_1, h_2$ , и так далее, как  $h_i = i \cdot d_i$ . Установив нивелир не далеко от начальной точки 1, снимают на неё отсчет по рейке  $a$ . Теперь задача сводится к определению отсчетов  $b_1, b_2$  и так далее, которые должны быть видны в приборе при условии, что промежуточные точки принадлежат линии уклона  $i$ :

$$b_1 = a - h_1 = a - i \cdot d_1,$$
$$b_2 = b_1 - h_2 = a - h_1 - h_2 = a - i \cdot (d_1 + d_2), \text{ и т. д.}$$

Передвигая рейку на расстояния  $d_i$  вверх-вниз, добиваются получения по прибору вычисленного отсчета  $b_i$ , а под пяткой рейки отмечают искомую точку.

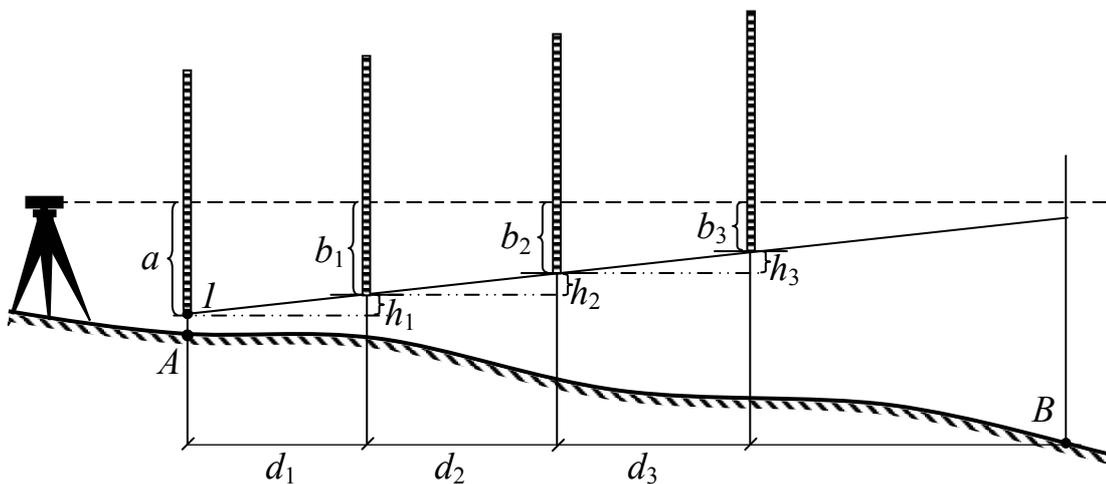


Рис. 1.3.16. Вынос в натуру линии заданного уклона методом геометрического нивелирования

**2. Приближенная разбивка линии заданного уклона.** Для перенесения проектных точек приближенно (рис. 1.3.17а) обычно пользуются тремя разбивочными визирками одинаковой длины (двумя постоянными и

одной ходовой). Постоянные визирки устанавливают на главных крайних точках  $A$  и  $B$  проектной линии, а ходовую – на промежуточных точках  $a_1$ ,  $a_2$  последовательно так, чтобы малая перпендикулярная планка находилась на одном визирном луче с верхним краем постоянных визирок.

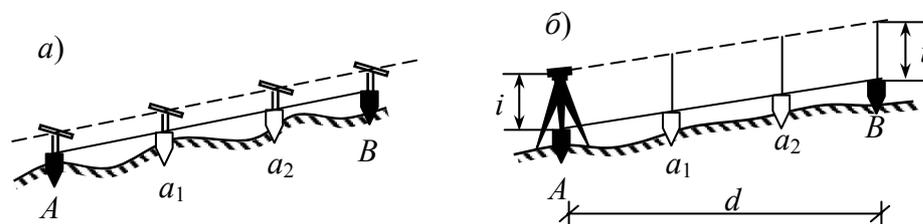


Рис. 1.3.17. Схема перенесения наклонной линии:  
 $a$  – с помощью визирок;  $b$  – наклонным лучом нивелира

По такому принципу переносят на местность и линию с проектным уклоном с помощью наклонного луча (рис. 1.3.17б).

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

При помощи элевационного винта нивелира или подъемного винта, расположенного по линии  $AB$ , направляют визирную ось трубы на отсчет по рейке в точке  $B$ , равный  $l$ . Затем рейку последовательно ставят на промежуточные точки  $a_1$ ,  $a_2$  и так далее, забивая колья до тех пор, пока отсчет по рейке, поставленной на эти колья, не будет равен высоте прибора  $l$ .

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

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

На местности разбивают сеть квадратов и производят нивелирование по квадратам для определения отметки земли в их вершинах. Зная проектные уклоны и проектную отметку исходной точки, вычисляют проектные отметки всех вершин квадратов. По разности между фактическими и проектными отметками в вершинах квадратов делают рабочие отметки и выписывают их на сторожках, установленных на местности в каждой вершине квадрата. Рабочие отметки показывают величину насыпи или выемки

для получения проектной плоскости. Иногда сторожки забивают до уровня проектных отметок (тогда их высота над пикетами должна быть равна рабочим отметкам).

Разбивку плоскости с небольшим проектным уклоном можно выполнить наклонным лучом нивелира (при больших уклонах – теодолитом). Для этого ось вращения нивелира устанавливают перпендикулярно проектной плоскости, тогда визирная ось трубы при вращении нивелира будет описывать плоскость, параллельную проектной, на расстоянии, равном высоте инструмента. Предположим, что на местности необходимо разбить плоскость  $MNOP$  (рис. 1.3.18) с проектным уклоном, направление которого на рис. 1.3.18 показано стрелкой  $AB$ . На местность переносят точки  $A, B, C, D$  с проектными отметками, соответствующими заданному уклону плоскости, и закрепляют их колышками. Очевидно, что точки  $C$  и  $D$  должны иметь одинаковые отметки. Затем в точке  $A$  устанавливают нивелир и приводят его в рабочее положение. При этом один подъемный винт нивелира располагают по линии  $AB$  а два других – по линии  $CD$ . Измерив высоту прибора  $l$ , откладывают ее на рейке, установленной в точке  $B$ . Подъемным винтом, расположенным по линии  $AB$ , направляют визирную ось трубы нивелира на отсчет по рейке равный высоте прибора  $l$ . В этом случае вертикальная ось вращения нивелира будет перпендикулярна проектной плоскости. Для контроля правильности установки нивелира берут отсчеты по рейкам в точках  $C$  и  $D$ . Они должны быть равны высоте прибора  $l$ .

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

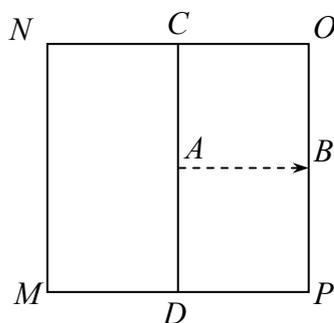


Рис. 1.3.18. Схема перенесения на местность наклонной плоскости

#### 4. Точность выноса точек по высоте.

Точность определения фактической отметки точки или ее построения на проектной высоте зависит от типа используемого для этой работы нивелира, равенства расстояний (плеч) между нивелиром и рейками, высоты визирного луча над препятствием и от типа нивелирных реек.

Определение отметки точки и построение риски на проектной высоте с заданной точностью 2 – 5 мм следует производить нивелирами: **Н-3, Н-3К** с рейками типа **РН-3**. При этом нера-

венство плеч не должно превышать 7 м (при требуемой точности 2 мм), или 10 м (при точности 5 мм), а высота визирного луча над препятствием должна быть не менее 0,2 м.

При заданной точности порядка 10 мм определение отметки и построение риски на проектной высоте можно выполнять с помощью нивелиров **Н-10** или **Н-10КЛ** и реек типа **РН-10**. Неравенство плеч должно быть не более 15 м, а высота визирного луча над поверхностью земли – не менее 0,2 м.

Построение рисок на проектных горизонтах для повышения точности и контроля следует производить с двух реперов разбивочной сети.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Методы создания планово-высотной разбивочной основы, её виды.
2. Цели и основные этапы разбивочных работ.
3. Разбивка главных и основных осей, основные способы.
4. Детальная разбивка.
5. Основные шаги при производстве разбивочных работ.
6. Методы выноса в натуру проектных точек.
7. Прямые методы простых засечек.
8. Прямой метод сложных засечек.
9. Редукционные способы разбивки.
10. Методы подготовки данных для перенесения проекта на местность.
11. Перенос в натуру плановых проектных элементов: угол, длина.
12. Перенесение в натуру высотных элементов: точка, линия, плоскость.

### **Вопросы для текущего контроля по Части 1**

1. Инженерно-строительные объекты, виды и этапы создания.
2. Инженерные изыскания, цели, задачи, виды и состав.
3. Изыскания площадных и линейных сооружений.
4. Цели и этапы проектирования инженерных объектов.
5. Состав чертежей и работ на этапах проектирования. ППГР.
6. Площадное и линейное камеральное проектирование.
7. Цели и основные этапы разбивочных работ.
8. Основные шаги при производстве разбивочных работ.
9. Методы выноса в натуру проектных точек.
10. Методы подготовки данных для перенесения проекта на местность.
11. Перенос в натуру плановых и высотных проектных элементов.

## ЧАСТЬ II

# ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НА ЭТАПАХ СТРОИТЕЛЬСТВА

1. Геодезические работы нулевого цикла.
2. Геодезические работы наземных циклов.
3. Геодезическое обеспечение монтажа оборудования.

Геодезические работы в процессе строительства должны выполнять свои основные функции: *создание обоснования, разбивка, контроль*. Качественно выполненное геодезическое сопровождение строительства позволит избежать множества проблем, связанных с отклонением геометрических параметров объекта от проекта, что в свою очередь может привести к значительной экономии средств.

Для эффективного выполнения геодезических работ на этой стадии необходимо знать разбивочные работы, методы координирования точек, методы нивелирования. Геодезические работы в процессе строительства являются основными видами работ при геодезическом обеспечении строительства.

---

### 2.1. Геодезические работы нулевого цикла

1. Состав геодезических работ на нулевом цикле строительства.
2. Перенос и закрепление дополнительных осей строящегося объекта.
3. Наблюдения и контроль за устройством котлована.
4. Устройство фундаментов.
5. Устройство подвальной части здания.

Геодезические работы на нулевом цикле строительства являются основой, так как все последующие виды в той или иной мере опираются на них. Очевидно, что как и во всех других циклах, геодезические работы нулевого цикла должны выполнять свои основные функции: *создание обоснования, разбивка, контроль*.

#### 2.1.1. Состав геодезических работ на нулевом цикле строительства

Под работами *нулевого цикла* будем понимать работы в подземной части возводимого здания или сооружения, то есть работы до уровня земли.

В состав геодезических работ в подземной части входят:

- перенос и закрепление дополнительных осей строящегося объекта;
- наблюдения и контроль за устройством котлована;
- вынос и контроль монтажа фундаментов, стен подвала и перекрытия;
- контроль монтажа оборудования в подвальной части (котлов, насосов и т.п.).

Заканчивается подземная часть (нулевой цикл) строительством до нулевой отметки, за которую принимают уровень чистого пола 1-го этажа.

### **2.1.2. Перенос и закрепление дополнительных осей строящегося объекта**

После перенесения на местность главных и основных осей зданий, сооружений выполняют второй этап разбивки. От главных и основных осей переносят и закрепляют дополнительные оси, характеризующие отдельные части зданий, сооружений в плане и по высоте. От них разбивают и закрепляют точки осей и отметки для установки в проектное положение строительных конструкций. Этот этап называют *детальной разбивкой*. Детальная строительная разбивка, определяющая взаимное расположение элементов конструкции зданий и сооружений, а также дополнительных осей относительно основных, выполняется точнее, чем разбивка главных и основных осей. В основном это зависит от типа зданий и сооружений, этажности, высоты, материала и конструкции, технологических особенностей производства и регламентируется в основном также ГОСТ 26433.2-94 «Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве».

#### **Обноска**

Для детальной разбивки зданий, и сооружений, закрепления осей и передачи их в котлован и на фундаменты по периметру здания или сооружения устраивают *обноску*. Она бывает *сплошной* (рис. 2.1.1а), *скамеечной* (рис. 2.1.1б) или *створной* (рис. 2.1.1в).

*Сплошная обноска* представляет собой ряд вкопанных в землю столбов с шагом 2 – 3 м, прибитой к ним обрезной доской толщиной 40 – 50 мм. *Скамеечная обноска* состоит из двух столбов и доски, расположенных перпендикулярно линии основных осей. *Створная (столбчатая) обноска* состоит только из отдельных столбов, каждая пара которых закрепляет одну из осей. Наиболее рациональной и прочной является инвентарная ме-

таллическая обноска. Для её устройства вместо деревянных столбов и досок используют металлические стойки и горизонтальные штанги.

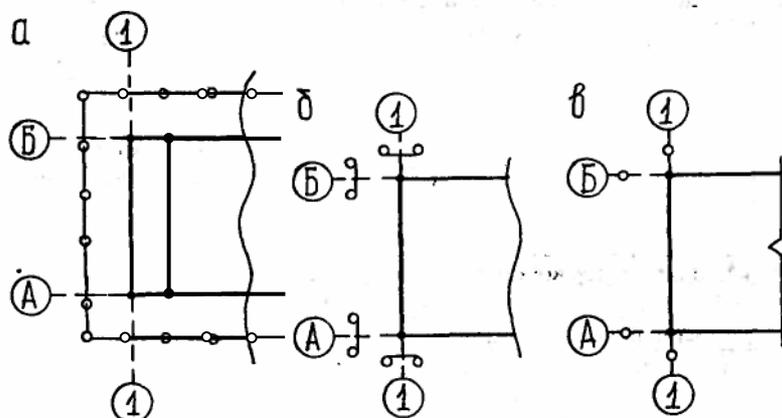


Рис. 2.1.1. Типы обноски:  
а – сплошная; б – скамеечная; в – створная

Обноску строят на расстоянии 3 – 5 м от котлована. Она должна быть горизонтальной, а её стороны прямолинейными и параллельными осям здания.

На обноску с помощью теодолита переносят основные оси здания.

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

При вынесении основных осей на деревянную обноску теодолит устанавливают в точке  $L$ , где пересекаются оси  $I$  и  $B$ , наводят центр сетки на гвоздь  $K$ , обозначающий точку пересечения осей  $I$  и  $A$  (рис. 2.1.2).

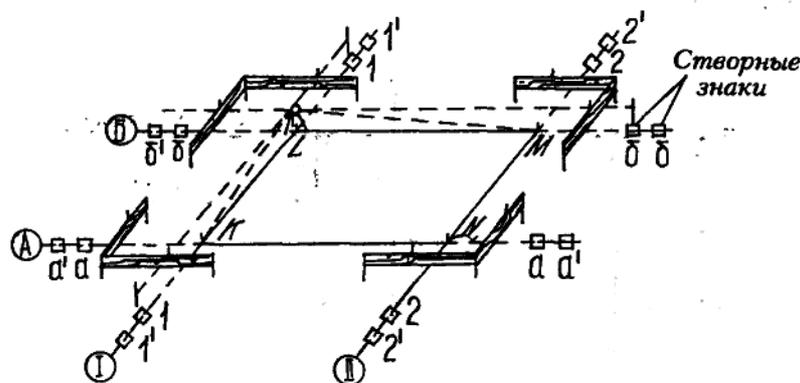


Рис. 2.1.2. Схема перенесения осей здания на обноску и створные знаки

После этого алидаду закрепляют, изменяют наклон трубы, чтобы увидеть верхний срез обноски, на которой отмечают гвоздем, зарубкой или карандашной линией точку, совпадающую с изображением центра сетки, и подписывают название оси. Повернув трубу через зенит на противоположный конец оси I-I, отмечают на обноске точку по центру сетки. Причём, для устранения влияния коллимационной ошибки трубы проверяют эту точку при другом положении вертикального круга. Если получится расхождение с первой пометкой, то находят среднюю точку между ними, которой и пользуются в дальнейшем. Не снимая теодолита, таким же способом по точке *M* отмечают на обноске положение оси *B-B*, которая перпендикулярна к уже разбитой. Затем теодолит переносят в противоположный угол, то есть в точку *N*, где пересекаются две другие оси, и выносят их на обноску. Контроль положения осей осуществляют промером расстояния между ними. Отклонение между ними не должно превышать 5 мм для размеров до 10 м включительно и 20 мм – для размеров от 10 до 100 м.

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

В целях сохранности на длительный период строительства, а также на случай восстановления утраченных осей на обноске по каким-либо причинам их дополнительно закрепляют створными знаками 1-1', 2-2', *a-a'*, *b-b'* (бетонными, металлическими столбиками с насечкой), размещенными в защищенном от повреждений месте. Они устанавливаются на продолжении главных или основных осей, строго по створу, на расстоянии 20 – 30 м от строящегося здания.

### **2.1.3. Наблюдения и контроль за устройством котлована**

При устройстве котлованов выполняются следующие геодезические работы:

- разбивка контуров котлована,
- контроль за выемкой грунта из котлована,
- передача осей и высот в котлован,
- исполнительные съемки открытого котлована.

### **Разбивка контура котлована**

До разбивки котлована по разбивочному чертежу устанавливают размеры запаса внешнего обреза основания фундамента и глубину его заложения. Запас необходим для предотвращения от обвала откоса котлована и для установки опалубки. Размер запаса зависит от глубины котлована (при глубине 2 – 3 м принимается в 20 см).

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

### **Контроль за выемкой грунта из котлована**

Контроль за ходом выемки грунта и доведение глубины котлована до проектной отметки его дна осуществляются с помощью визирок или нивелира.

Постоянные визирки в виде горизонтальных планок прибывают к столбам обноски на одинаковой высоте (обычно на 1 м выше нулевой отметки). На планке подписывают отметку визирки. Чтобы определить, выбран ли грунт из котлована до проектной отметки, на его дне устанавливают переносную (ходовую) визирку в виде рейки. На рейке краской отмечают линию, расстояние до которой от пятки рейки равно разности отметок ребра планки постоянной визирки и проектного дна котлована. Если линия на ходовой визирке окажется выше шнура, натянутого между ближайшими планками, то грунт из котлована еще не выбран до проектной отметки.

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

$$H_k = H_p \pm h.$$

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

$$b = H_p + a - H_k^{np}.$$

Выемку грунта в котлованах и траншеях заканчивают с недобором на 10 – 20 см до проектной отметки, после чего делают зачистку дна котлована вручную по результатам нивелирования его по квадратам. Вершины квадратов закрепляют кольями, верхние срезы которых (маяки) располагают на уровне проектной отметки, и по ним ведут зачистку.

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

### Разбивка траншей под фундаменты

Для разбивки траншей под ленточные фундаменты от основных осей здания вправо и влево откладывают величины, в сумме составляющие ширину подошвы фундамента.

Разбивка котлованов под столбчатые фундаменты ведется по основным и вспомогательным осям, в створе которых намечаются центры фундаментов. От центров разбивается контур котлована.

### Перенесение осей в котлован

Перенесение осей в котлован выполняют при помощи теодолита со створных точек (рис. 2.1.3), закрепляющих оси, или отвесами от точек пересечения осей, фиксируемых проволоками, натянутыми по обноске (рис. 2.1.4).

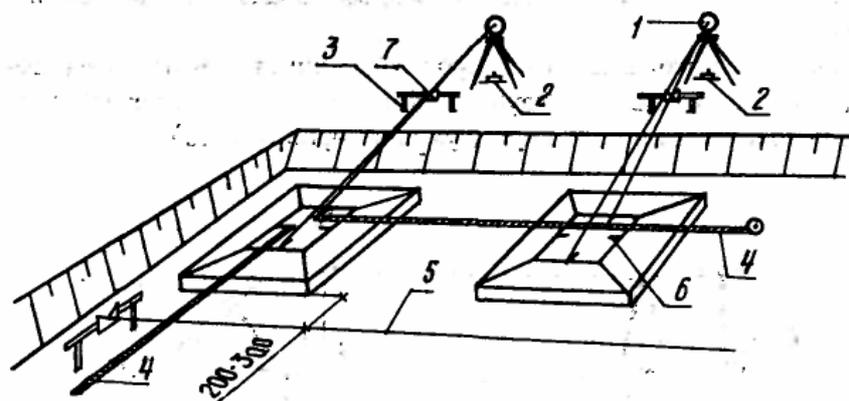


Рис. 2.1.3. Схема перенесения осей фундамента в котлован с помощью теодолита:

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

В котловане оси закрепляют временными знаками на дне или на откосах.

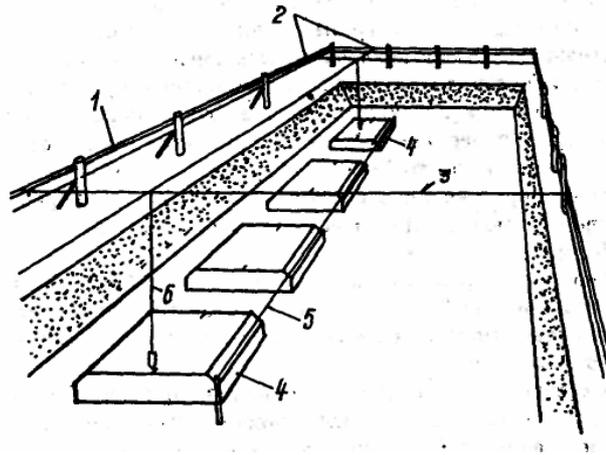


Рис. 2.1.4. Схема перенесения разбивочных осей в котлован отвесами:  
 1 – обноска; 2 – риски осей; 3 – осевая проволока;  
 4 – маячные блоки; 5 – причалка; 6 – отвес

### Передача высот в котлован

Передачу высот в котлован производят нивелиром непосредственно

на дно или по откосам. В глубокие котлованы отметки передают с помощью подвешенной рулетки и двух нивелиров (рис. 2.1.5).

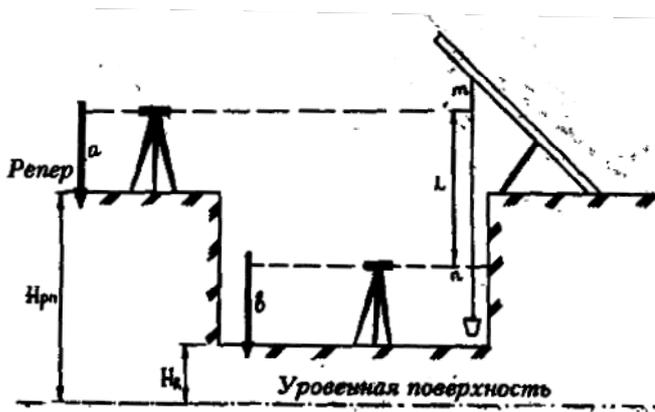


Рис. 2.1.5. Схема перенесения проектной отметки на дно глубокого котлована

Из рис. 2.1.5 видно, что отметка дна котлована будет

$$H_k = H_{pn} + a - L - b, \quad (2.1.1)$$

где  $H_{pn}$  – отметка репера;  
 $L$  – длина ленты между линиями  $m$  и  $n$  визирования нивелиров;  $L = m - n$ .

### 2.1.4. Устройство фундаментов

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

плоскостей и опорных поверхностей от проектных по высоте. Различают ленточные и свайные типы фундаментов.

### Обеспечение монтажа ленточных фундаментов

Монтаж сборных ленточных фундаментов (рис. 2.1.6) начинают с установки угловых подушек и блоков по проволоке, натянутой на осевых гвоздях обноски. На уложенные подушки фундаментов переносят оси, фиксирующие внутренние грани фундаментных блоков, и по рискам этих осей осуществляют монтаж блоков. Правильность установки блоков в плане проверяют от отвесов с осевой проволокой (рис. 2.1.7), боковым нивелированием или вешением с помощью теодолита, а по вертикали и горизонтали – отвесом и уровнем.

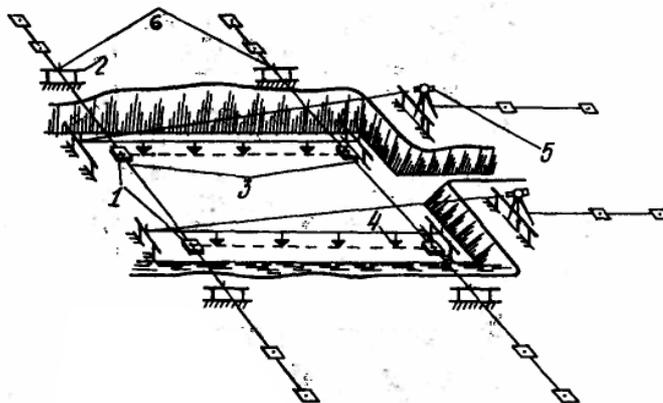


Рис. 2.1.6. Схема разбивки сборных ленточных фундаментов:  
1 – маячные блоки; 2 – обноска; 3 – проволока; 4 – отвесы;  
5 – теодолит; 6 – осевые риски

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

После окончания монтажа фундаментных блоков делают проверку их расположения с составлением исполнительной схемы, на которой показывают смещение блоков от осей и колебания фактических отметок отно-

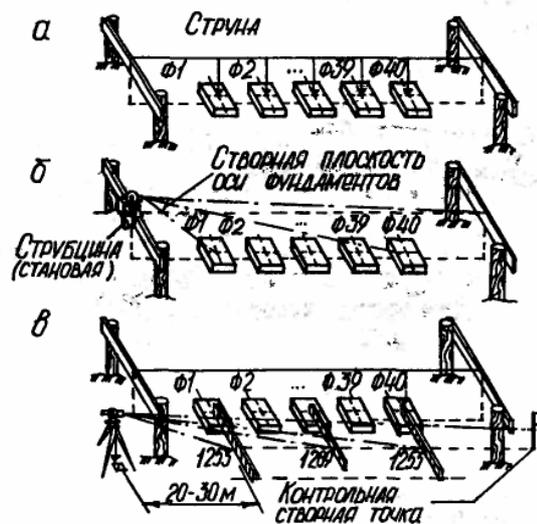


Рис. 2.1.7. Контроль установки фундамента: а – способом створной струны; б – теодолитом; в – способом бокового нивелирования

сительно проектных. Отклонение блоков от оси и установки их по высоте допускаются до 10 мм. Установку по высоте контролируют с помощью нивелира. По результатам исполнительной съёмки производят выравнивание монтажного горизонта для укладки плит перекрытия над подвалом или техническим подпольем.

### **Обеспечение монтажа свайных фундаментов**

Свайные фундаменты сооружают в соответствии с планом осей и свайного поля. Сваи располагают в один или несколько рядов или объединяют в группы – кусты. Центры свай размечают от закрепленных основных осей с помощью теодолита и рулетки или от осевых проволок. Теодолит устанавливают над створными осевыми знаками, ориентируют по створу осей и по этому направлению откладывают проектные расстояния до центров свай. Центры свай можно определять с помощью отвесов, подвешенных на пересечении осевых проволок.

При кустовом расположении свай описанным способом намечают центр куста и от него разбивают центры свай. Детальную разбивку удобно производить от центральных точек специальным шаблоном, если размеры куста не превышают 3 м. Невысокая точность разбивки свайных полей в плане (порядка 20 % от сечения свай) позволяет устанавливать шаблон по осям на глаз по закрепленным на нем целикам.

По окончании забивки свай на их оголовки выносят отметки срезки свай под оголовники и ростверки. После срезки свай выполняют исполнительную съёмку с определением отклонений центров верха свай от проектного положения и их отметок. В случаях когда положение забитых свай отличается от нормативного (свыше 20 % от сечения свай), вбивают дублирующие сваи.

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

После монтажа фундаментов выполняют работы по устройству подкрановых путей, которые также требуют геодезического обеспечения.

#### **2.1.5. Устройство подвальной части здания**

Перед началом устройства стен подвала или технического подполья (цокольного этажа) (рис. 2.1.8) с помощью нивелира и рейки проверяют высоту и горизонтальность верхней плоскости фундамента, а также правильность перенесения на неё осей.

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

Устройство стен технического подполья начинают с установки угловых панелей (блоков) и на границах захваток. Вертикальность панелей контролируют *рейкой-отвесом* или *уровень-рейкой*. В плане блоки и панели стен технического подполья устанавливают по рискам осей на нижележащих блоках фундамента.

После устройства стен подвала и цоколя нивелируют верхнюю плоскость рядов панелей (блоков), определяя отметки через 3 – 5 м. В случае не горизонтальности этой плоскости её выравнивают, изменяя толщину подстилающего слоя. Затем вновь повторяют контрольное нивелирование и производят монтаж плит перекрытия над подвалом.

### Перенесение осей и высот на панели возводимого здания

Завершающей стадией геодезических работ при строительстве подземной части считается перенесение осей стен и нулевого уровня на цокольные панели (блоки) возводимого здания. Оси переносят створным методом с противоположных сторон обноски или с помощью теодолита и створных знаков, закрепляющих основные оси с внешних сторон здания. Вместе со знаками, закрепляющими положение основных осей в плане, на здании или внутри него закрепляют не менее двух реперов-знаков внутренней высотной опоры. Отметки на эти знаки переносят с помощью нивелира от пунктов внешней высотной опоры на стройплощадке с требуемой точностью детальной разбивки, не превышающей среднеквадратической ошибки в 3 мм.

Перенесение нулевого уровня производят с помощью нивелирования по горизонту прибора и расчету высоты рейки. Уровень чистого пола 1-го этажа расположен всегда выше цоколя и перекрытия над подвалом ровно на целое число десятков сантиметров, поэтому на цоколь выносят условный уровень.

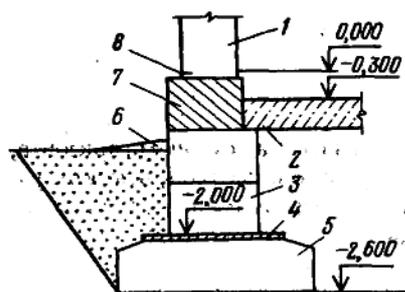


Рис. 2.1.8. Подвальная часть здания: 1 – стена; 2 – плита перекрытия; 3 – блоки стен подвала; 4 – гидроизоляция; 5 – фундамент; 6 – отмостка; 7 – цоколь; 8 – риска нулевого горизонта

## Исполнительная съемка

По завершении строительства подземной части выполняют исполнительную съёмку и составляют схему планово-высотного положения конструкций подвальной части здания. На схему выписывают отметки основания под фундаментные блоки, верха гидроизоляции над фундаментными блоками, верхней плоскости цокольных панелей (блоков) и плит перекрытия по углам и в точках пересечения осей здания, а также в середине данных осей (рис. 2.1.9). Отклонения фактических отметок от проектных не должны превышать для оснований 20 мм, гидроизоляции 10 мм и цоколя 5 мм.

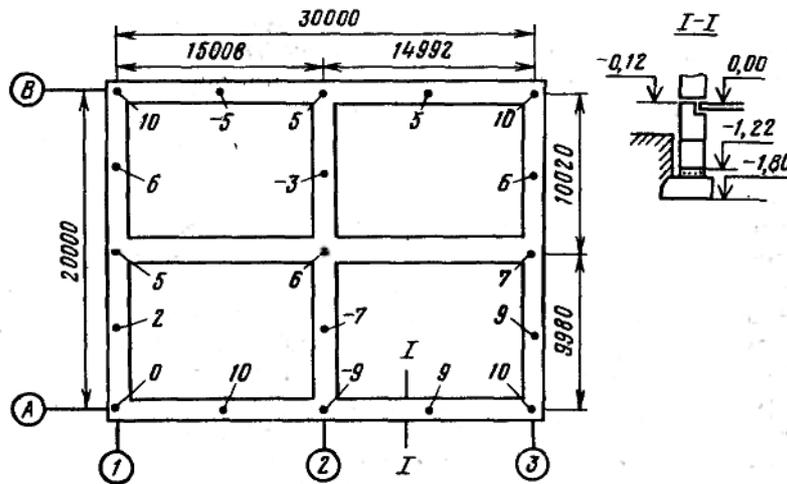


Рис. 2.1.9. Исполнительная схема положения конструкций подвала

## Вопросы для самоконтроля

1. Состав геодезических работ на нулевом цикле строительства.
2. Перенос и закрепление дополнительных осей строящегося объекта.
3. Наблюдения и геодезический контроль за устройством котлована.
4. Перенос осей и высот в котлован.
5. Наблюдения за устройством фундаментов.
6. Устройство подвальной части здания.

## 2.2. Геодезические работы наземных циклов

1. Построение разбивочной сети на исходном и монтажном горизонтах.
2. Способы перенесения осей на монтажные горизонты.
3. Способы восстановления осей для выноса на монтажный горизонт.
4. Детальные разбивочные работы.
5. Геодезическое сопровождение монтажа зданий.

Геодезическое обеспечение строительства на наземных циклах призвано выполнять свои основные функции: создание обоснования, разбивка, контроль. При этом состав сопровождения очень зависит от типа сооружения. Оперативность и точность производства геодезических работ на этом этапе позволят наиболее эффективно и качественно воспроизвести объект строительства.

В зависимости от вида конструкции стен, сборные здания разделяют на крупнопанельные, каркасно-панельные, крупноблочные, каркасные и кирпичные. Геодезическое обеспечение строительства каждого типа зданий имеет свои особенности. Но все геодезические работы наземного цикла можно свести к следующей последовательности:

1. Построение разбивочной сети на исходном и монтажном горизонтах.
2. Перенесения осей на монтажные горизонты.
3. Детальные разбивочные работы.
4. Геодезическое сопровождение монтажа (возведения) зданий.

### 2.2.1. Построение разбивочной сети на исходном и монтажном горизонтах.

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

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

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

### Построение плановой разбивочной основы

Плановую разбивочную сеть на исходном горизонте создают в виде правильных фигур, обозначающих конфигурацию здания и закрепляющих точки пересечения параллелей основным осям здания для их проецирования на монтажные горизонты. Точки разбивочной сети располагают в местах, обеспечивающих взаимную видимость и сохранность на весь период монтажа (рис. 2.2.1).

Построение плановой разбивочной сети на исходном горизонте выполняют перенесением основных точек плановой сети на исходный горизонт и проложением по ним полигонометрического хода. Далее строят основные (угловые) точки (I – IV рис. 2.2.1) плановой сети и определяют величины и направления редуцирования (смещения) основных точек по результатам сравнения значения их координат по факту и проекту. Редуцируют и окончательно закрепляют основные точки плановой разбивочной сети. В заключение строят промежуточные точки сети и прокладывают контрольный полигонометрический ход.

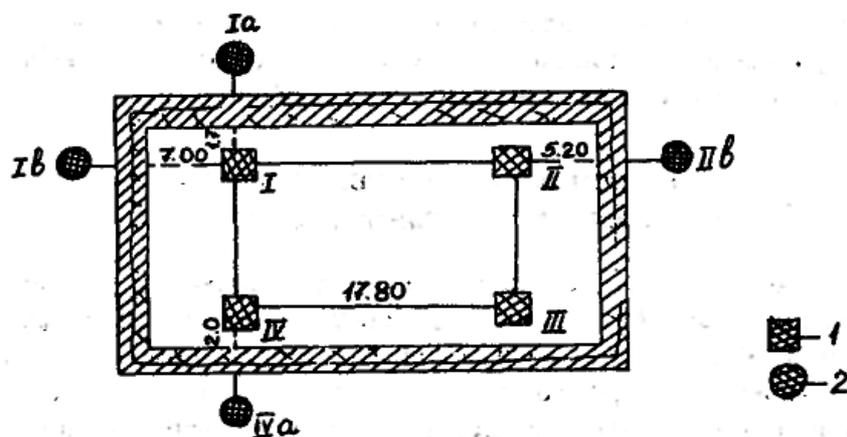


Рис. 2.2.1. Плановая разбивочная сеть на исходном горизонте:  
1 – пункты на исходном горизонте; 2 – осевые разбивочные знаки

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

### **Высотная разбивочная основа**

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

После построения планово-высотной разбивочной сети на исходном горизонте выполняют исполнительную съёмку.

### **Построение основы на монтажном горизонте**

Построение плановой разбивочной сети на монтажном горизонте осуществляют так же, как и на исходном. Перенесение основных точек плановой сети, закрепленных на исходном горизонте, производят по высоте. На монтажный горизонт переносят, как правило, не менее трёх точек разбивочной сети.

Построение высотной сети на монтажном горизонте выполняют методом геометрического нивелирования от реперов на исходном горизонте.

После завершения работ составляют соответствующую исполнительную документацию, которая прикладывается к акту проверки геодезических работ.

### **2.2.2. Способы перенесения осей на монтажные горизонты**

При строительстве зданий малой и средней этажности перенесение точек разбивочной основы с исходного горизонта на монтажный выполняют способом наклонного проектирования. Сущность способа состоит в построении прибором вертикальной плоскости.

#### **Перенесение осей на монтажный горизонт теодолитом**

При использовании теодолита, его устанавливают над точкой  $A$  створа разбивочной сети (рис. 2.2.2) и наводят зрительную трубу на визирную цель второй створной точки  $B$  или на риску  $B'$  исходного горизонта, обозначенного на торце или фасаде здания. Примерно в створе этой же оси на перекрытии монтажного горизонта устанавливают штатив с закрепленной на нем визирной маркой (отвесом).

Трубу теодолита, ориентированную по створу разбивочной оси, при закрепленной алидаде вращают в вертикальной плоскости до появления визирной марки в поле зрения трубы. После этого трубу закрепляют и в бисектор точно вводят центр визирной марки или нить отвеса. Проекцию центра марки или нити отвеса фиксируют на монтажном горизонте. Ана-

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

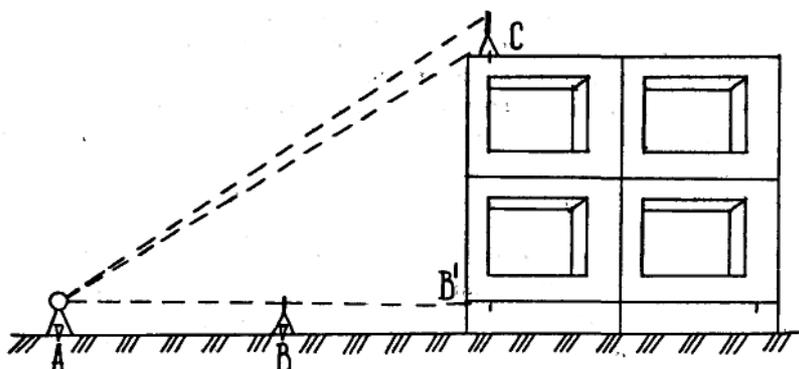


Рис. 2.2.2. Схема перенесения осей теодолитом способом наклонного проектирования

Положение осей на монтажном горизонте определяют по двум створным точкам, перенесенным на противоположные стороны контура перекрытия. Возможны и другие варианты определения положения осей, но с меньшей точностью. По визирной марке в створе линии  $AB$  (рис. 2.2.3а) на металлической пластине намечают центр визирной цели  $K$ . На ней устанавливают теодолит и при двух положениях вертикального круга от направления на точку  $A$  откладывают угол  $180^\circ$ . Полученные точки  $L$  и  $K$  определяют положение оси на монтажном горизонте (рис. 2.2.3б). Для контроля положения оси устанавливают теодолит над точкой  $L$  и измеряют угол между направлением на точку  $K$  и створную точку  $D$  (рис. 2.2.3в). Допустимая величина отклонения измеренного угла от  $180^\circ$  зависит от расстояния визирования и точности центрирования теодолита.

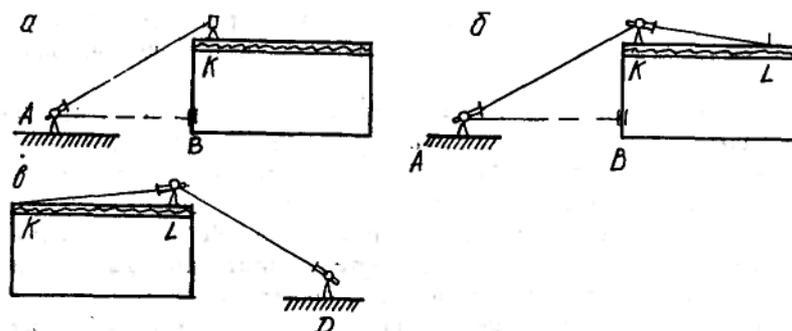


Рис. 2.2.3. Способы определения положения оси путем последовательного отложения углов  $180^\circ$

### **Варианты закрепления осей на монтажном горизонте**

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

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

### **Использование для переноса осей бокового нивелирования**

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

Сущность способа в следующем. На одном из концов базиса  $A - B$  (например, точка  $A$ ) устанавливают теодолит, а его трубу ориентируют на точку  $B$ . Ориентированную при закрепленном горизонтальном круге трубу теодолита вращают в вертикальной плоскости и наводят на рейку, горизонтально расположенную на монтажном горизонте. Рейку перемещают до положения, в котором отсчет по ней равен  $v$ , и на перекрытии рисккой фиксируют положение нуля деления рейки. Аналогичные операции выполняют при другом круге теодолита, что составляет полный прием переноса риски. Расстояние между двумя рисками, полученными при двух положениях вертикального круга, делится пополам и средняя риска принимается за положение оси на монтажном горизонте. Перемещая рейку по монтажному горизонту вдоль оси, прочерчивают необходимое количество рисков для производства строительного-монтажных работ. Расстояние  $d$  не превышает 2 м и может быть измерено с высокой точностью (0,2 – 0,5 мм).

После выноса на монтажный горизонт всех четырех осей здания для контроля измеряют стороны и диагонали контура здания или прокладывают ход по угловым точкам и, при необходимости, точки редуцируют в проектное положение.

### Перенесение точек на монтажный горизонт специальными приборами способом вертикального проектирования

Перенесение точек с исходного горизонта на монтажный, можно выполнить способом *вертикального проектирования* с помощью специальных приборов. При строительстве зданий и сооружений небольшой высоты для проектирования точек по вертикали используют тяжелые отвесы. Этот способ не обеспечивает высокую точность проектирования вследствие возникновения бокового прогиба в нити отвеса при ветровой нагрузке. Даже при отсутствии ветра точность перенесения этим способом составляет 10 мм на 20 м длины нити отвеса.

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

Оптическое проектирование выполняют непосредственно с исходного горизонта на каждый монтажный горизонт (рис. 2.2.4а), либо последовательно с горизонта на горизонт (рис. 2.2.4б). Последний способ называют ступенчатым проектированием.

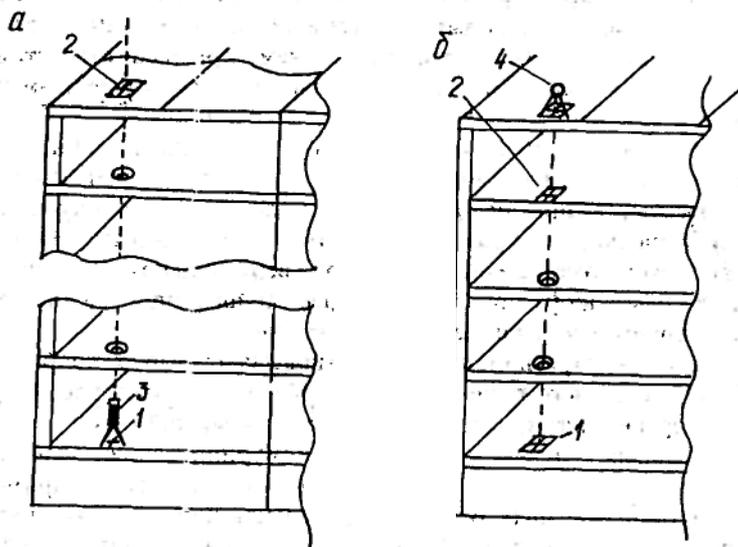


Рис. 2.2.4. Способы вертикального проектирования:  
а – исходного горизонта; б – последовательно с горизонта на горизонт:  
1 – опорный знак; 2 – палетка; 3 – оптический центрир; 4 – теодолит

## **Методика использования приборов вертикального проектирования**

При использовании прибора вертикального проектирования его устанавливают над опорной точкой и приводят в рабочее положение. На соответствующем горизонте устанавливают координатную палетку. Она представляет собой две скрепленные прозрачные пластинки из оргстекла размером  $30 \times 30$  см с нанесенной между ними координатной сеткой в виде взаимно перпендикулярных оцифрованных линий. Путем двух- или четырехкратного визирования на палетке отмечают проекцию плановой опорной точки. Затем положение точки с палетки переносят и закрепляют на монтажном горизонте.

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

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

### **2.2.3. Способы восстановления осей для выноса на монтажный горизонт**

Оси сооружения фиксируются (с одной стороны) створными знаками, штрихами на обноске, штрихами на цоколе здания. Очевидно, что для передачи оси на монтажный горизонт необходимо как минимум 2 точки. Но часто бывает, что две из трех перечисленных рисков утеряны при производстве предыдущих работ, возникает необходимость восстановить ось по тем данным, что остались. Здесь возможны следующие случаи:

1. Если риски на цоколе здания нет, то восстановить ось сооружения по имеющемуся створному знаку можно таким образом. На цокольной стене отмечают точку 1 (рис. 2.2.5), расположенную примерно в створе восстанавливаемой оси  $O_1 - O_2$ . Рулеткой с точностью 1 мм влево и вправо от точки 1 откладывают одинаковые горизонтальные отрезки  $a$  длиной 10 – 20 м и отмечают на стене точки 2 и 3. Теодолитом, установленным на створном знаке  $O_2$ , измеряют горизонтальные углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$ . Вычисляют тангенс угла  $\Delta$  между направлениями  $O_1 - O_2$  и  $O_1 - 1$  по формуле

$$\operatorname{tg}(\Delta) = 0,5 \cdot (\operatorname{ctg}(\beta_2) - \operatorname{ctg}(\beta_1)) \quad (2.2.1)$$

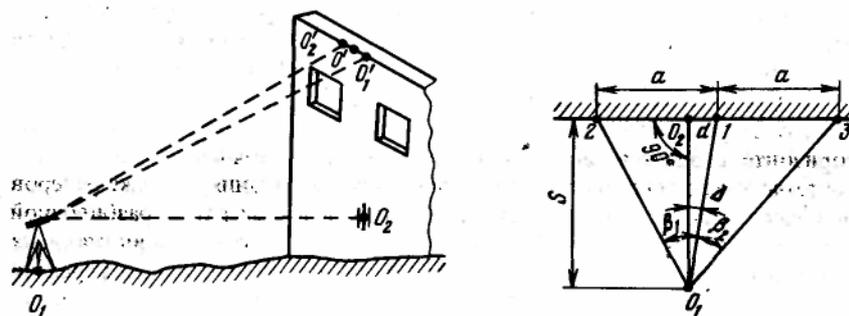


Рис. 2.2.5. Схема восстановления оси от створного осевого знака

Получив, таким образом, угол  $\Delta$ , откладывают его от направления  $O_1-1$  вправо (при  $\beta_2 > \beta_1$ ) или влево (при  $\beta_2 < \beta_1$ ) и отмечают на стене точку  $O_2$  – проекцию визирной оси зрительной трубы теодолита. С целью повышения точности угол  $\Delta$  строят еще раз после перевода трубы прибора через зенит. Для контроля рулеткой измеряют на стене отрезок  $O_2-1$ , который сравнивают с расстоянием  $d$ , вычисленным по формуле

$$d = \frac{a \cdot (\operatorname{ctg}^2(\beta_2) - \operatorname{ctg}^2(\beta_1))}{4 + (\operatorname{ctg}(\beta_2) - \operatorname{ctg}(\beta_1))^2} \quad (2.2.2)$$

Разность  $O_2-1$  и  $d$  не должна превышать 5 мм. Погрешность восстановления точки  $O_2$  этим способом зависит от величины расстояния между створным знаком  $O_1$  и цокольной стеной здания, точности измерения углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$  и фиксации точек 2, 3 и  $O_2$ . При расстоянии между теодолитом и стеной сооружения в пределах 20 – 30 м, измерении углов с точностью порядка 30", точности фиксации точек 1 мм эта погрешность равна в среднем 6 – 8 мм. Точность восстановления точки  $O_2$  возрастает с уменьшением расстояния  $O_1 - O_2$ .

2. Если на цокольной стене здания осевая риска  $O_1$  (рис. 2.2.6) сохранилась, а створный знак отсутствует, то для восстановления разбивочной оси можно воспользоваться приемом аналогичным предыдущему. В произвольной точке  $C$ , расположенной примерно в створе восстанавливаемой оси  $O_1 - O_2$  и на минимальном по возможности расстоянии от стены, устанавливают теодолит. Отложив от риски  $O_1$  одинаковые отрезки  $a$  на стене, отмечают точки 1 и 2, находящиеся на одном горизонте с рисксой. Измерив теодолитом горизонтальные углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  между направлениями  $C-2$ ,  $C-O_1$  и  $C-O_1$ ,  $C-1$ , вычисляют по формуле (2.2.1) значение угла  $\Delta$ . Затем теодолитом производят построение горизонтального угла  $(90^\circ - \Delta)$  от направления  $C-O_1$  вправо (при  $\beta_2 > \beta_1$ ) или влево (при  $\beta_2 < \beta_1$ ) и поляр-

ным способом определяют положение точки  $O_2$ , находящейся от точки  $C$  на расстоянии  $d$ , вычисленном по формуле (2.2.2).

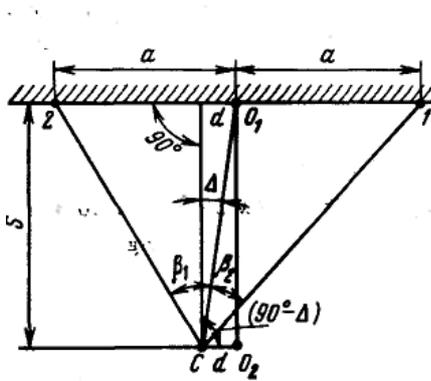


Рис. 2.2.6. Схема выноса оси от осевой риски на цоколе

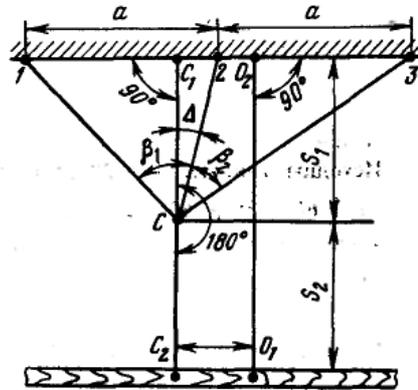


Рис. 2.2.7. Схема восстановления оси от осевой риски на обноске

Угол  $(90^\circ - \Delta)$  строят при двух положениях трубы прибора, расстояние  $d$  – рулеткой с точностью 1 мм.

При переносе оси на верхний этаж от направления  $C - O_1$ , выполняют теодолитом построение угла  $\Delta$  в соответствующую сторону и фиксируют положение визирной оси зрительной трубы на верхнем ярусе при двух кругах. Затем от полученной точки на верхнем ярусе в направлении перпендикулярном к оси  $O_1 - O_2$  откладывают отрезок  $d$  и отмечают положение оси на монтажном горизонте.

3. Если створный знак и риска на стене здания отсутствуют, а сохранилась лишь одна риска на обноске (точка  $O_1$  на рис. 2.2.7), то восстановить ось можно следующим образом. В произвольной точке  $C$ , расположенной примерно в створе искомой оси  $O_1 - O_2$  между обноской и стеной здания, устанавливают теодолит. На стене приблизительно в створе оси  $O_1 - O_2$  намечают точку 2 и на той же высоте откладывают рулеткой влево и вправо одинаковые горизонтальные отрезки  $a$  (не менее 10 м) с точностью 1 мм. Измерив углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  между направлениями  $C - 1$ ,  $C - 2$  и  $C - 3$ , вычисляют по формуле (2.2.1) значение угла  $\Delta$ . Теодолитом строят этот угол от направления  $C - 2$  вправо (при  $\beta_2 > \beta_1$ ) или влево (при  $\beta_2 < \beta_1$ ), фиксируя на стене положение визирной оси зрительной трубы точкой  $C_1$ . Переведя трубу через зенит, отмечают на обноске точку  $C_2$  – проекцию визирной оси трубы, повторяя эту операцию при двух кругах. Отметив на обноске среднее положение точки  $C_2$ , измеряют рулеткой отрезок  $C_2 - O_1$  с точностью до 1 мм. Отложив величину этого отрезка по горизонтали от

точки  $C_1$  на стене в направлении, параллельном линии  $C_2 - O_1$ , фиксируют точку  $O_2$ , находящуюся на восстановленной оси  $O_1 - O_2$ .

При выносе оси на монтажный горизонт точку  $C_1$  проецируют теодолитом на верхний ярус при двух положениях вертикального круга. Затем от ее среднего положения откладывают в соответствующую сторону перпендикулярно к оси  $O_1 - O_2$  отрезок, равный значению отрезка  $C_2 - O_1$ . Для контроля измеряют на стене здания отрезок  $C_1 - 2$  и сравнивают его со значением  $d$ , вычисленным по формуле (2.2.2). Расхождение не должно превышать 5 мм.

4. Створный знак, риска на стене здания и обноска не сохранились. В этом случае по размерам, указанным на разбивочном или рабочем чертеже, положение искомой оси определяют с помощью рулетки, измеряя расстояния от характерных точек здания. По результатам измерений определяют среднее положение искомой оси на стене здания и отмечают его риской. Затем восстанавливают ось вторым методом.

5. При отсутствии постоянных створных осевых знаков вынос оси на этаж можно осуществить с помощью теодолита от осевых рисок на цоколе и на обноске. При выносе теодолит устанавливают примерно в створе оси непосредственно за обноской или между обноской и цоколем сооружения. В первом случае (рис. 2.2.8), поставив теодолит в произвольно выбранной точке  $A$  близ створа оси  $O_1 - O_2$ , определяют рулеткой или дальномером (с точностью 0,05 м) расстояния  $S_1$  и  $S_2$  от теодолита до осевых точек (рисок)  $O_1$  и  $O_2$ , находящихся соответственно на цоколе и на обноске. Наводят визирную ось зрительной трубы прибора на риску  $O_1$  на цоколе и, изменив фокусировку зрительной трубы, отмечают положение визирной оси риской  $I$  на верхней грани обноски. Для исключения влияния перефокусировки зрительной трубы на точность выноса оси эту операцию выполняют при двух положениях трубы теодолита. Затем отмечают на обноске окончательное положение риски  $I$ . Рулеткой с точностью 1 мм измеряют по верху обноски отрезок  $O_2 - 1$  ( $a$ ) и вычисляют величину смещения  $a_0$  точки  $A$  относительно оси  $O_1 - O_2$  по формуле  $a = aS_1/(S_1 - S_2)$ .

Затем, отложив на цокольной стене сооружения от риски  $O_1$  горизонтальный отрезок  $a_0$ , отмечают конец отрезка на стене риской  $C$ . Наводят визирную ось зрительной трубы теодолита на риску  $C$  и, повернув трубу в вертикальной плоскости, отмечают на верхнем ярусе точку  $B$ . Переводят трубу через зенит и вторично выносят на верхний ярус точку  $B$ . Определив среднее положение точки  $B$ , откладывают вправо от направления на точку

А по краю верхнего яруса отрезок  $a_0$ , отмечают и закрепляют вынесенную на верхний ярус ось  $O_1 - O_2$  точкой  $O_B$ .

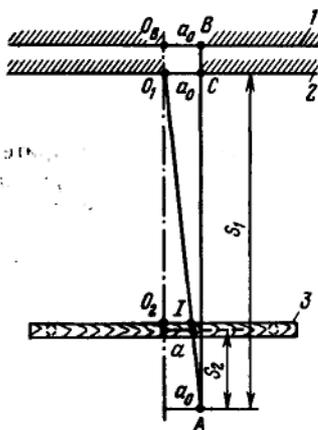


Рис. 2.2.8. Схема выноса оси при установке теодолита за обноской: 1 – верхний ярус; 2 – цоколь; 3 – обноска

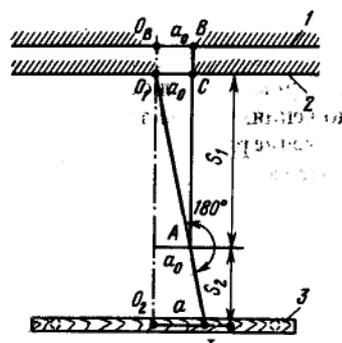


Рис. 2.2.9. Схема выноса оси при установке теодолита между обноской и цоколем: 1 – верхний ярус; 2 – цоколь; 3 – обноска

Погрешность выноса оси на монтажный горизонт данным способом зависит главным образом от высоты горизонта, точности фиксирования рисок  $I$ ,  $C$ ,  $B$  и откладывания отрезка  $a_0$ . Для повышения точности целесообразно устанавливать теодолит как можно ближе к обноске. В среднем при высоте монтажного горизонта до 50 м, точности фиксации рисок и откладывания отрезка  $a_0$ , равной 1 мм, погрешность выноса оси составляет 5 – 7 мм.

Во втором случае (рис. 2.2.9) устанавливают теодолит между обноской и цокольной стеной здания близ створа оси в произвольно выбранной точке  $A$  и определяют расстояния  $S_1$  и  $S_2$  соответственно от теодолита до цоколя и до обноска. Наводят зрительную трубу прибора на риску  $O_1$  на цоколе и, повернув трубу через зенит, фиксируют по положению визирной оси трубы точку  $I$  на обноске. Эту операцию можно выполнить также путем поворота алидады прибора на  $180^\circ$  относительно направления на риску  $O_1$ . Для повышения точности и с целью контроля определение точки  $I$  следует выполнять при двух положениях вертикального круга теодолита. Зафиксировав среднее положение точки  $I$ , измеряют рулеткой (с точностью 1 мм) отрезок  $O_2 - I$  и вычисляют смещение  $a$  точки  $A$  относительно оси  $O_1 - O_2$  по формуле

$$a_0 = \frac{a \cdot S_1}{(S_1 + S_2)} \quad (2.2.3)$$

Далее вынос точек  $C$ ,  $B$ ,  $O_B$  на верхний ярус выполняют методом, изложенным ранее.

Рассмотренные способы позволяют осуществить восстановление и вынос монтажных осей сооружения на верхние ярусы высотой до 100 м непосредственно от осевых рисок на цокольной стене и на обноске с точностью не менее  $1/10000$  при значительном сокращении затрат труда и времени на исполнение этого вида разбивочных работ.

#### 2.2.4. Детальные разбивочные работы

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

##### Разбивка осей (параллелей)

Предварительно выполняют разбивку осей или параллелей осей от точек плановой разбивочной сети с помощью мерных и оптических или лазерных приборов. Разбивку ориентирных рисок, фиксирующих плановое положение конструкций в продольном и поперечном направлениях, выполняют методом перпендикуляров, створов и линейных засечек. Относительно вынесенных на перекрытие продольных и поперечных осей или параллелей для каждой панели (блока) наносят две риски в продольном направлении и одну-две – в поперечном (рис. 2.2.10).

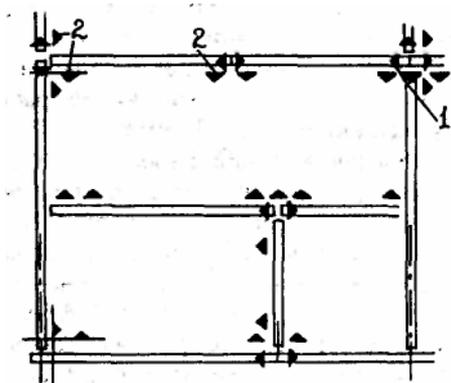


Рис. 2.2.10. Разметка ориентирных рисок для монтажа панелей: 1 – ориентирная риска для стеновой панели с торца; 2 – ориентирные риски для панели в продольном направлении

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

При наличии установочных рисок на внутренней поверхности наружных панелей стен разбивку продольных ориентир-

ных рисок выполняют с таким расчетом, чтобы при монтаже ориентирные риски совпадали с установочными.

Для установки ригелей чердачных помещений ориентирные риски наносят в продольном направлении в местах их опирания.

Для панелей поперечных стен разбивку рисок не выполняют, если панели плотно сопрягаются друг с другом или предусмотрено наличие закладных штыревых фиксаторов.

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

Для каркасных одно- и многоэтажных промышленных, жилых и общественных зданий детальные разбивочные работы включают разбивку основных, секционных и пролетных осей, а не линий им параллельных. Установочные риски наносят на фундаментах или опорах под колонны, на оголовках колонн, ригелях или плитах перекрытий. Разбивку выполняют путем построения створов с помощью теодолита и отложения проектных отрезков стальной рулеткой относительно точек плановой разбивочной сети.

Например, для разбивки продольных осей  $A - A$ ,  $B - B$ ,  $B - B$  колонн здания (рис. 2.2.11) по створам поперечных сторон плановой разбивочной сети I-II и III-IV откладывают отрезки  $a_1$ , I-K,  $a_2$ , IV-N.

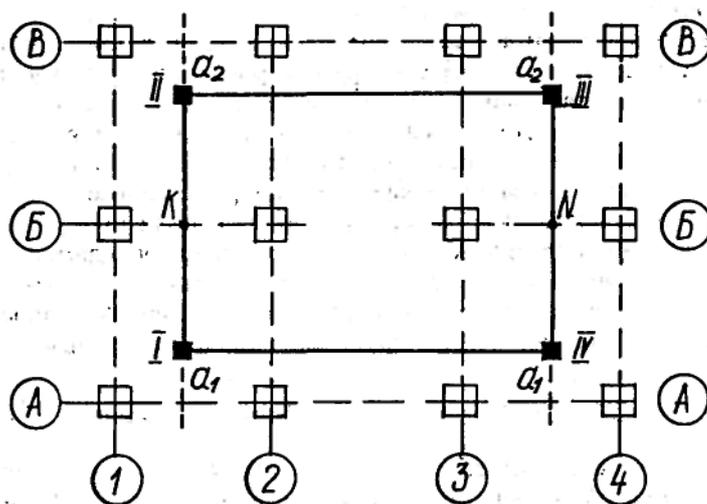


Рис. 2.2.11. Схема детальной разбивки осей колонн здания

В полученных точках последовательно устанавливают теодолит и по линии визирования на противоположные точки продольных осей наносят риски на боковые грани оголовок колонн, выступающих над перекрытиями этажа. Построение поперечных осей 1 - 1, 2 - 2 и т.д. выполняют промерами вдоль боковых граней колонн от створов поперечных сторон плановой разбивочной сети.

### **Детальная высотная разбивка**

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

#### **2.2.5. Геодезическое сопровождение монтажа зданий**

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

#### **Монтаж зданий**

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

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

#### **Проверка геометрических параметров конструкций**

Проверку геометрических параметров поступивших на стройплощадку конструкций выполняют перед началом их монтажа. При этом проверка заключается в определении соответствия фактических размеров конструкций проектным и нормативным. Дело в том, что при изготовлении конструкций могут быть допущены значительные отклонения от их проектных размеров по форме и линейным параметрам. Наличие отклонений

от допустимых значений увеличивает трудоемкость работ и сроки монтажа, а главное – снижает требуемую точность установки конструкций. Проверка осуществляется с помощью стальной рулетки с миллиметровыми делениями и необходимых шаблонов, изготовленных применительно к типовым углам между плоскостями конструкций.

При проверке геометрических параметров плоских железобетонных конструкций (панелей, стен, перекрытий) измеряют длину  $l$ , ширину или высоту  $h$ , толщину  $a$ , и длины диагоналей  $d$  (рис. 2.2.12).

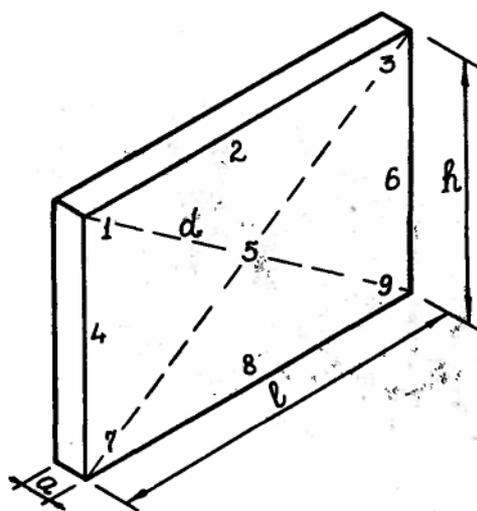


Рис. 2.2.12. Схема проверки геометрических параметров плоской конструкции

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

### Монтаж крупнопанельных зданий

При монтаже крупнопанельных зданий устанавливают сначала панели наружных стен. Первой ставят базовую панель на оси лестничной клетки, от неё ведут монтаж в обе стороны. Внутренние поперечные и продольные панели монтируют, начиная с базовых, в центре захватки. Такая последовательность монтажа исключает накопление погрешностей. Установку панелей производят на проектную (горизонтальную) опорную поверхность относительно ориентирных и установочных рисок. Установку низа панелей относительно продольных рисок и их исполнительную съемку выполняют с помощью реек, метров или специальных шаблонов (рис. 2.2.13).

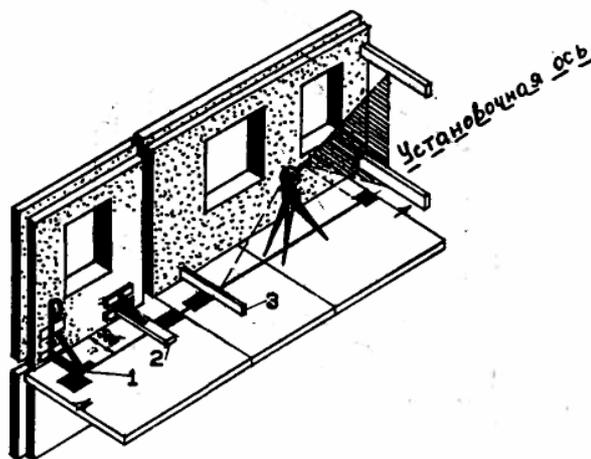


Рис. 2.2.13. Контроль планового положения низа панелей при монтаже: 1 – металлический шаблон; 2 – рейка; 3 – метр

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

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

При монтаже крупноблочных зданий устанавливают сначала в плане и по высоте угловые маячные блоки, а по ним – простеночные блоки. При этом производят разбивку подоконных блоков. Определение монтажного горизонта, контроль положения блоков в плане и по высоте, а также горизонтальности плит перекрытия выполняют теми же способами, что и при установке панелей.

Окончательное закрепление конструкций в проектном положении выполняют после контроля, результаты которого отражают на схеме исполнительной съёмки и в специальном журнале.

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

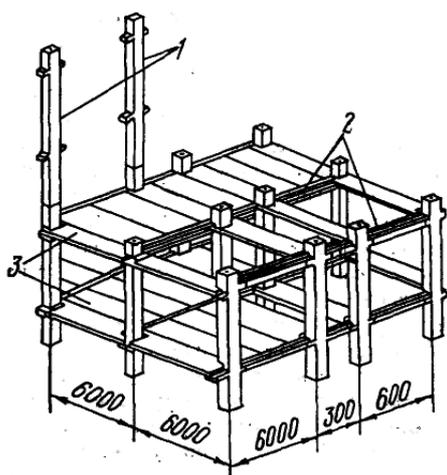


Рис. 2.2.14. Схема каркаса одного яруса: 1 – колонны; 2 – ригели; 3 – плиты перекрытий

Элементами сборного железобетонного каркаса многоэтажных зданий (рис. 2.2.14) являются колонны, ригели и плиты перекрытий. Колонны имеют высоту в два этажа (один ярус). На консоли колонны опираются ригели, а на них – плиты перекрытий. Элементы каркаса, а также наружные панели, между собой и с каркасом соединяются сваркой.

В целях облегчения контроля за монтажом элементов каркаса и для исполнительных съёмок перед установкой проверяют их геометрические параметры, делают разметку и нумеруют.

Например, на колоннах и ригелях измеряют высоту (длину)  $A$ , поперечное сечение  $a$  и  $b$  (рис. 2.2.15). На боковые грани колонн вверху и внизу наносят по оси симметрии осевые риски 1. На ригелях риски наносят на те грани, по которым производят со-

вмещение с осями при монтаже. В нижней части колонн дополнительно делают горизонтальные риски 2 на одинаковой высоте  $h$  от полки консоли. Железобетонные колонны обычно устанавливают на фундаментах стаканного типа. По результатам нивелирования дна стаканов и измерения высоты  $h_3$  от основания колонны до полки консоли производят наиболее удобное распределение колонн по фундаментам. В стаканы устанавливают маяки и подливают бетон.

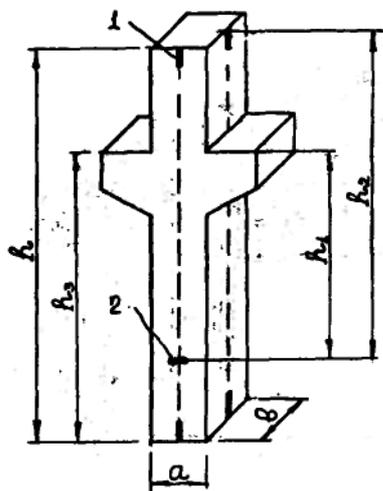


Рис. 2.2.15. Схема геометрических параметров колонны

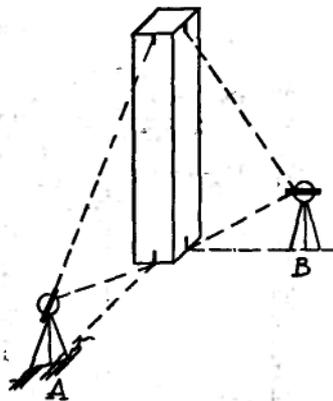


Рис. 2.2.16. Схема установки колонны в вертикальное положение

### Геодезический контроль монтажа колонн

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

Установку колонн в вертикальное положение при высоте до 8 м выполняют с помощью тяжелого отвеса, подвешенного на приваренные для этой цели штыри. Установку высоких колонн в вертикальное положение выполняют с помощью теодолита совмещением нижней и верхней осевых рисков с коллимационной плоскостью теодолита (рис. 2.2.16). Теодолит последовательно устанавливают на расстоянии  $1,5 h$  колонны в точках  $A$  и  $B$  створа разбивочных осей в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Трубу теодолита при двух положениях вертикального круга наводят на нижнюю осевую риску колонны, а затем – на верхнюю часть колонны. Если вертикальная нить сетки нитей совпадает с верхней осевой риской колонны, то вертикальность ее достигнута. Если не совпадает, то колонну рихтуют (наклоняют) до совмещения осевых рисков.

После временного закрепления колонн (деревянными или металлическими клиньями в стакане, сваркой, болтами) выполняют проверку вер-

тикальности их установки. Это делают так же, как и при установке колонн в вертикальное положение, с отличием лишь в том, что трубу теодолита наводят сначала на верхнюю осевую риску, а затем – на нижнюю часть колонны. О вертикальности колонны судят по величине отклонения проекции верхней осевой риски от нижней.

### Использование бокового нивелирования

В отдельных случаях контроль расположения ряда колонн по оси в плане вертикальной плоскости выполняют способом бокового нивелирования (рис. 2.2.17).

Для этого разбивают и закрепляют знаками линию  $AA'$ , параллельную

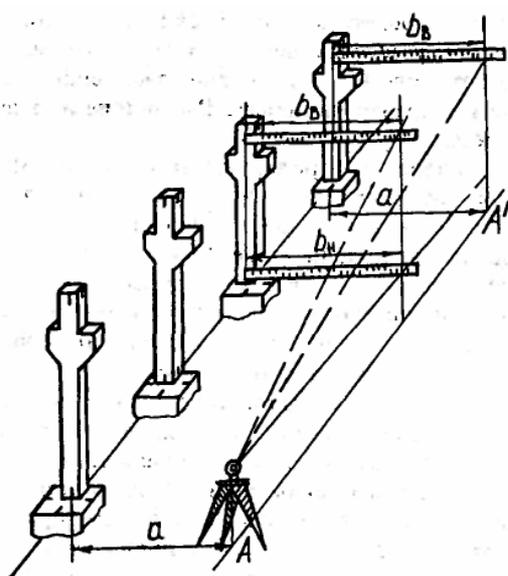


Рис. 2.2.17. Контроль установки ряда колонн способом бокового нивелирования

оси ряда колонн на расстоянии  $a$  от оси, равном 0,5 – 1 м. В точке  $A$  устанавливают теодолит и ориентируют его по направлению линии  $AA'$ . Прикладывая пятку рейки к осевой риске каждой колонны как вверху, так и внизу, берут отсчеты при двух положениях вертикального круга и вычисляют каждый раз среднее из двух отсчетов. По сходимости отсчетов по рейкам характеризуют точность установки колонн в плановое и вертикальное положения. Подобным образом определяют точность установки ряда колонн и в поперечном направлении. Колонны окончательно закрепляют, если их отклонения от вертикали не превышают допуска.

Например, для колонны высотой до 8 м отклонение ее оси в нижнем сечении относительно разбивочной оси должно быть не более 5 мм, а в верхнем – не более 20 мм.

После проверки параллельности ряда колонн в пролетах контролируют расстояние между осями рядов колонн. Измерение в верхней части выполняют по методу «на весу». При большой длине пролета верхние риски сносят вниз на колонну или доску. По верху вбитых через 3 – 4 м кольев на одинаковой высоте натягивают рулетку и измеряют расстояние между осями рядов колонн без поправки на провес. Расстояние по шагу колонн в ряду не проверяется.

При монтаже колонн контролируют фактические отметки опорных плоскостей, на которые они устанавливаются, проверяют высоту колонн в момент временного закрепления.

### **Исполнительная съёмка колонн**

После окончательного закрепления колонн определяют фактические отметки горизонтальных рисок, относительно которых по расстояниям  $h_1$  и  $h_2$  выполняют исполнительную высотную съёмку консолей и верха колонн. Отклонение отметок верха колонн от проектных для одноэтажных зданий допускается в пределах  $\pm 10$  мм.

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

$$\Delta i = H_i - H_{MG}, \quad (2.2.4)$$

где  $H_i$  – отметка опорной поверхности.

После закрепления и выверки колонн одноэтажных зданий выполняют монтаж подкрановых балок, стропильных и подстропильных ферм. После монтажа всех конструкций выполняется исполнительная планово-высотная съёмка.

### **Возведение зданий из кирпича**

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

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

### **Контроль кладки стен**

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

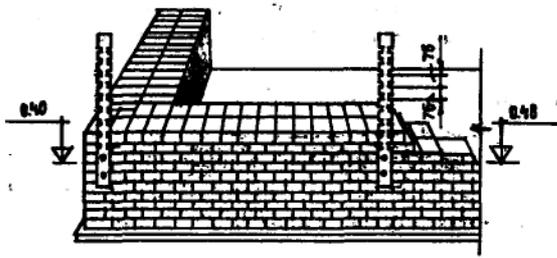


Рис. 2.2.18. Контроль кирпичной кладки

Для проверки расположения по высоте слоев кладки используют рейку-порядовку (рис. 2.2.18), прикрепляемую гвоздями к наружной плоскости стены через каждые 10 м и на углах здания. На порядовке размечают горизонтальными линиями отдельные слои кладки, в каждый из

которых входит толщина кирпича и ширина шва (75 мм).

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

### Контроль кладки многоэтажных зданий

Для кирпичной кладки стен многоэтажных зданий установлена допустимая величина отклонения отдельных рядов кладки от горизонта – 15 мм на 10 м длины. Если этот допуск не соблюдать, то перемычки оконных проемов, линии низа и верха оконных рам и другие части здания окажутся не на одном уровне, что повлечет за собой переделки при наружной облицовке стен. Во избежание этого до начала кладки по периметру будущей стены на гранях фундамента выносят нивелиром высоты в принятой относительной системе. После выравнивания по этим высотам нескольких рядов кладки на внешней грани стены в некоторых местах маркируют один и тот же уровень, относительно которого прибивают рейки-порядовки.

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

Вертикальность кладки стен в пределах двух этажей проверяют отвесом. По перпендикуляру к нити отвеса измеряют расстояние до стены. Измерения выполняют линейкой в наиболее характерных точках стены или через равные промежутки. Постоянство расстояний от нити отвеса до соответствующих частей стен здания указывает на вертикальность плоскости стены. При большей этажности вертикальность определяют боковым нивелированием с помощью теодолита и нивелирной рейки. После окончания кладки каждого этажа и укладки плит перекрытия с помощью нивелирования через каждые 5 м определяют фактические отметки горизонта этажа и сверяют их с проектными. Отметки точек контролируют от рисок нулевого

горизонта на фундаменте здания непосредственным измерением с помощью стальной рулетки.

### **Установка элементов здания**

Для установки оконных блоков по высоте на каждый проём переносят отметку. От неё при помощи уровня оконный блок устанавливают на проектную отметку и контролируют его вертикальность по отвесу.

После возведения стен и установки оконных и дверных блоков выполняют поэтажную исполнительную съёмку стен.

### **Исполнительная съёмка стен**

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

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

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

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Цели и состав геодезических работ наземного цикла.
2. Построение разбивочной сети на исходном и монтажном горизонтах.
3. Способы перенесения осей и высот на монтажные горизонты.
4. Способы восстановления осей для выноса на монтажный горизонт.
5. Детальные разбивочные работы, состав и основные методы.
6. Виды зданий и особенности геодезического сопровождения их монтажа.
7. Геодезический контроль монтажа кирпичных зданий.
8. Геодезический контроль монтажа панельных зданий.

## **2.3. Геодезическое обеспечение монтажа оборудования**

1. Предварительные работы перед монтажом.
2. Геодезические работы в процессе монтажа оборудования.
3. Контроль монтажа.

Монтаж технологического оборудования в возведенном инженерном объекте является заключительным этапом наземного цикла строительства и имеет только присущее ему геодезическое обеспечение. Следует учитывать особенности процесса монтажа, в процессе которого производится выноска проектного положения оборудования и одновременно его установка, с соблюдением нормативных требований. Оперативность и точность этого процесса в большой степени зависит от качества геодезического обеспечения.

*Монтаж* – процесс выноса и установки технологического оборудования в проектное положение в плане и по высоте.

Контроль монтажа осуществляется геодезическими методами относительно определенным образом созданных и закрепленных монтажных осей. Различают монтаж фундаментов под оборудование и монтаж самого оборудования.

### **2.3.1. Предварительные работы перед монтажом**

Начинается процесс монтажа с устройства фундамента. До начала работ по устройству фундаментов под технологическое оборудование монтажная организация передает генподрядчику схему геодезического обоснования монтажа.

#### **Схема геодезического обоснования монтажа**

На схемах геодезического обоснования указывают контрольные и рабочие оси, все необходимые технологические оси, а также места установки плашек для закрепления осей, контрольные и рабочие реперы.

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

Рабочие реперы и оси располагают непосредственно на фундаментах под оборудование, в местах, которые не закрываются основаниями монти-

руемого оборудования. Рабочие реперы и оси делятся на основные и вспомогательные. На каждом фундаменте располагают один основной репер, привязанный к контрольному. Все остальные реперы на этом фундаменте привязывают и проверяют относительно основного репера. Их называют вспомогательными. Отметки основных реперов относительно контрольных и вспомогательных определяют с точностью до 0,5 мм. Разбивка основных осей относительно контрольных и вспомогательных производится с точностью до 1 мм.

Плановое обоснование совмещают с высотным, если закладываются знаки со сферическими головками. Отметки их определяют геометрическим нивелированием II класса от фундаментальных реперов.

Основной монтаж оборудования производится от осей.

### **Монтажные оси, их разбивка**

Как и репера, оси делят на *основные* и *вспомогательные*. К основным осям относятся оси технологических линий, основных агрегатов и машин, к вспомогательным – все прочие оси (многоопорных валов, рабочих клетей и др.), которые разбивают и проверяют относительно основных осей.

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

На фундаментах, предназначенных для установки оборудования требующего высокой точности установки (например, прокатные станы, вращающиеся печи, конвейеры большой протяженности, паротурбинные агрегаты, компрессоры и т. д.), оси наносят на закладные металлические детали, а высотные отметки фиксируют на реперах.

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

Монтажная организация при приемке фундаментов под монтаж оборудования контролирует правильность разбивки осей и высотных отметок, а также соответствие фактических размеров фундаментов – проектным. Если имеются отклонения между осями в плане или по высоте при сравнении с данными исполнительных схем, то монтажная организация с участием представителей строительной организации осуществляет перемаркировку плашек или корректуру отметок реперов и вносит соответствующие исправления в исполнительную схему. При этом отклонения от проектных размеров не должны превышать нормативных допусков.

### **2.3.2. Геодезические работы в процессе монтажа оборудования**

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

#### **Основная документация монтажа**

Для производства монтажных работ необходимо иметь следующую документацию:

- планы осей зданий, сооружений, фундаментов, расположения оборудования, конструкций;
- разрезы характерных частей фундаментов и оборудования;
- схему исполнительной съёмки фундаментов под оборудование и других опорных поверхностей;
- схему разбивочной сети на опорных поверхностях с указанием мест заложения осевых плашек и высотных реперов.

#### **Последовательность монтажа оборудования**

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

При монтаже технологического оборудования и его конструкций осуществляют следующие операции:

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

Разбивку под установку оборудования на этаже производят на основе рабочего чертежа рулеткой, отмеряя проектные расстояния по вертикали от условного нулевого горизонта этажа, а по горизонтали – от внутренних поверхностей стен. При высотных разбивках внутри помещений можно использовать шланговые нивелиры типа **НШТ-1**.

Установку оборудования по проекту в основном выполняют по аналогии с процессом приведения и закрепления строительных конструкций в проектное положение, за исключением тех случаев, когда проектом предусмотрена особо высокая точность установки, требующая применения специальных методов, например струнного или струнно-оптического способа, обеспечивающих точность установки в плане порядка 0,5 – 1,0 мм. В этих случаях установку узлов и отдельных элементов оборудования по высоте выполняют методом точного геометрического нивелирования, горизонтальность плоскостей проверяют по наклонному уровню, а вертикальность – с помощью теодолита или оптического центрира.

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

### **2.3.3. Контроль монтажа**

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

Горизонтальность плоскостей выверяется методами геометрического или гидростатического нивелирования с использованием соответствующих приборов или специальных контрольных уровней.

Контроль вертикальности смонтированных конструкций и оборудования свыше 5 м производят с помощью теодолита, оптических центриров, и приборов вертикального, проектирования. Высотный контроль при монтаже осуществляют геометрическим или тригонометрическим нивелированием.

Для контроля створов, наклонных линий и плоскостей целесообразно и экономично применять лазерные приборы.

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

В период монтажа оборудования осуществляют систематические наблюдения за осадкой фундамента. Для этого в характерных местах фундамента и конструкций закладывают осадочные марки, которые нивелируют по программе III класса. Наблюдения за осадками осуществляет геодезиче-

ская служба заказчика. Периодичность нивелирования, схемы размещения осадочных марок и передачи на них отметок указывают в проекте производства геодезических работ.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Содержание и основные этапы геодезического обеспечения монтажа оборудования.
2. Предварительные геодезические работы перед монтажом.
3. Геодезические работы в процессе монтажа оборудования.
4. Схема геодезического обоснования монтажа.
5. Монтажные оси, их разбивка.
6. Основная документация монтажа.
7. Последовательность монтажа оборудования и его геодезическое обеспечение.
8. Геодезические работы по контролю монтажа.

### **Вопросы для текущего контроля по Части II**

1. Состав геодезических работ на нулевом цикле строительства.
2. Наблюдения и геодезический контроль за устройством котлована.
3. Наблюдения за устройством фундаментов и подвальной части здания.
4. Цели и состав геодезических работ наземного цикла.
5. Способы перенесения осей и высот на монтажные горизонты. Восстановление осей.
6. Детальные разбивочные работы, состав и основные методы.
7. Виды зданий и особенности геодезического сопровождения их монтажа.
8. Содержание и основные этапы геодезического обеспечения монтажа оборудования.
9. Последовательность монтажа оборудования и его геодезическое обеспечение. Контроль монтажа.

## **ЧАСТЬ III**

### **ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**

1. Исполнительные съёмки зданий и сооружений.
2. Наблюдение за деформациями зданий и сооружений.
3. Оценка эксплуатационной надёжности объектов.

Геодезическое обеспечение объектов должно продолжаться и после окончания строительства. Вызвано это тем, что возведенный объект обязательно должен быть проконтролирован на предмет соблюдения проектных геометрических характеристик, чем занимается исполнительная съёмка. В процессе эксплуатации зданий и сооружений происходят неизбежные изменения геометрических параметров в виде разного рода деформаций. Поэтому геодезическое обеспечение объектов после окончания строительства включает в себя методы наблюдений за деформациями. Очень часто необходимо дать оценку эксплуатационной надёжности функционирующего объекта по его геометрическим параметрам или их изменениям. В этом случае используют геодезические методы оценки эксплуатационной надёжности. Это последний вид геодезических работ, сопровождающих процесс эксплуатации возведенного объекта.

Изучение данной главы требует знания таких разделов геодезии как методы и технологии определения координат и высот точек, геодезические сети, производство топографических съёмок. Данная глава является основой для всех дальнейших проектировочных и разбивочных работ на любом этапе строительства.

---

#### **3.1. Исполнительные съёмки зданий и сооружений**

1. Назначение и содержание исполнительных съёмок.
2. Состав схем исполнительных съёмок.
3. Исполнительные съёмки по циклам.
4. Исполнительная документация.

Исполнительные съёмки как вид геодезического обеспечения строительства заканчивают каждый его этап и ни в коем случае не должны быть проигнорированы. Основная функция исполнительных съёмок – контроль-

ная. Выполняется на основе методов плановой, высотной или комбинированной съемок, жестко использует систему нормативных допусков.

### **3.1.1. Назначение и содержание исполнительных съёмок**

Исполнительные съёмки строительства зданий и сооружений занимают в геодезических работах особое место. Они завершают каждый этап строительного-монтажных работ и геодезических построений. В процессе исполнительных съёмок определяют плановое и высотное положения выверенных и окончательно закрепленных конструкций и элементов здания, а также разбивочных осей, от положения которых зависит соблюдение необходимых требований к точности осуществляемых работ на последующих этапах.

#### **Основные задачи исполнительных съемок**

Выполнение исполнительных съёмок предназначено для решения следующих основных задач:

- обеспечения систематического контроля и учета объемов выполненных строительного-монтажных работ;
- выявления соответствия выполненных строительного-монтажных работ проектным данным с целью своевременного устранения отклонений;
- определения степени точности перенесения проекта в натуре и выявления всех отступлений от проекта;
- установления фактического положения зданий, сооружений и инженерных коммуникаций после завершения строительства.

Для обеспечения систематического контроля и учета объемов выполненных строительного-монтажных работ проводят геодезические измерения, по результатам которых осуществляют оперативный контроль за ходом земляных и монтажных работ, укладкой инженерных коммуникаций и т. п.

Для выявления соответствия выполненных строительного-монтажных работ проектным данным используют те же геодезические методы и приборы, которые применяли в ходе строительства. По результатам контрольных измерений определяют величину отклонений от строительных допусков и принимают соответствующее решение по устранению сверхдопустимых отклонений. На тех участках строительства, где вносят исправления и коррективы, исполнительную съёмку повторяют.

Для определения степени точности перенесения проекта в натуре и выявления отступлений от него выполняют плановую и высотную съёмки практически завершённых строительных объектов. Установление фактиче-

ского положения зданий и сооружений, инженерных коммуникаций после завершения строительства заключается в окончательной обработке и систематизации результатов ранее выполненных текущих исполнительных съёмок и составлении последней исполнительной документации, называемой исполнительным генеральным планом.

Порядок, очередность и способ выполнения исполнительных съёмок, технические средства и требуемую точность измерений определяют в проекте производства геодезических работ.

### **Состав исполнительных съёмок**

В состав исполнительной съёмки входят следующие работы:

- создание съёмочного обоснования;
- контурная съёмка;
- планово-высотная детальная съёмка элементов сооружений, их узлов и отдельных конструкций, а также поэтажные съёмки;
- планово-высотная съёмка наземных и подземных коммуникаций, проездов, площадей, скверов и др.;
- составление планов, профилей и разрезов.

Плановой опорой для выполнения исполнительных съёмок являются:

- в пределах стройплощадок – закрепленные разбивочные оси и их параллели;
- на промышленных площадках – пункты строительной сетки;
- за пределами стройплощадок – пункты геодезического обоснования и специально проложенные теодолитные ходы.

При этом точность плановой основы на площадке должна соответствовать съёмке масштаба 1:500. Плановую съёмку обычно выполняют различными методами: промерами по ординатам и створам, линейными и угловыми засечками, способами прямоугольных и полярных координат.

Высотную исполнительную съёмку осуществляют геометрическим нивелированием от пунктов высотного геодезического обоснования.

Исполнительную съёмку вертикальной планировки выполняют нивелированием поверхности и проложением отдельных ходов по характерным точкам. Нивелируют также отмостки зданий, дно открытых лотков, кюветов, решетки дождеприёмников и т. д.

Определение вертикальности конструкций высотой до 5 м производят рейкой-отвесом, а высотой более 5 м – способами наклонного проектирования и бокового нивелирования, используя приборы вертикального визирования.

### **Точность и контроль исполнительной съёмки**

Точность результатов исполнительной съёмки должна быть не ниже точности выполнения разбивочных работ. Результаты исполнительных съёмок подлежат выборочному контролю путем измерения в натуре и сравнения их с данными съёмки. Особое внимание обращают на съёмку скрытых сооружений, то есть фундаментов, подземных трубопроводов, которые затем засыпают землей. Съёмку этих сооружений заканчивают до засыпки котлованов и траншей землей. Съёмка же зданий и сооружений может быть произведена и после завершения строительства. При съёмке зданий все их углы привязывают к геодезической основе для определения их координат, а также производят промеры по всем сторонам цоколя здания.

Точность исполнительных съёмок обуславливается допусками, соблюдаемыми при приемке в эксплуатацию зданий и сооружений. В промышленном и гражданском строительстве исполнительные съёмки производят в масштабе 1:500 или 1:1000.

Данные исполнительных съёмок конструкций зданий и сооружений наносят на специальные схемы и чертежи, на которых указывают фактические и проектные размеры или величины отклонений от проектных данных. Такие исполнительные схемы составляют после выполнения каждого этапа строительного-монтажных работ.

#### **3.1.2. Состав схем исполнительных съёмок**

В зависимости от конструктивных особенностей здания или сооружения при осуществлении строительного-монтажных работ составляют *исполнительные схемы*.

Исполнительные схемы на разбивочные работы:

- разбивка и закрепление основных осей;
- детальная разбивка осей на монтажных горизонтах;
- разбивка осей инженерных коммуникаций, контуров котлована.

Исполнительные схемы по подземной части зданий и сооружений:

- готового котлована, земляного полотна дорог и других земляных сооружений;
- свайных полей и всех видов фундаментов,
- стен подвала, фундаментов под оборудование (анкерных болтов, закладных деталей, колодцев).

Исполнительные схемы надземной части зданий и сооружений:

- планово-высотной съёмки колонн, оголовков, и консолей колонн, подкрановых балок и путей;

- монтажа балок и ферм, зданий и сооружений в кирпичном, крупно-блочном и крупнопанельном исполнениях;
- высотной съёмки полов, а также плит перекрытий и покрытий промышленных зданий, лифтовых шахт, подъездных путей, благоустройства территории.

На рис. 3.1.1 приведен пример исполнительной схемы разбивки и закрепления основных осей здания.

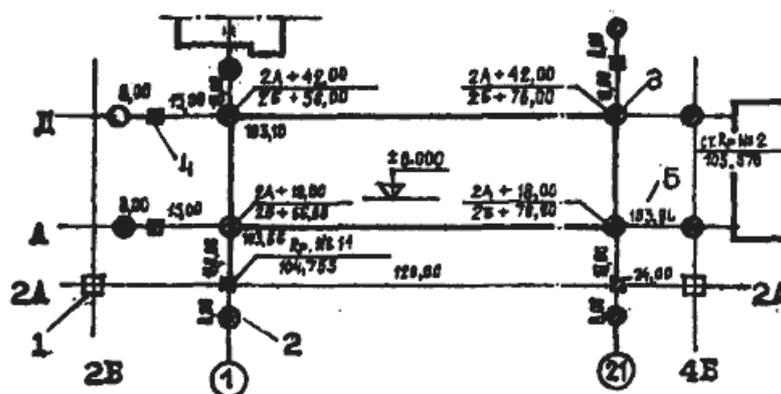


Рис. 3.1.1. Исполнительная схема разбивки и закрепления основных осей здания:

- 1 – пункт строительной сетки; 2 – постоянный знак закрепления осей;
- 3 – металлический штырь; 4 – временный знак закрепления осей;
- 5 – фактическая отметка поверхности земли

### 3.1.3. Исполнительные съёмки по циклам

Исполнительные съёмки делят на съёмки подземного, наземного циклов и съёмки подземных коммуникаций.

#### Исполнительные съёмки подземного цикла

Исполнительные съёмки подземного цикла делят на съёмки котлована, фундамента и подвальной части.

**1. Исполнительная съёмка котлована.** Исполнительную съёмку котлована выполняют после зачистки дна откосов. При этом определяют положение осей, внутренний контур, отметки дна котлована по результатам нивелирования поверхности по квадратам и их отклонения от проектного значения (рис. 3.1.2).

Предельное отклонение отметок дна котлована от проектных в местах устройства фундаментов и укладки конструкций после окончательной его доработки должно быть не более  $\pm 5$  см.

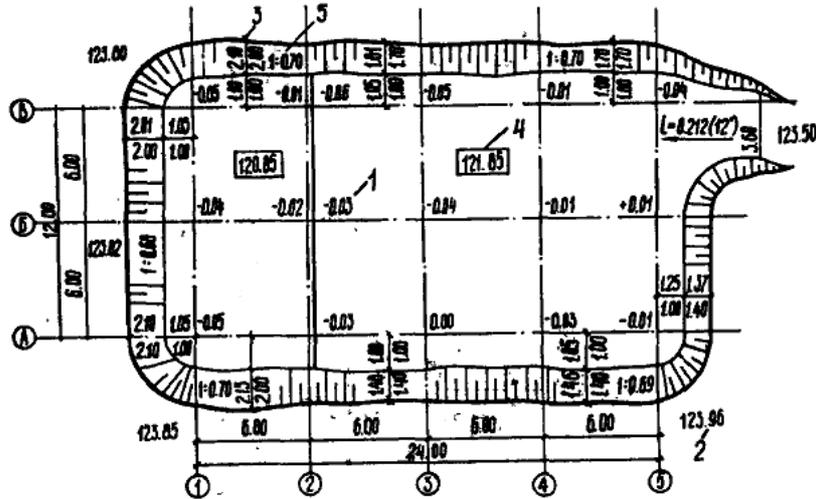


Рис. 3.1.2. Исполнительная схема планово-высотной съёмки котлована:  
 1 – отклонение отметки дна котлована от проектной;  
 2 – отметка верхней бровки котлована; 3 – ширина бровки котлована;  
 4 – проектная отметка котлована; 5 – крутизна откоса

**2. Исполнительные съёмки фундаментов.** При исполнительной съёмке ленточных фундаментов в плане на верхние и боковые грани вновь переносят оси, от которых выполняют замеры, а также определяют отклонение отметок верха фундамента от проектных (рис. 3.1.3а).

При исполнительной съёмке фундаментов стаканного типа определяют отклонение отметки дна стакана от проектной и фактические размеры стакана в нижнем сечении (рис. 3.1.3б).

Предельное отклонение по смещению установочных ориентиров ленточного фундамента и осей стаканов фундаментов относительно разбивочных осей – 12 мм. Предельное отклонение отметок дна стаканов фундаментов от проектных – 20 мм, а при устройстве выравнивающего слоя по дну стакана – 5 мм.

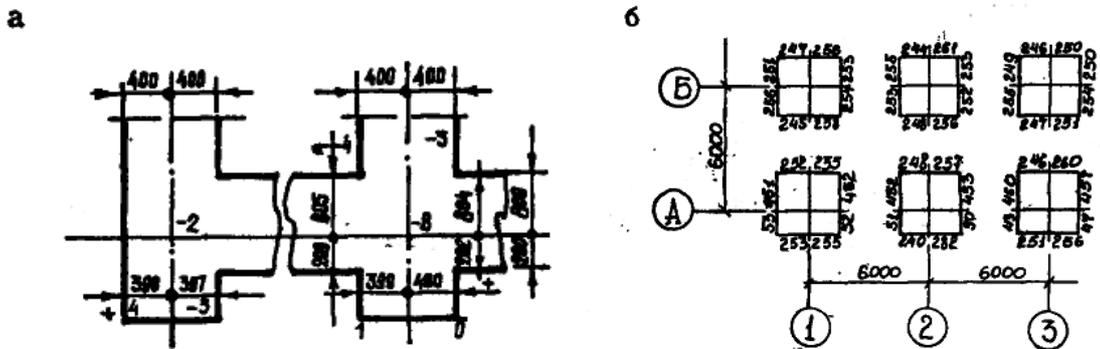


Рис. 3.1.3. Фрагменты исполнительных схем:  
 а – монолитных ленточных фундаментов; б – стаканов сборных фундаментов

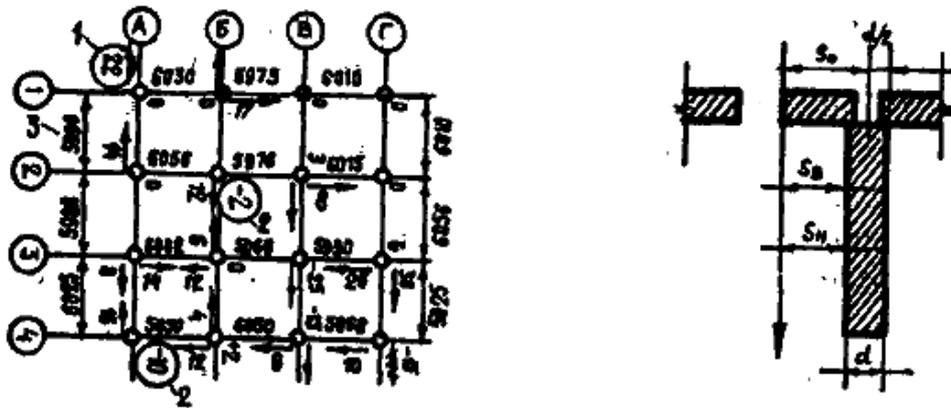


Рис. 3.1.4. Фрагменты исполнительных схем:  
 а – свай-колонн; б – стен технического подполья

Исполнительную съёмку свай-колонн выполняют после их окончательного погружения и обрубки (рис. 3.1.4а). При этом определяют направление и величину смещения центра свай-колонн от планового проектного положения 1, а также отклонение оголовков свай от проектной отметки 2.

Предельные отклонения в плане свай диаметром до 0,5 м при однорядном расположении свай: поперек оси  $\pm 0,2d$ , вдоль оси  $\pm 0,3d$ . Предельное отклонение отметок оголовков свай монолитным ростверком 3 см.

**3. Исполнительная съёмка подвальной части здания.** Завершением нулевого цикла строительства является составление исполнительной схемы планово-высотного положения конструкций подвальной части здания, на которой показывают фактическое положение осей и смещение цокольных блоков и стен от проектного положения.

Исполнительную съёмку стен технического подполья (рис. 3.1.4б) выполняют после монтажа плит перекрытия и завершения работ по подготовке монтажного горизонта. Отклонения от вертикальности стен подполья определяют *отвес-рейками*, *уровень-рейками*, а также непосредственными промерами от отвеса до стены. При этом отвес опускают в технические отверстия на плитах перекрытий и определяют расстояние до стеновой панели вверху и внизу.

Отметки определяют в точках пересечения осей между осевыми точками примерно через 5 м. Результаты исполнительной съёмки по завершении подземной части сооружения отражают на схемах:

- осей, вынесенных на перекрытие над подвалом с указанием их проектных и фактических размеров;
- нивелирования поверхности перекрытия над подвалом с указанием проектной и фактической отметок в углах плит перекрытий;
- планового положения смонтированных элементов цокольного этажа.

### Исполнительные съёмки надземного цикла

При возведении надземной части производят поэтажную исполнительную съёмку, фиксирующую точность создания разбивочной сети на монтажном горизонте, точность положения монтируемых конструкций и их элементов.

**1. Исполнительная съёмка панельных зданий.** На исполнительной схеме стеновых панелей показывают направление и величину отклонения плоскости стеновой панели в верхнем сечении от вертикали 1 (рис. 3.1.5а), а также смещение оси панели или её грани в нижнем сечении от разбивочной оси 2. Предельные отклонения в плане – 8 мм, по вертикали – 10 мм.

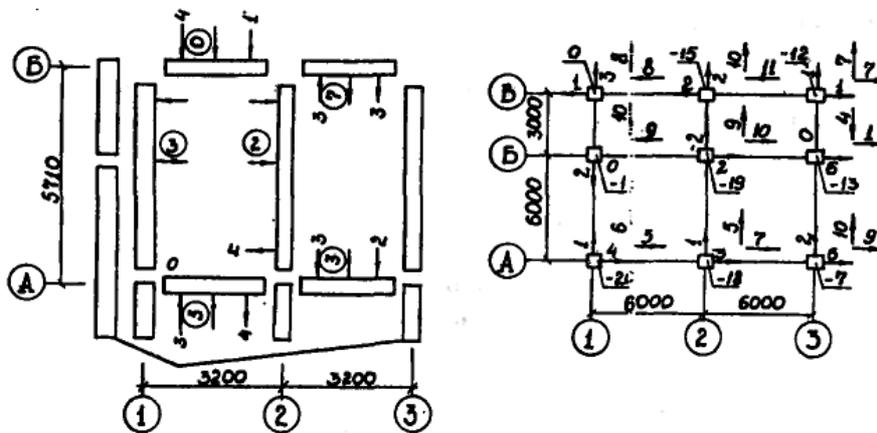


Рис. 3.1.5. Фрагменты исполнительных схем:  
а – стеновых панелей; б – колонн многоэтажного здания

На исполнительной схеме съёмки колонн многоэтажного здания (рис. 3.1.5б) показывают направление и величину смещения осей колонн от разбивочных осей в нижнем 1-м и верхнем 2-м сечениях, а также отклонение отметки верха колонны относительно "0" в мм. При этом за "0" принимают отметку колонны, имеющей наибольшую абсолютную величину. Величина предельного отклонения в плане для колонн 1-го яруса – 8 мм, а для последующих ярусов зависит от длины колонн и составляет 12 – 25 мм. Величина предельной разности отметок верха колонн каждого яруса составляет  $12 + 2n$ , где  $n$  – номер яруса колонн.

Плановые отклонения могут быть получены непосредственными промерами от осей или их параллелей, разбитых на монтажном горизонте. Отклонение от вертикали определяют рейкой-отвесом, простым отвесом или боковым нивелированием. Отклонение по высоте получают техническим нивелированием.

**2. Исполнительная съёмка кирпичных зданий.** Исполнительную съёмку кирпичных зданий выполняют на каждом этаже после возведения стен и установки оконных и дверных проемов. На исполнительной схеме (рис. 3.1.6) показывают:

- отклонения от проектных размеров по толщине стен (допуск  $\pm 15$  мм), по отметкам опорных поверхностей (допуск  $\pm 10$  мм);
- плановые и высотные положения оконных и дверных проемов, плит, перегородок;
- отклонение по смещению осей конструкций от разбивочных осей (допуск  $\pm 10$  мм), поверхностей и углов кладки по вертикали на один этаж (допуск  $\pm 10$  мм) и на всё здание высотой более двух этажей (допуск  $\pm 30$  мм).

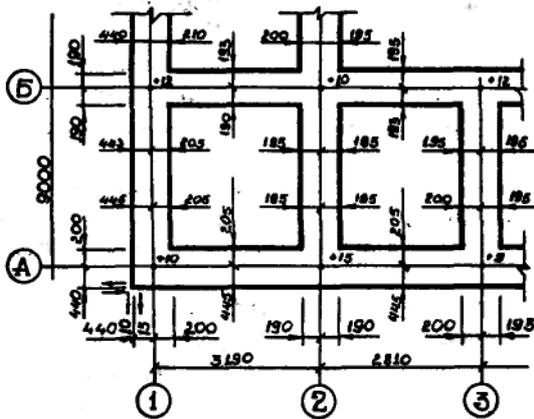


Рис.3.1.6. Фрагмент исполнительной схемы кирпичной кладки под перекрытие этажа

Контроль планового положения кладки стен осуществляют линейными промерами от продольных и поперечных разбивочных осей. Толщину стен в процессе кладки контролируют *шаблон-рейкой*, при исполнительной съёмке – непосредственным их промером. Вертикальность кладки определяют измерением линейкой расстояния от нити отвеса до стены в наиболее характерных её точках или через равные промежутки. Геометрическим нивелированием точек через каждые 5 м определяют соответствие полученного горизонта законченной кирпичной кладки каждого этажа проектному значению.

### Исполнительная съёмка инженерных коммуникаций

Исполнительная съёмка подземных инженерных коммуникаций производится по мере их готовности, но до засыпки траншей.

Исполнительную съёмку инженерных коммуникаций производят от плано-высотного обоснования. При наличии четко выраженных контуров капитальных зданий, каменных фундаментов, железобетонных заборов на застроенной территории они могут использоваться в качестве обоснования.

**1. Плановая съёмка.** От твердых точек капитальной застройки горизонтальную съёмку выполняют линейными засечками, способом перпендикуляров и способом створов.

В обязательном порядке производят контрольные измерения расстояний между точками. Плановое положение элементов инженерных сетей определяют с точностью, обеспечивающей погрешность не более 0,2 м.

Масштаб съёмки зависит от характера снимаемой территории, плотности размещения сетей, назначения создаваемых планов и, как правило, составляет 1:5000 – 1:500, в исключительных случаях – 1:200.

Исполнительной плановой съёмке подлежат:

- углы поворота, точки на прямолинейных участках не реже чем через каждые 50 м;
- точки начала, середины и конца сетей, пересечение трасс, места присоединений ответвлений;
- элементы подземных сетей (люки, колодцы, камеры, компенсаторы и т. д.).

Результаты измерений заносят в абрис, где зарисовывают элементы ситуаций и схему прокладываемого теодолитного хода, показывают привязки к опорной застройке, линейные размеры сооружения, сечения и т. д.

**2. Высотная съёмка.** Высотное положение подземных сетей и сооружений определяют техническим нивелированием с привязкой к двум реперам.

Нивелируют люки колодцев, лотки канализационных, водосточных и дренажных колодцев, пол каналов теплофикации, телефонной и электрокабельной сетей, в бесколодезных прокладках – углы поворота трассы и точки излома профиля. Для трубопроводов определяют отметки верха труб во всех колодцах и камерах.

**3. Исполнительный чертеж.** По окончании обработки материалов исполнительных съёмок инженерных сетей составляют исполнительный чертеж (схему), основой которого является копия согласованного проекта в масштабе 1:500 или план в масштабе 1:500, составленный по результатам исполнительных съёмок (рис. 3.1.7). Исполнительные схемы сопровождаются исполнительным продольным профилем по оси сооружения.

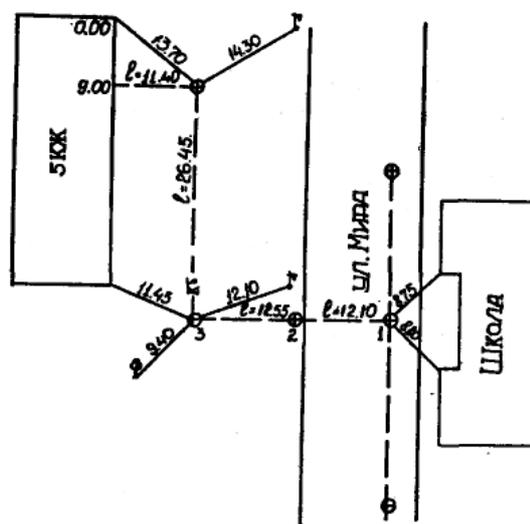


Рис. 3.1.7. Исполнительная схема канализации

В состав исполнительного чертежа входят:

- ситуационный план участка в масштабе 1:2000 с указанием места работ и наименований близлежащих улиц и проездов для всех коммуникаций;
- план трассы в масштабе 1:500;
- продольный профиль, горизонтальный масштаб которого принимают равным масштабу плана, а вертикальный – 1:100, в отдельных случаях 1:50 (для теплотрассы).

### **3.1.4. Исполнительная документация**

Выполненный геодезический контроль в процессе возведения здания и сооружений оформляют в виде отчетной технической документации. К ней относят схемы геодезической исполнительной съёмки, чертежи, профили, разрезы, каталоги координат и отметок пунктов разбивочного обоснования и осевых знаков, акты геодезической проверки, полевые журналы и т. п.

Исполнительная геодезическая документация бывает внутренней и приёмосдаточной.

#### **Внутренняя исполнительная документация**

При возведении подземной части зданий и сооружений составляют следующую внутреннюю исполнительную документацию:

- исполнительные схемы по разбивке промежуточных осей;
- исполнительные схемы по разбивке контуров котлована;
- акты разбивки свайных полей;
- акты и исполнительные схемы по подготовленным к бетонированию опалубкам.

По надземной части также составляют:

- акты детальной геодезической разбивки на монтажных горизонтах под монтаж яруса, цоколя, этажа с приложением исполнительных схем;
- исполнительные схемы нивелировки бетонной подготовки под полы;
- рабочие схемы по установке маяков.

Внутреннюю исполнительную документацию подготавливают на незавершенный строительного-монтажный этап. На основании её анализа главный инженер строительного управления даёт разрешение на переход от одного этапа строительного-монтажных работ к другому. Внутренняя исполнительная документация не предъявляется рабочей и государственной комиссиям при сдаче объекта в эксплуатацию.

### **Приёмсдаточная исполнительная документация**

Приёмсдаточную исполнительную документацию составляют на завершённый этап строительно-монтажных работ. К ней относят:

- акты на приемку готового котлована с приложением схемы исполнительной съёмки;
- акт сдачи-приемки исполнительной подземной части с результатами контрольных измерений и т. п.

Акт сдачи-приемки предъявляется авторскому надзору, органам Госархстройконтроля, генподрядным (субподрядным) организациям, заказчику, рабочим и государственным комиссиям по приемке объекта в эксплуатацию с приложением исполнительных схем на все завершённые виды строительно-монтажных работ. Акт составляют в пяти экземплярах, два из которых остаются в генподрядной организации.

После окончания работ по устройству подземных и надземных коммуникаций составляют следующую исполнительную документацию:

- исполнительный план трассы коммуникаций;
- исполнительный продольный профиль по оси сооружения; рабочие чертежи с планами и размерами колодцев, камер, труб и тому подобного, исправленные по результатам обмера, выполненного во время исполнительной съёмки.

Эту документацию передают эксплуатирующей организации.

### **Исполнительный генеральный план**

После завершения строительства и благоустройства территории выполняют исполнительную съёмку контуров застройки и спланированного рельефа. Эта съёмка является единственной и окончательной проверкой правильности перенесения проекта зданий и сооружений на местность, в соответствии с требованиями строительных допусков. На её основе в условных знаках по общепринятым инструкциям составляют исполнительный генеральный план расположения капитальных зданий и сооружений, подземных и надземных коммуникаций, подъездных путей.

Исполнительный генеральный план представляет собой комплекс документов.

Например, для большого промышленного предприятия в его состав входят:

- исполнительный генеральный план территории площадки в масштабе 1:500 на отдельных планшетах стандартного размера;
- исполнительные планы отдельных сложных участков застройки, узлов и установок в масштабе 1:200;
- сводный план инженерных коммуникаций в масштабе 1:1000 или 1:2000 с

приложением каталога координат сетей, эскизов подземных колодцев и опор наземных сетей;

- сводный план железнодорожных путей и автодорог в масштабе 1:2000;
- сводный план (с координатами) зданий и наземных сооружений в масштабе 1:2000 с приложением альбома обмерных чертежей;
- технический отчет о геодезических работах, выполненных на площадке, с приложением пояснительной записки, схем опорных сетей, каталога координат и высот пунктов геодезического обоснования, альбома зарисовок местоположения геодезических знаков, центров и привязок их к постоянным предметам местности.

Для не больших предприятий часть отчетной документации объединяют.

**Методы получения исполнительного генерального плана.** При составлении исполнительного генерального плана координаты большинства характерных точек определяют аналитическим методом. К ним относятся:

- углы капитальных зданий и сооружений, центры сооружений круглой формы,
- точки пересечения осей здания, сооружений и проездов,
- углы поворота сетей коммуникаций и т. п.

Их плановое положение определяют способами прямоугольных и полярных координат, угловых, линейных и створных засечек, створных промеров. Линейные измерения выполняют стальной лентой или рулеткой, угловые измерения – теодолитами технической точности. Способом створных промеров производят съёмку прямолинейных участков дорог и сетей коммуникаций на площадках промышленного и гражданского строительства.

При горизонтальной съёмке составляют абрис, в котором делают зарисовку каждого снимаемого объекта, а также указывают точки съёмочного обоснования, с которых ведут съёмку.

Высотную съёмку на застроенной территории выполняют геометрическим нивелированием от реперов опорной сети. Определяют отметки входов, цоколя, пола, земли по углам зданий и других характерных точек по фасаду здания.

Съёмка подземных коммуникаций производится с использованием ранее выполненных планов, по данным которых составляется предварительная схема размещения сетей. По этой схеме осуществляют рекогносцировку участка местности с обследованием подземных сетей. По данным обследования схема корректируется, затем выполняются поиск и съёмка скрытых точек подземных коммуникаций. Исполнительная схема, составленная по данным обследования, поиска и съёмки подземных коммуникаций, согласовывается с организацией, эксплуатирующей эти сети.

Определение места расположения и съёмку подземных коммуникаций, особенно в случае отсутствия ранее составленных планов, осуществляют с помощью специальных электронных приборов – *трубокабелеискателей, трассоискателей, кабелеискателей*. В основу устройства и работы этих приборов положен закон электромагнитной индукции.

Исполнительный генеральный план построенных капитальных зданий и сооружений, инженерных коммуникаций и транспортных путей используется в период эксплуатации предприятия. При его расширении или реконструкции исполнительный генеральный план обновляют.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Назначение и содержание исполнительных съёмок.
2. Основные задачи исполнительных съёмок.
3. Состав исполнительных съёмок.
4. Состав схем исполнительных съёмок.
5. Точность и контроль исполнительной съёмки.
6. Исполнительные съёмки по циклам.
7. Исполнительные съёмки подземного цикла.
8. Исполнительные съёмки надземного цикла.
9. Исполнительная съёмка инженерных коммуникаций.
10. Исполнительная документация.
11. Исполнительный генеральный план.

## 3.2. Наблюдение за деформациями зданий и сооружений

1. Общие сведения о деформациях.
2. Состав процесса наблюдения за деформациями.
3. Методы измерения деформаций.

Процесс наблюдения за деформациями является неотъемлемой частью геодезического обеспечения сооружения после окончания строительства, так как большинство объектов требует наблюдения за отклонением от нормы их геометрических параметров в процессе их эксплуатации. Отклонения наблюдаются в плане и по высоте геодезическими методами через определенные промежутки времени, по результатам которых делается попытка прогноза дальнейшего поведения обследуемого объекта.

### 3.2.1. Общие сведения о деформациях

Во время строительства и после возведения здания или сооружения под давлением его собственной массы или по причинам, связанным с инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями, физико-механическими свойствами грунта, а также с ошибками при изысканиях, проектировании, строительно-монтажных работах и эксплуатации, происходит сжатие и оседание грунтов, подстилающих фундаменты. При равномерном оседании грунтов происходит осадка здания, которая через некоторый промежуток времени затухает и прекращается. При неравномерном оседании грунтов, в зависимости от их вида и свойств, происходят крены, прогибы, перекосы и кручение сооружений. Все эти изменения принято называть деформациями.

*Деформацией* называют изменения положения и геометрии сооружения в пространстве в горизонтальной или в вертикальной плоскости.

#### Происхождение деформаций

Смещение в горизонтальном направлении называют *сдвигом*, вертикальные смещения, направленные вверх, – *подъемом* (выпучиванием), а вниз – *осадкой*.

Равномерная осадка происходит в случаях, когда давление, вызываемое массой здания, и сжимаемость грунта во всех частях основания под фундаментом одинаковы. Равномерная осадка не снижает прочности и устойчивости здания или сооружения. Но если её величина значительно превышает расчетную, то это может вызвать изменение физико-

механических свойств грунта и привести к нарушению взаимосвязи здания или сооружения с инженерными коммуникациями, а также к неравномерной осадке.

Неравномерная осадка возникает в результате различного давления частей здания или сооружения и неодинаковой сжимаемости грунта под фундаментом. Это приводит к неравномерным смещениям надфундаментных конструкций, то есть к их деформации. По действию такая осадка является более опасной для здания или сооружения и опасность тем больше, чем значительней разность осадок его частей и чувствительней к ним конструкции и технологические элементы.

Для своевременного выявления величины, направления и интенсивности деформации зданий (сооружений), а также причин, вызывающих этот процесс, выполняют геодезические наблюдения с соответствующими измерениями.

### **Основные характеристики деформаций**

Выделяют следующие характеристики деформаций основания и здания (сооружения):

- *абсолютную* (полную) *осадку* отдельных точек основания, здания (сооружения);
- *среднюю осадку* основания, здания (сооружения);
- *перекос* – относительную неравномерность осадки здания (сооружения) или его конструкций, измеряемую разностью вертикальных перемещений характерных точек здания (сооружения), отнесенную к расстоянию между ними;
- *крен* – отклонение конструкции или здания (сооружения) от вертикальной плоскости в результате неравномерной осадки, без нарушения целостности и геометрических параметров, измеряемое отношением разности осадок крайних точек фундамента к его ширине или длине;
- *относительный прогиб* (выгиб) – отношение величины прогиба (выгиба) к длине изогнувшейся части конструкции или здания (сооружения);
- *кручение* – явление, когда два параллельных фундамента или две грани железобетонной плиты имеют неравномерную осадку, направленную в противоположные стороны;
- *трещины* – разрывы в плоскостях или конструкциях здания (сооружения) в результате неравномерных осадок или недопустимых напряжений.

Вышеуказанные характеристики, влияющие на прочность и долговечность зданий (сооружений), прямо или косвенно связаны с осадками.

Обработку результатов измерения осадок выполняют специалисты в области механики грунтов, проектировщики, геодезисты с учетом конкретных условий строительства и эксплуатации зданий (сооружений).

В ряде случаев результаты наблюдений используют для оценки методов расчета осадки или прогнозирования осадки здания (сооружения). Предельно допустимую величину осадки основания здания (сооружения), соответствующую пределу эксплуатационной пригодности здания (сооружения) по технологическим или архитектурным требованиям, устанавливают нормами проектирования зданий (сооружений), правилами технической эксплуатации оборудования или заданием на проектирование.

### **3.2.2. Состав процесса наблюдения за деформациями**

Наблюдение за деформациями вновь строящихся зданий и сооружений начинают с момента окончания работ нулевого цикла и заканчивают после достижения стабилизации осадок фундаментов, но не ранее двух лет после сдачи здания или сооружения в эксплуатацию. Наблюдения проводят через определенные промежутки времени – по *циклам*.

#### **Этапы наблюдений за деформациями**

Весь процесс наблюдения за деформациями зданий и сооружений состоит из двух основных этапов: организационного этапа подготовительной работы и непосредственных измерений с камеральной обработкой полученных данных.

На этапе подготовительной работы осуществляют составление рабочей программы наблюдений и подбор приборов и всего необходимого для выполнения измерений.

На втором этапе выполняют непосредственные измерения по методике, принятой в рабочей программе наблюдений и обработку результатов измерений с определением величин деформаций и оценкой точности. Здесь же производят составление технического отчёта с анализом полученных данных.

**1. Рабочая программа наблюдений за деформациями.** Для наблюдений за деформациями проектная организация совместно с организацией, производящей работу, составляют рабочую программу. Рабочая программа наблюдений разрабатывается на основании технического задания и включает в себя следующее:

- изложение цели и задачи наблюдений;
- составление схемы размещения геодезических знаков и их привязки к пунктам исходной геодезической сети;

- разработку календарного плана выполнения работ;
- выбор метода измерения деформаций;
- указание периодичности и продолжительности измерения, а также необходимой точности геодезических построений при наблюдениях за деформациями.

На основании рабочей программы определяется объём работ по наблюдению за деформациями.

Данные о процессах деформации получают на основе измерения смещения точек наблюдаемого здания или сооружения относительно опорных геодезических знаков. При этом достоверность данных измерения во многом зависит от устойчивости опорных знаков, которая зависит от выбора места размещения и надёжности их закрепления на местности.

### **Опорные знаки для наблюдений за деформациями**

Опорные знаки размещают на участках с устойчивыми грунтами, расположенными вне зоны осадочных воронок и производства строительных работ, но как можно ближе к точкам наблюдаемого здания или сооружения. Опыт показывает, что зона активных деформаций грунтов может распространяться на расстояние, равное шестикратной ширине фундамента здания или сооружения.

В качестве опорных высотных знаков при наблюдениях за осадками зданий и сооружений служат фундаментальные глубинные реперы, закладываемые в коренные породы в виде железобетонных монолитов (рис. 3.2.1а) или других жёстких конструкций, которые закладывают ниже уровня промерзания грунта.

### **Размещение контрольных точек (марок) для наблюдений**

Опыт показывает, что информативность результатов наблюдений за деформациями зданий и сооружений в большей мере зависит от правильного размещения точек наблюдений, в меньшей – от их количества. Точки обычно размещают в нижней части несущих конструкций, примерно на одном уровне, в местах, чувствительных к осадкам и изменяющейся нагрузке, то есть там, где ожидаются наибольшие стоки воды: в углах зданий, на стыках капитальных стен, в зонах наибольших напряжений несущих конструкций, по обе стороны осадочных и температурных швов.

Точки наблюдений закрепляют на зданиях и сооружениях осадочными или контрольными марками. Осадочные марки изготавливают в виде штырей, болтов, отрезков угловой стали и костылей длиной до 15 см при креплении к каменным стенам и до 5 см при креплении их к металлическим конструкциям (рис. 3.1.1 б, в).

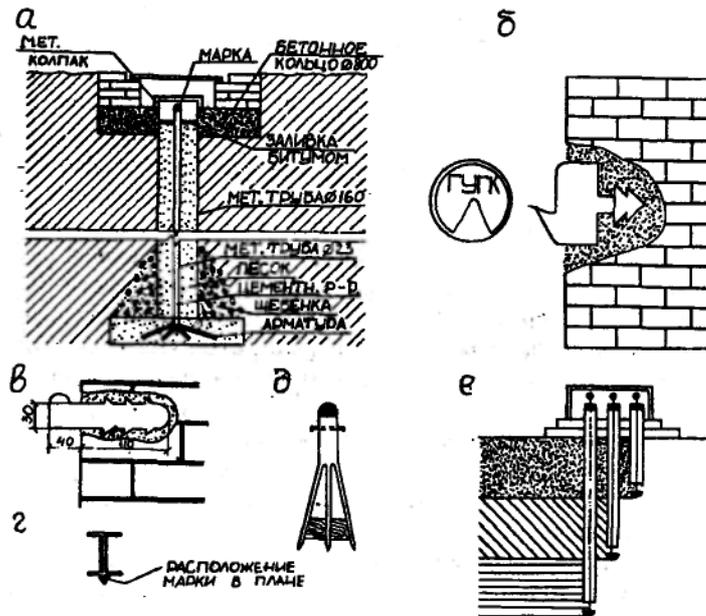


Рис. 3.2.1. Геодезические знаки для наблюдения за осадками: а – глубинный репер; б – стенной репер; в – осадочная марка, закрепляемая в кирпичные или бетонные стены; г – осадочная марка, закрепляемая сваркой к металлической колонне; д – глубинная марка, закрепляемая в земляные сооружения; е – куст марок для определения величины послойного сжатия грунта

### Периодичность и точность измерения деформаций

При разработке методики наблюдений за деформациями зданий и сооружений обоснованию периодичности и точности измерений уделяют особое внимание.

Измерение осадки строящихся зданий и сооружений начинают сразу после начала возведения фундаментов или кладки цоколя. Если первый цикл измерений выполнен с опозданием, то последующие измерения будут обесценены в связи с невыясненными причинами уже произошедшей осадки.

Частоту измерения осадок в основном увязывают с возрастанием нагрузки на грунт основания и развитием его деформации во времени.

Первый цикл измерения обычно начинают тогда, когда давление фундамента на грунт составляет 25 % от веса здания или сооружения. Последующие циклы измерений осадок выполняют при достижении нагрузки в 50, 75, 100 % от веса здания и сооружения или после возведения каждого этажа.

При выполнении повторных циклов измерений учитывают действие различных факторов – проведение подземных работ, возведение в непосредственной близости больших сооружений, изменения температурного режима грунта основания, уровня грунтовых вод, динамических нагрузок. В таких случаях выполняют измерение осадок до и после проявления и

учета указанных факторов. По полученным данным корректируют график работ по измерению осадок.

После окончания строительства здания или сооружения периодичность измерений осадок изменяется. В период первых двух лет эксплуатации измерения выполняют не менее четырех раз, приурочивая их к различным сезонам года. Наблюдения за деформациями прекращают только тогда, когда скорость осадки не превышает 1 – 2 мм в год. Наблюдения возобновляют при появлении причин, способных вызвать новые осадки и деформации зданий, сооружений.

**1. Точность измерений деформаций.** Определение точности измерения деформаций производят в зависимости от ожидаемых конечных предельных значений величин перемещений, установленных проектной документацией. По ней устанавливают класс точности измерения вертикальных и горизонтальных перемещений фундаментов зданий и сооружений.

Как правило, при наблюдениях за осадкой грунта под особо ответственными и уникальными зданиями и сооружениями (высотные здания, ГЭС, АЭС, элеваторы и т. п.) применяют нивелирование I класса точности измерения. Наблюдения за другими гражданскими и промышленными сооружениями выполняют, нивелированием II и III классов. Нивелирование III класса точности измерения осадок применяют в тех случаях, когда средняя скорость осадки здания или сооружения превышает 5 мм в месяц. При меньших скоростях осадки этот метод нецелесообразен из-за недостаточной точности.

В последнее время, с развитием электронных средств измерений, все более широко для целей наблюдений за деформациями используется координатный способ, имеющий точность средств измерений.

### **3.2.3. Методы измерения деформаций**

Измерения деформаций зданий и сооружений выполняют геодезическими и негеодезическими методами. Геодезические методы дают возможность определять *абсолютные* и *относительные* величины осадки зданий (сооружений) или их элементов.

За *абсолютные осадки* принимают вертикальные смещения, измеренные от реперов, не изменяющих своего высотного положения во все периоды наблюдения.

За *относительные осадки* принимают вертикальные смещения, измеренные относительно произвольно выбранной точки здания (сооружения) или репера.

Негеодезическими методами определяют только относительные осадки элементов здания или сооружения. При этом используют отвесы, клиномеры, деформетры, микрокренометры и другие средства измерения. Эти приборы закрепляются на здании (сооружении) или внутри него и позволяют измерять смещение элементов здания (сооружения) практически непрерывно. Процесс измерений может быть автоматизирован.

### **Геодезические методы измерения осадок**

Геодезические методы измерения осадок позволяют получать полные и достоверные данные об осадках здания (сооружения) в целом или его элементов в единой системе координат. К этим методам относятся геометрическое, гидростатическое и тригонометрическое нивелирование, микронивелирование, фотограмметрия.

Основным из них является *метод геометрического нивелирования*. Метод геометрического нивелирования позволяет выполнять наблюдения за осадками зданий и сооружений по программам I – IV классов точности измерения. Высокоточное нивелирование короткими лучами позволяет определять разность высот двух точек, расположенных на расстоянии 10 – 15 м, со средней квадратической погрешностью 0,03 – 0,05 мм.

Этот метод позволяет выполнять измерения с высокой точностью в сложных условиях строительной площадки, со сравнительно небольшими материальными затратами.

*Метод гидростатического нивелирования* обеспечивает при благоприятных внешних условиях более высокую точность определения превышений: средняя квадратическая погрешность 0,01 – 0,02 мм при расстоянии между точками до 40 м. Гидростатическое нивелирование используют в основном при измерении осадок фундаментов, элементов конструкций или технологического оборудования в труднодоступных для геометрического нивелирования местах, расположенных на одном уровне внутри здания или сооружения.

*Метод тригонометрического нивелирования* уступает по точности геометрическому и гидростатическому, но в отличие от них имеет достоинство – позволяет определять осадки точек, расположенных на различных высотах в труднодоступных местах. Наиболее высокая точность определения осадок (0,5 мм) может быть достигнута нивелированием короткими лучами (до 20 м). В сравнении с геометрическим этот метод позволяет из-

мерять с одной станции значительные превышения, отпадает необходимость в рейках и осадочных марках. Вместо марок можно использовать откраски и другие облегченные знаки. Тригонометрическое нивелирование применяют в том случае, когда измерение осадок зданий и сооружений методами геометрического или гидростатического нивелирования выполнить не представляется возможным.

*Микронивелирование* не заменяет, а лишь дополняет геометрическое или гидростатическое нивелирование. Оно широко применяется при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений, для которых характерны высокие требования к точности монтажа и выверке технологического оборудования. Использование микронивелирования целесообразно при определении осадок только близко расположенных точек с расстоянием между ними в пределах 1 м.

Например, при наблюдении за стабильностью различного рода направляющих и отдельных конструкций (балок, ферм, фундаментов), а также при определении наклонов и деформаций технологического оборудования.

Метод отличается простотой и высокой точностью процесса измерения.

*Фотограмметрический метод* применяют при определении вертикального и горизонтального смещений наблюдаемых точек на различных уровнях сооружения в двух и трех координатах. Этот метод позволяет выполнять наблюдение с высокой точностью и производительностью труда за большим числом компактно расположенных точек на открытых обзоре стенок сооружения. При необходимости, все измерения можно повторить по фотоснимкам.

При наблюдениях за деформациями получает развитие применение лазерных устройств, основанных на измерении смещений точек относительно светового луча. Например, для определения деформаций крупных сооружений уже используют лазерные интерферометры, позволяющие измерять смещения с ошибкой порядка  $10^{-7} - 10^{-8}$ .

### **Измерение осадки методом геометрического нивелирования**

Измерение осадки зданий или сооружений методом геометрического нивелирования состоит из периодических определений отметок осадочных марок относительно реперов. При нивелировании места установки прибора закрепляют штырями в грунте или гвоздями в асфальте. При повторном нивелировании прибор устанавливают над этими же знаками.

При окончании нивелирования приступают к камеральной обработке. Определяют превышения между связующими марками на всех станциях хода. По сумме превышений вычисляют невязку всего нивелирного хо-

да и сравнивают её с допустимой. После распределения невязки по исправленным превышениям вычисляют отметки связующих осадочных марок. Отметки промежуточных марок вычисляют через горизонт прибора соответствующей станции. Отметки осадочных марок данного цикла измерения выписывают в специальную ведомость осадок и в ней же вычисляют величину осадки каждой марки по формуле

$$S_i = H_0 - H_i,$$

где  $H_0$  – отметка марки в нулевом цикле измерения;  $H_i$  – отметка марки в  $i$ -том цикле измерения.

Для наглядного отображения процесса осадки здания или сооружения работу завершают составлением эпюр или графика осадок (рис. 3.2.1).

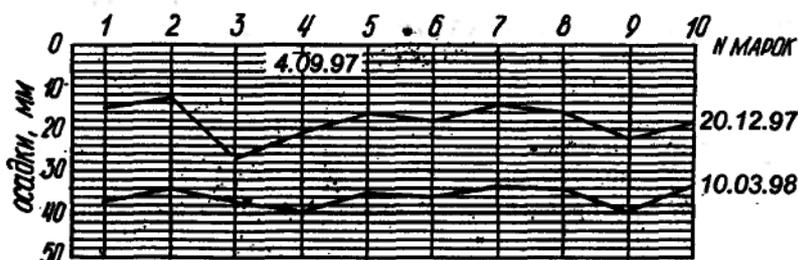


Рис. 3.2.2. График осадки фундаментов

По вычисленным осадкам определяют основные характеристики деформации зданий и сооружений.

Среднюю осадку здания или сооружения вычисляют по формуле

$$S_{cp.} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n}.$$

Относительное значение прогиба (выгиба) вытянутого отрезка фундамента находят по формуле

$$f = \left[ (S_2 - S_1) - \frac{l}{L}(S_3 - S_1) \right], \quad (3.2.1)$$

где  $S_1, S_3$  – осадки крайних марок, расположенных на прямой линии, мм;

$S_2$  – осадка промежуточной марки, мм;

$l, L$  – расстояния от первой крайней марки, соответственно, до промежуточной и второй крайней марок, мм.

Неравномерные осадки и деформации вызывают появление трещин в конструкциях. Для измерения трещин в строительстве пользуются различ-

ными приспособлениями и способами для фиксирования удлинения трещин, их глубины и ширины. Наиболее распространено наблюдение за трещинами с помощью маяков различных конструкций, чаще в виде плиток из гипса, алебастра или цемента, которые закрепляют поперек трещин.

### **Наблюдения за горизонтальными смещениями зданий и сооружений**

При организации наблюдения за горизонтальными смещениями закрепляют опорные пункты, наблюдательные столбы и деформационные марки.

Опорные пункты размещают за пределами подвижек грунта. По конструкции и закладке они идентичны фундаментальным реперам.

Наблюдения за смещениями, так же, как и за осадками, выполняют циклами. В период строительства первый цикл проводят до воздействия на здание или сооружение горизонтальных сил. Последующие циклы осуществляют по программе наблюдений, а в период эксплуатации зданий или сооружений – не менее двух раз в год (весной и осенью).

Горизонтальные смещения чаще всего определяют следующими геодезическими методами:

- *створным,*
- *тригонометрическим,*
- *триангуляции,*
- *засечек,*
- *комбинированным.*

**1. Створный метод.** Створным методом определяют смещение прямолинейных контуров зданий и сооружений – ряда фундаментов или колонн зданий, плотин и тому подобного, а также смещение оползневых пород, то есть в тех случаях, когда наблюдаемые точки можно закрепить на одной линии створа. Сущность створного метода заключается в измерении величин  $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$  (рис. 3.2.3), представляющих собой отклонения наблюдаемых точек 1, 2, 3 от створа опорных знаков  $A$  и  $B$ . Отклонения часто определяют по рейке с миллиметровыми делениями, поставленной перпендикулярно к створу  $AB$ . При этом над опорным пунктом  $A$  (рис. 3.2.3 *a*) устанавливают теодолит и наводят крест сетки нитей на визирную цель марки над опорным пунктом  $B$ . Берут отсчеты  $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$  при двух положениях круга теодолита по измерительной рейке, приставленной пяткой к наблюдаемой точке. По полученным отсчетам определяют средние значения и записывают их в ведомость смещений. После дальнейших аналогичных измерений вычисляют величину смещения как разность отсчетов по

рейке в начальном и наблюдаемом периодах времени. Очевидно, что метод очень схож с боковым нивелированием.

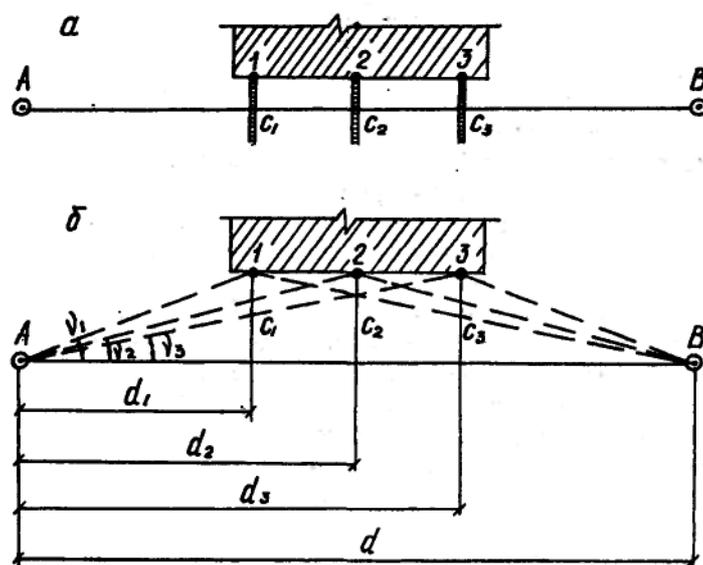


Рис. 3.2.3. Схема наблюдения за смещениями створным методом: а – с помощью измерительной рейки; б – путём измерения малых углов

Наблюдения створным методом отличаются удобством, простотой, производительностью и достаточной точностью результатов измерений. Этому методу присущи недостатки в том, что смещения определяются только в одном направлении (по оси  $X$ ), перпендикулярном к створу  $AB$ , а близкое к наблюдаемым точкам расположение опорных пунктов не дает полной уверенности в их неподвижности, а значит, и надежности результатов измерений.

**2. Тригонометрический метод.** Иногда отклонение  $C_i$  определяют путем измерений малых углов  $v_i$  и расстояния  $d_i$  (рис. 3.2.3 б) по формуле

$$C_i = d_i \cdot \operatorname{tg}(v_i) \approx d_i \frac{v_i''}{\rho''}. \quad (3.2.2)$$

При измерении малых углов  $v_i$  в контрольных точках устанавливают неподвижную марку. Измерения углов, близких к  $180^\circ$ , выполняют оптическими теодолитами Т1, Т2 и др. Надежность определений в последнем случае зависит от точности измерения малого параллактического угла  $v_i$ , а расстояние  $d_i$  может быть измерено нитяным дальномером. При расчете необходимой точности измерения параллактического угла  $v_i$  нужно учитывать, что ошибка в  $1''$  вызывает ошибку в величине поперечного смещения (0,5 мм на каждые 100 м расстояния).

**3. Метод триангуляции.** При большом уклонении наблюдаемых точек от створа, больших разностях их высот или при расположении точек в различных местах сооружения горизонтальные смещения определяют методами триангуляции и направлений, а также комбинированным методом (рис. 3.2.4).

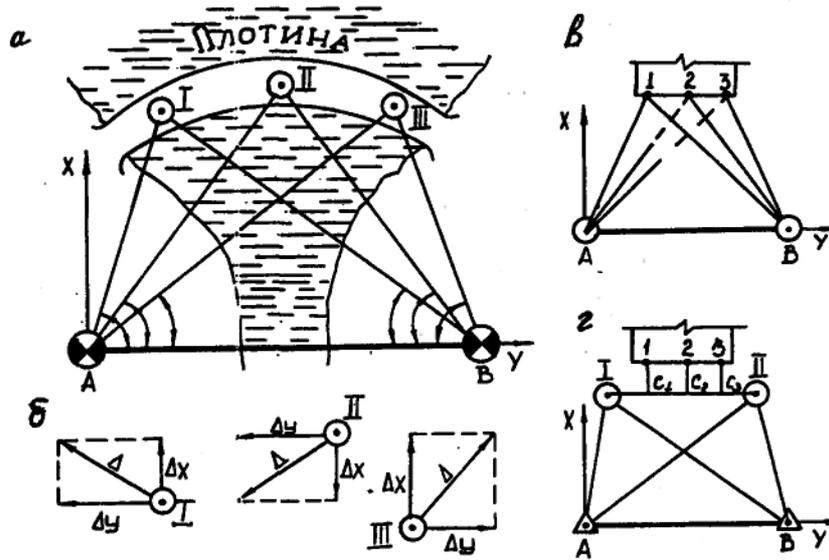


Рис. 3.2.4. Схема наблюдений за горизонтальными смещениями: а – метод триангуляции; б – схема смещения наблюдательных столбов; в – метод отдельных направлений; г – комбинированный метод

В каждом цикле наблюдений относительно опорных пунктов  $A$  и  $B$  методом триангуляции (рис. 3.2.4 а) определяют координаты наблюдательных столбов I, II, III, закрепленных на сооружении (например плотине). По разности координат вычисляют горизонтальное смещение столбов I, II, III по направлениям осей  $X$  и  $Y$ . Длину базиса  $AB$  измеряют с высокой точностью (например светодальномером). Величину общего смещения вычисляют как диагональ прямоугольника (рис. 3.2.4 б) со сторонами  $\Delta X$  и  $\Delta Y$ , то есть

$$\Delta = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}.$$

При наблюдениях за смещением наблюдаемых точек методом отдельных направлений (рис. 3.2.4 в) выполняют повторные измерения горизонтальных углов в опорных пунктах  $A$  и  $B$ , а координаты точек 1, 2 и 3 вычисляют угловыми засечками.

Метод отдельных направлений применяют в тех случаях, когда на здании или сооружении невозможно закрепить створ. Этот метод не такой

точный, как метод триангуляции, но он менее трудоёмок. Оба метода позволяют определять смещения точек по осям  $X$  и  $Y$  с высокой достоверностью, но по сравнению с методом створов они отличаются большим объемом измерений и их обработкой. В последнее время получили широкое распространение в связи с бурным развитием измерительной и вычислительной техники.

**5. Комбинированный метод.** Если концевые точки створа включают в триангуляционную сеть, то применяют комбинированный метод наблюдения за смещениями (рис. 3.2.4 *з*). Этот метод совмещает в себе надежность метода триангуляции и простоту створного метода. Каждый цикл створных наблюдений сопровождается определением координат концевых точек вспомогательного створа I-II и измерением отклонения  $C_1$ ,  $C_1$  и  $C_3$  от него наблюдаемых точек 1, 2 и 3.

Если смещения концевых точек створа по оси  $X$  не превышают погрешностей определения координат в триангуляции, то смещения наблюдаемых точек находят створным методом по формуле (3.2.2). В противном случае в результаты измерения отклонений наблюдаемых точек от створа вводят поправки.

При комбинированном методе наблюдений в сравнении с методом триангуляции уменьшается объем измерений, в сравнении со створным методом – выше достоверность результатов измерений за счет определения возможных смещений концевых точек вспомогательного створа.

### **Измерение кренов зданий и сооружений**

Крен зданий и сооружений измеряют несколькими способами:

- вертикального проецирования с использованием отвеса, теодолита или прибора оптического вертикального визирования;
- горизонтальных углов,
- угловых засечек.

**1. Измерения крена способом вертикального проецирования.** Общая схема измерения крена (отклонения) способом вертикального проецирования состоит в перенесении по ответной линии верхней точки  $B$  здания (рис. 3.2.5 *а*) на исходную горизонтальную плоскость. Отклонение точки  $B'$  от исходной точки  $A$  здания характеризует линейную  $l$  и угловую  $\alpha$  величины крена.

Самым простым способом проецирования является использование тяжёлого отвеса. Его закрепляют в точке  $B$ , а отклонения нити отвеса от исходной точки  $A$  здания измеряют миллиметровой линейкой в двух вза-

имно перпендикулярных плоскостях здания и вычисляют общую линейную величину крена по формуле

$$l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} . \quad (3.2.3)$$

Относительную величину крена вычисляют по формуле

$$i = \frac{l}{h} , \quad (3.2.4)$$

где  $h$  – высота здания, м.

Угловую величину крена  $\alpha$ , которая определяет его направление, вычисляют по формуле

$$\alpha = \arctg\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right) . \quad (3.2.5)$$

В связи с неудобствами, связанными с закреплением отвеса в верхних точках, а также влиянием действия ветра на величину отклонения нити отвеса от вертикали его используют при высоте зданий и сооружений до 15 м.

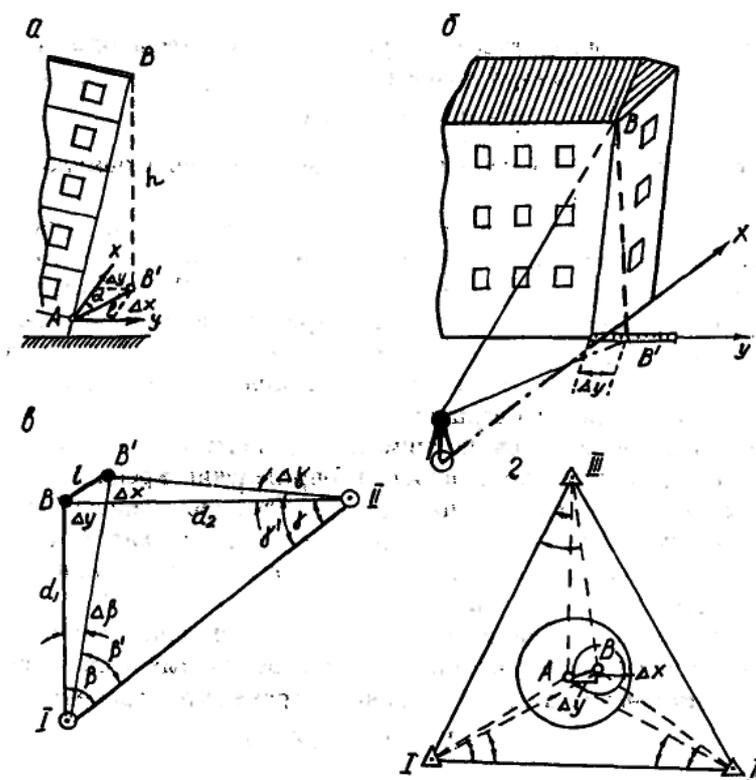


Рис. 3.2.5. Схема измерения кренов зданий и сооружений:  
 а – общий случай способа вертикального проецирования; б – с помощью теодолита;  
 в – способом горизонтальных углов; г – способом угловых засечек

При большей высоте, а также для повышения точности измерения крена вертикальное проецирование верхних точек выполняют с помощью теодолита. Его устанавливают над постоянным знаком на продолжении стены здания примерно на расстоянии двойной его высоты. Выбирают в верхней части стены хорошо различаемую точку  $B$  (рис. 3.2.5 б), наводят на неё зрительную трубу, которую затем опускают вниз. По вертикальной нити зрительной трубы на миллиметровой линейке берут отсчет, измеряя тем самым отклонение точки  $B'$  от исходной точки  $A$  на величину  $\Delta Y$ . Аналогично измеряют отклонение  $\Delta X$  в другой вертикальной плоскости и вычисляют общую линейную  $l$  и угловую  $\alpha$  величины крена по формулам (3.2.3) и (3.2.5).

Наблюдения за изменениями величины крена и его направлением выполняют периодическими измерениями с одних и тех же постоянных знаков.

При измерении кренов зданий и сооружений высотой до 100 м используют приборы оптического вертикального визирования, которые позволяют определять составляющие крена с точностью до 1 мм.

**2. Измерение кренов способом горизонтальных углов.** При измерении кренов способом горизонтальных углов (рис. 3.2.5 в) с закрепленных постоянных знаков линии I-II высокоточным теодолитом периодически измеряют горизонтальные углы  $\beta$  и  $\gamma$  между опорными направлениями I-II, II-I (или другими постоянными точками на местности) и направлениями на наблюдаемую верхнюю точку здания  $B$ . По разности углов  $\beta$  и  $\gamma$  между циклами измерений вычисляют составляющие крена  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  по формулам:

$$\begin{cases} \Delta X = \frac{d_1 \cdot \Delta\beta''}{\rho''} \\ \Delta Y = \frac{d_2 \cdot \Delta\gamma''}{\rho''} \end{cases}, \quad (3.2.6)$$

где  $d_1$  и  $d_2$  – горизонтальные проложения от теодолита до наблюдаемой точки  $B$ ;

$$\Delta\beta = \beta - \beta'; \quad \Delta\gamma = \gamma - \gamma'.$$

Общий крен и его направление вычисляют по формулам (3.2.3) и (3.2.5).

**3. Измерение крена способом угловых засечек.** При измерении крена способом угловых засечек (рис. 3.2.5 г) вокруг сооружения на расстоянии не менее одной и не более двух его высот закрепляют опорные пункты I, II и III, прокладывают полигонометрический ход и методом триангуляции вычисляют их координаты. С этих пунктов прямой угловой за-

сечкой определяют координаты точек  $A$  и  $B$  по оси сооружения у его основания и на вершине (или только на вершине).

При измерении углов принимают во внимание, что ошибка в одну секунду создает погрешность в определении крена до 0,5 мм на каждые 100 м расстояния. Для определения направления на наблюдаемую точку около измеренных углов ставят букву "Л" или "П", обозначающую расположение точки  $A$  слева или справа относительно створа со станции на точку  $B$ .

По разности координат точек  $A$  и  $B$  (или одной точки  $B$ ) в начальном и последующих циклах наблюдений вычисляют составляющие отклонения  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  за данный промежуток времени:

$$\Delta X = X_i - X_0; \quad \Delta Y = Y_i - Y_0.$$

Общие величины крена: линейную  $l$  и угловую  $\alpha$  – вычисляют по формулам (3.2.3) и (3.2.5).

Способ угловой засечки в основном применяют при определении кренов сооружений башенного типа (дымовых труб, силосных башен, мачт и других вертикальных линий).

При наблюдениях за кренами зданий и сооружений предельная погрешность измерений составляет: для стен гражданских и промышленных зданий –  $0,0001H$ ; для дымовых труб, башен, мачт –  $0,0005H$ , где  $H$  – высота здания или сооружения.

## Вопросы для самоконтроля

1. Общие сведения о деформациях.
2. Происхождение деформаций.
3. Основные характеристики деформаций.
4. Состав процесса наблюдения за деформациями.
5. Методы измерения деформаций.
6. Этапы наблюдений за деформациями.
7. Опорные знаки и контрольные марки для наблюдений за деформациями.
8. Периодичность и точность измерения деформаций.
9. Геодезические методы измерения осадок.
10. Измерение осадки методом геометрического нивелирования.
11. Наблюдения за горизонтальными смещениями зданий и сооружений.
12. Измерение кренов зданий и сооружений.

### 3.3. Оценка эксплуатационной надежности объектов

1. Состав и содержание геодезических работ при оценке надежности.
2. Плановая съёмка элементов.
3. Высотная съёмка элементов.
4. Определение элементов эксплуатационной надежности на основе кренов.

Оценка эксплуатационной надежности зданий и сооружений проводится после окончания строительства в процессе эксплуатации объектов по мере необходимости или по требованию заказчика. Проводится геодезическими методами на основе плановой и высотной съёмки элементов зданий и сооружений. По результатам работ делается вывод о текущем соответствии геометрических параметров обследуемого объекта по отношению к проектным.

#### 3.3.1. Состав и содержание геодезических работ при оценке надежности

При оценке эксплуатационных качеств зданий и сооружений проводят техническое обследование, во время которого выполняют геодезические работы по установлению геометрических параметров зданий, сооружений и их основных отдельных конструктивных элементов. На производство этого вида работ в обязательном порядке составляется техническое задание с описанием целей, методов и средств обследования. Очевидно, что геодезическое обеспечение является составной частью работ по инженерной оценке сооружения с точки зрения изменения их геометрии.

Комплекс работ, выявляющий *текущее состояние* зданий и сооружений на основе геодезических и негеодезических методов называют *оценкой эксплуатационной надежности*.

Геодезические методы позволяют отследить изменение геометрических параметров объектов, а негеодезические – связать их с напряжением в конструкциях.

Оценка эксплуатационной надежности отличается от наблюдений за деформациями отсутствием цикличности наблюдений, отсутствием прогноза и в меньшей мере методиками.

## **Виды геодезических работ**

В зависимости от состава задания на техническое обследование зданий и сооружений выполняют следующие основные виды геодезических работ:

- определение планового и высотного положений, а также геометрических параметров основных несущих конструктивных элементов зданий;
- определение вертикальности стен и колонн;
- выявление прогибов несущих конструкций (ферм, балок и т. п.);
- установление отклонения от прямолинейности и вертикальности конструкций;
- определение кренов зданий, дымовых труб и других высотных сооружений башенного типа;

Исходной документацией, используемой при техническом обследовании зданий и сооружений, являются рабочие чертежи, планы фундаментов, поэтажные планы и разрезы, профили, планы разбивочных осей, схема внешней разбивочной сети, ведомости координат и высот осевых знаков, пунктов разбивочной сети, материалы исполнительных съемок с указанием отступлений от проектных размеров.

При обследовании сложных и крупных объектов на основании технического задания разрабатывают ППГР, который согласовывают с представителем заказчика. Для осуществления геодезических работ в ППГР предусматриваются определенные методы и способы, а также точность измерения, перечень геодезических приборов и специальных приспособлений.

Например, для определения положения в плане и по высоте отдельных конструктивных элементов выбирают методы измерения нивелированием: геометрическим, гидростатическим или тригонометрическим. При створных измерениях используют струнные или оптические приборы.

Геодезические работы выполняют в соответствии с действующими нормативными документами и инструкциями по системе обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. По результатам геодезических измерений техническая экспертиза выдает заключение о физическом и моральном износе здания, целесообразности его дальнейшего использования, а также принимает решение о его капитальном ремонте, реконструкции или сносе.

Определение геометрических параметров основных несущих конструктивных элементов зданий и сооружений в основном выполняют геодезическими обмерами.

## **Способы геодезического обмера зданий**

В зависимости от конфигурации и высоты здания, а также от выполнения условий измерения отдельных его элементов на практике используют различные способы геодезического обмера.

При обмере простого по архитектурной форме и невысокого здания осложнений в процессе доступного измерения не возникает. Обмер выполняют 20 – 50-метровой рулеткой с натяжением её вдоль цокольной части здания. В характерных точках здания, расположенных на различной высоте, подвешивают отвес, с помощью которого по шкале рулетки отсчитывают расстояния от угла здания до каждой точки. Для высотных промеров используют лестницы стремянки или к деревянному щиту прикрепляют рулетку так, чтобы её нуль совпадал с концом щита.

При обмере высокого здания и отдельных его элементов, недоступных для измерения, используют теодолит и рулетку. В этом случае обмер выполняют двумя способами: с перпендикулярного (рис. 3.3.1 а) или параллельного базиса (рис. 3.3.1 б).

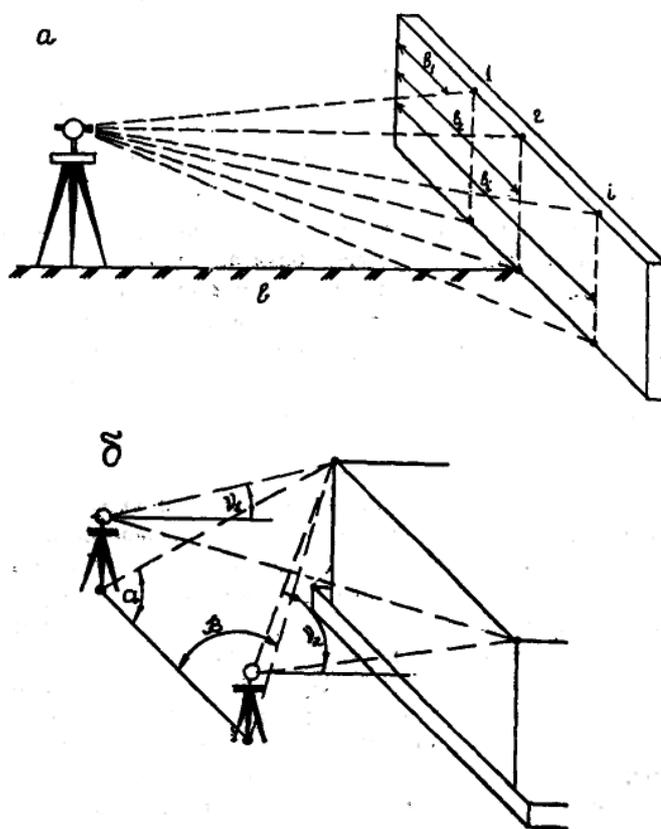


Рис. 3.3.1. Схема обмера здания с помощью теодолита:  
а – с перпендикулярного базиса; б – с параллельного базиса

**1. Обмеры с перпендикулярного базиса.** Если наблюдаемые точки здания лежат в плоскости стены, то обмер лучше выполнять с перпендикулярного базиса. В этом случае теодолит устанавливают вдоль главной оси здания или перпендикуляра к стене на расстоянии, равном полторы-две высоты здания. Вдоль цокольной части здания натягивают рулетку и при

двух положениях круга теодолита проецируют на неё характерные точки здания. Одновременно берут по вертикальному кругу отсчеты на верхние точки и на их проекции на рулетке и вычисляют углы наклона  $+v$  и  $-v$ . По отстоянию теодолита от стены и боковым промерам  $b$  определяют горизонтальные проложения  $l$  от теодолита до наблюдаемых точек. Превышения точек над горизонтом прибора вычисляют по формуле

$$H = l \cdot \operatorname{tg}(v)$$

Высоты точек над цоколем получают сложением положительных и отрицательных превышений.

**2. Обмеры с параллельного базиса.** Если наблюдаемые точки не лежат в плоскости стены, что не позволяет определить расстояние от них до теодолита при способе обмера с перпендикулярного базиса, то обмер здания выполняют способом угловых засечек с точек базиса, закрепленного параллельно стене здания на расстоянии в полторы-две его высоты. С точек базиса теодолитом измеряют полным приемом углы засечек  $\alpha$  и  $\beta$  на наблюдаемые точки здания, а также их углы наклона  $v$ . Решая прямую угловую засечку, вычисляют горизонтальные расстояния от теодолита до наблюдаемых точек, по которым получают превышения. Аналогично определяют высоту любого здания, недоступного для непосредственного измерения.

**3. Обмеры методами стереофотограмметрии.** При больших объемах обмера зданий наиболее точным и производительным является обмер методом *стереофотограмметрии*, когда в результате фотосъемки фиксируют один и тот же объект с концов известного базиса и получают два фотоснимка (*стереопары*), при рассмотрении которых через специальные приборы изображение здания воспринимается как пространственная трехмерная уменьшенная модель. Используя стереоэффект, с помощью специальных приборов (*стереографа*, *стереокомпаратора* и т. п.) на снимке определяют координаты наблюдаемых точек здания, а по ним выполняют необходимые вычисления. Этот метод применяют для определения положения точек, расположенных в одной плоскости, параллельно которой устанавливают плоскость снимка.

Во всех случаях перед измерением составляют схематический чертеж здания, на котором обозначают все наблюдаемые точки с результатами их обмера.

Еще одна группа геодезических методов связана с определением вертикальности (прямолинейности) конструкций или элементов объектов.

## Способы измерения вертикальности стен

Необходимость измерения отклонения стен зданий или сооружений от вертикали возникает при решении вопроса о возможности их дальнейшей эксплуатации, а также с целью предупреждения аварии по причине деформации стен. Наиболее простым методом определения вертикальности стен являются измерения с использованием отвеса.

**1. Обследование вертикальности с использованием отвеса.** Наиболее простой способ определения вертикальности, при котором измеряют расстояния от стены здания до нити, тяжелого отвеса или рулетки с грузом, подвешиваемых к консоли, закрепленной к верхней части стены или крыше. Расстояние измеряют линейкой с миллиметровыми делениями на определенной высоте. Аналогичные измерения повторяют в нескольких заранее намеченных местах стены: разрезах между оконными проемами жилых зданий, между точками опор, в середине несущих строительных конструкций промышленных зданий. Наличие отклонения плоскости стены от вертикали определяют разностью между расстояниями, измеренными у её основания и в верхних точках.

**2. Обследование вертикальности с использованием бокового нивелирования.** Более точное (в сравнении с использованием нитяного отвеса) измерение вертикальности стен выполняют с помощью теодолита способом бокового нивелирования. В этом случае на одинаковом расстоянии от плоскости стены, обеспечивающем её видимость, в противоположных концах закрепляют две точки. В одной из них устанавливают теодолит, а в другой – визирную марку, на которую наводят коллимационную плоскость теодолита параллельно плоскости стены. Прикладывая к стене пятку рейки или линейки, отсчитывают расстояние до визирной линии теодолита при КП и КЛ. Среднее из полученных измерений в каждой точке принимают за окончательный результат. При необходимости, измерения по всем разрезам стены выполняют и с противоположной точки, меняя местами теодолит и визирную марку. На рис. 3.3.2 представлена схема съёмки стены способом бокового нивелирования с использованием двух реек. В этом случае теодолит устанавливают на произвольном расстоянии от стены в точке  $A$  (в пределах длины обычной нивелирной рейки). К рискам  $m_1$  и  $m_2$ , закрепляющим продольную ось  $A$ , прикладывают две нивелирные рейки так, чтобы они одновременно находились в горизонтальном положении и были перпендикулярны оси  $A'-A''$ . Зрительную трубу теодо-

лита вращают в горизонтальной плоскости до тех пор, пока по вертикальной нити сетки будут произведены по обеим рейкам одинаковые отсчеты. Отсчеты  $a_1$  и  $a_2$  должны быть наименьшими. Отсчеты по обеим рейкам могут быть одинаковыми во всех случаях одинаковых отклонений реек от перпендикуляров ( $a_3 = a_4$ ), но только при условии минимальности отсчетов будет получено расстояние от базиса  $T_1-T_2$  до оси стены  $A'-A''$ . Сделав отсчет  $a_{1min} = a_{2min}$ , записывают его в абрис, теодолит закрепляют по азимуту. Рейки переносят к снимаемым точкам  $m_3$  и  $m_4$  и отсчеты по ним  $b_{1min}, b_{2min}, \dots$ , также записывают в абрис. Для привязки снимаемых точек к размерам оси стены  $A'-A''$  отсчеты  $v_1, v_2, \dots$  вычитают из размера  $a_1 = a_2$ . Промерами рулеткой вдоль стены привязывают точки  $m_3$  и  $m_4$  к поперечной оси  $B'-B''$ .

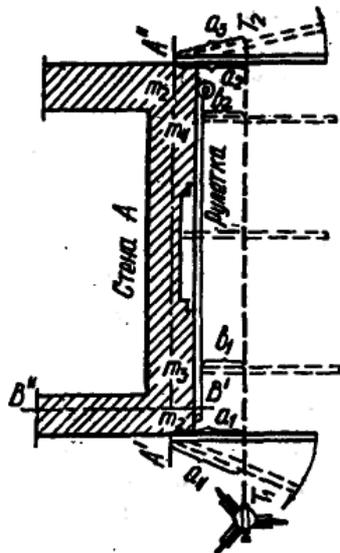


Рис. 3.3.2. Съёмка стены по способу двух реек

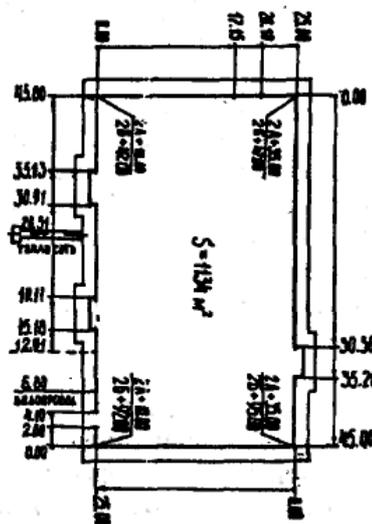


Рис. 3.3.3. Обмерочный чертеж здания

**3. Исполнительная съёмка работ.** Одновременно с измерениями вертикальности стены составляют её исполнительную схему, на которую наносят определяемые точки и отклонения в них стены от вертикали. По результатам измерений строят топографический план стены в линиях равных отклонений. Кроме этого, выполняют линейные измерения по периметру здания, по результатам которых оформляют обмерочный чертеж (рис. 3.3.3).

Во всех вышеуказанных способах наиболее трудоёмкая работа состоит в перемещении рейки на верхних этажах. Для этого используют шесты, лестницы-стремянки, монтажные люльки, оконные проемы и т.п.

### 3.3.2. Плановая съёмка элементов

Еще одной группой методов по определению эксплуатационной надежности зданий и сооружений является плановая съёмка их несущих конструктивных элементов. Очевидно, что через них передается на фундамент вся нагрузка от массы здания и оборудования, и соответствие геометрических параметров элементов проектным значениям во многом определяет прочность, долговечность, эксплуатационные качества здания и его оборудования в целом.

**Состав работ при плановой съёмке.** Состав работ при плановой съёмке каркаса здания определяется *техническим заданием* на проведение этих работ, в зависимости от которого, а также от конкретных условий, выбирают и способ съёмки.

На первом этапе плановой съёмки каркаса здания строят внутренние съёмочные сети, схемы построения которых выбирают в зависимости от геометрической формы здания, коэффициента занятости, конкретных условий. Второй этап – собственно съёмку каркаса, осуществляют известными способами съёмки ситуации.

Нетрадиционным, но распространенным способом съёмки является привязка осей и габаритов оборудования к осям колонн и другим конструктивным элементам.

**1. Съёмка методом привязки осей к осям.** Перед началом съёмки путем обмера устанавливают геометрические оси каждой колонны. Оси маркируют чертой на масляной краске. Отклонение осей в нижнем и верхнем их сечениях от продольной и поперечной осей здания определяют методом бокового нивелирования. Затем линейными промерами измеряют фактический шаг колонн и ширину пролета для каждой пары колонн. Линейными засечками с помощью стальной 20-метровой компарированной рулетки определяют расстояние от характерных точек оборудования до осей колонн с таким расчетом, чтобы для каждой определяемой точки было не менее трех промеров.

Для плановой съёмки каркаса здания строят внутренние съёмочные сети.

**2. Съёмочная сеть на основе прямолинейного базиса.** При наличии в районе съёмки достаточно широкого прохода её выполняют на основе прямолинейного (створного) или ломаного базиса (рис. 3.3.4 а).

Для этого в начале и в конце прохода закрепляют две точки  $A$  и  $D$ , а при длине пролета более 100 м в условиях большой стесненности намечают дополнительные точки  $B$ ,  $C$  в створе  $AD$ . Точки базиса закрепляют знаками (металлическими штырями, трубками, стальными дюбелями и т. д.).

Расстояние между центрами измеряют стальной рулеткой или светодальномером с точностью 1:5000 – 1:10000.

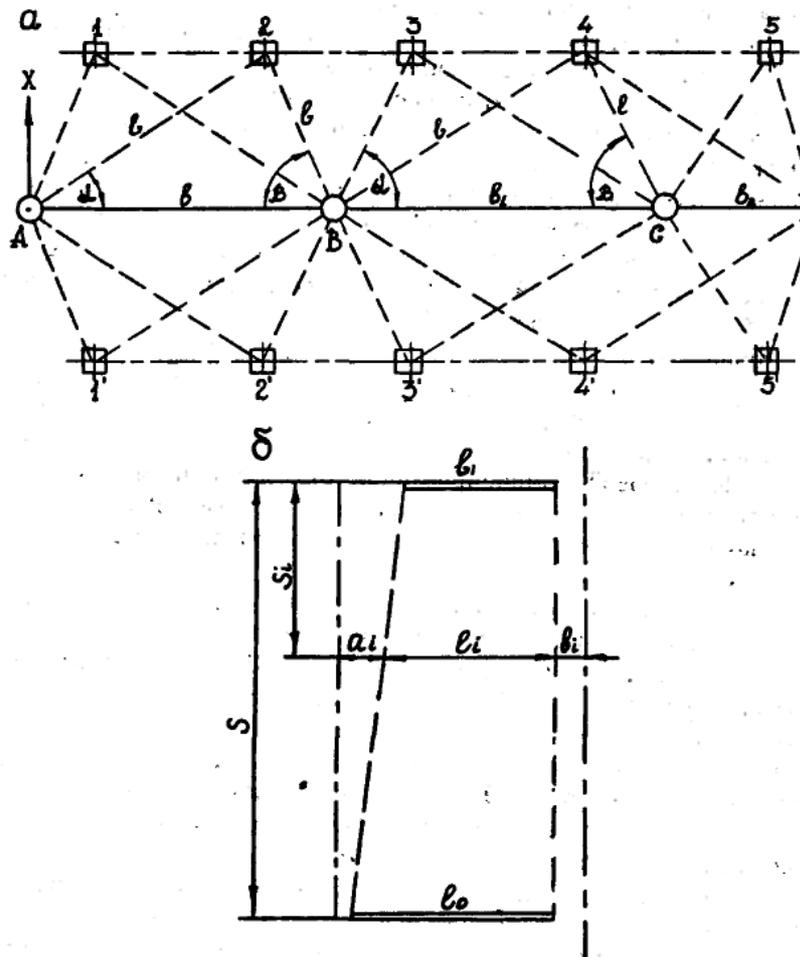


Рис. 3.3.4. Схемы съёмки внутренних сетей здания:  
 а – прямолинейный базис; б – створный четырехугольник

С закрепленных точек способом линейных или угловых засечек снимают маркированные точки (например, оси колонн). Характерные точки привязывают к осям колонн линейными засечками или створными промерами.

По результатам измерений решением угловых или линейных засечек вычисляют координаты маркированных точек в условной системе координат или в системе координат съемочной внешней сети. Для этого внутреннюю сеть здания привязывают к съемочной внешней сети проложением теодолитных или полигонометрических ходов.

**3. Съемочная сеть на основе створных четырехугольников.** Если площадь прохода закрыта, но существует видимость по всей длине (или части) прохода, то в качестве внутренней съемочной сети используют створный четырехугольник (рис. 3.3.4 б) или комбинацию четырехугольников.

С этой целью в начале и в конце прохода или в пределе видимости в проходе вдоль поперечных осей разбивают два, три и более базисов. Длины  $l_0$  и  $l_1$  базисов измеряют стальной компарированной рулеткой или светодальномером с точностью 1:10000. Точки базисов закрепляют осевыми знаками. Установив в одной точке базиса теодолит, а в противоположной по створу – визирную марку, ориентируют по створу коллимационную плоскость теодолита, от которой линейкой измеряют расстояние  $a_i$  до осей колонн. Таким же образом измеряют расстояние  $b_i$  от смежного створа на другом конце базиса до противоположного ряда колонн. Тогда межосевые размеры  $l_i$  для  $i$ -того ряда колонн можно вычислить по формуле

$$l_i = (l_0 - l_1) \cdot \frac{S_i}{S} + l_0 + a_i + b_i. \quad (3.3.1)$$

Расстояние  $S_i$  между поперечными разбивочными осями начального и  $i$ -того ряда колонн вдоль створов, а также длины  $S$  створов измеряют стальной рулеткой или дальномером с точностью 1:2000 – 1:5000. Вместо оптического створа можно использовать струнный.

### 3.3.3. Высотная съемка элементов

Высотная съемка выполняется для определения высотного (вертикального) положения конструктивных элементов зданий. Она осуществляется:

- непосредственными промерами,
- геометрическим или тригонометрическим нивелированием.

#### Высотная съемка на основе непосредственных промеров

В тех случаях, когда конструктивные элементы (например, колонны, точки стен, ригели) доступны для непосредственных измерений с пола, высотную съемку выполняют с помощью рулетки, измеряя вертикальное расстояние  $l$  от определяемой точки до линии горизонта нивелира, установленного на полу здания (рис. 3.3.5). Высоты точек  $H_i$  вычисляют по отметке горизонта прибора  $H_{ГП}$  и промерам  $l_i$  по формуле

$$H_i = H_{ГП} + l_i.$$

Здесь же может быть использован способ бокового нивелирования.

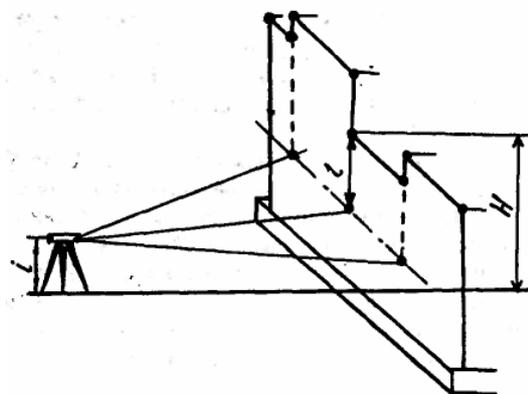


Рис. 3.3.5. Схема вертикальной съемки промерами с использованием нивелира

## Высотная съемка на основе тригонометрического нивелирования

Тригонометрическое нивелирование недоступных точек осуществляют в зависимости от конкретных условий одним из следующих способов.

**1. Возможно непосредственное определение расстояния.** Если имеется возможность определить расстояние до необходимой точки (например, грани колонны), то на удалении около полутора-двух высот конструкции устанавливают теодолит, которым измеряют с одной станции углы наклона  $\nu_1$  и  $\nu_2$  (рис. 3.3.6 а), а рулеткой – длину  $d$  от теодолита до точки или её проекции  $d_0$  на уровень пола. Высоту  $H$  вычисляют по формуле

$$H = d_0 \cdot (\operatorname{tg}(\nu_1) + \operatorname{tg}(\nu_2)).$$

Если измерить угол  $\nu_2$  невозможно, то определяют высоту прибора  $i$ , а высоту  $H$  вычисляют по формуле

$$H = d_0 \cdot \operatorname{tg}(\nu_1) + i.$$

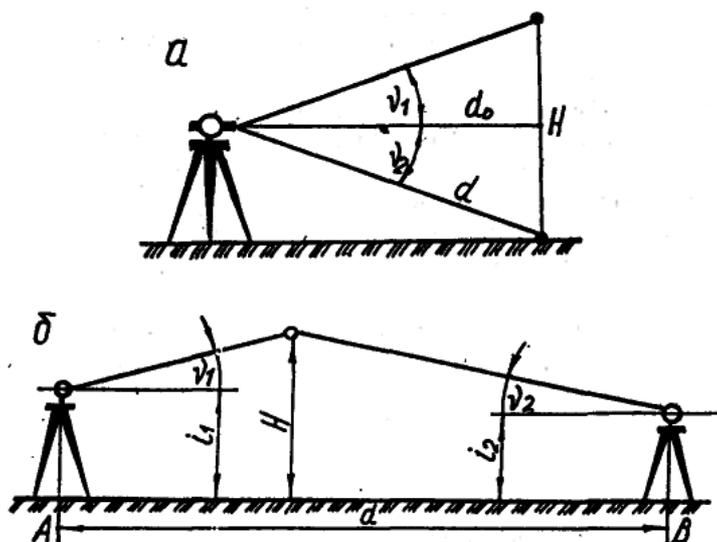


Рис. 3.3.6. Схемы тригонометрического нивелирования

**2. Невозможно непосредственное определение расстояния.** В тех случаях, когда расстояние до точки или её проекции непосредственно измерить невозможно, высоту  $H$  находят с двух станций (рис. 3.3.6 б). Для этого на полу здания по разные стороны от точки примерно на одинаковом отрезке закрепляют две точки  $A$  и  $B$ , между которыми с помощью рулетки измеряют расстояние  $d$ . Установив поочередно в каждой точке теодолит, измеряют углы наклона  $\nu_1$  и  $\nu_2$  на определяемую точку. По ре-

зультатам значений углов наклона, высот прибора  $i_1, i_2$  и расстояния между точками  $A$  и  $B$  вычисляют высоту по формуле

$$H = \frac{d \cdot \operatorname{tg}(v_1)\operatorname{tg}(v_2) + (i_2 - i_1) \cdot \operatorname{tg}(v_1)}{\operatorname{tg}(v_1) + \operatorname{tg}(v_2)} + i_1 =$$

$$= \frac{d \cdot \operatorname{tg}(v_1)\operatorname{tg}(v_2) + (i_1 + i_2) \cdot \operatorname{tg}(v_2)}{\operatorname{tg}(v_1) + \operatorname{tg}(v_2)} \quad (3.3.2)$$

Если нет возможности установить теодолит по разные стороны от точки, то её высоту определяют с параллельного базиса  $b$ , который разбивают на полу здания на расстоянии 1,5 высоты точки (см. рис. 3.3.1 б). Установив теодолит в точках базиса, измеряют углы наклона  $v_1$  и  $v'_1, v_2$  и  $v'_2$  а также горизонтальные углы  $\alpha$  и  $\beta$ . По измеренным углам  $\alpha$  и  $\beta$  и длине базиса вычисляют горизонтальные расстояния  $d_1$  и  $d_2$  от теодолита до точки, а затем высоту точки  $H$  по формуле

$$H = d_1 \cdot (\operatorname{tg}(v_1) + \operatorname{tg}(v'_1)) = d_2 \cdot (\operatorname{tg}(v_2) + \operatorname{tg}(v'_2)). \quad (3.3.3)$$

**3. Определение высоты с использованием светодальномера.** Высоту точки  $H$  также получают тригонометрическим нивелированием с использованием светодальномера. Для этого в определяемых верхней и нижней точках устанавливают отражатели и светодальномером измеряют наклонные расстояния  $D_1$  и  $D_2$ , а теодолитом – углы наклона  $v_1$  и  $v_2$ . Тогда высоту точки  $H$  получают по формуле

$$H = \sqrt{D_1^2 + D_2^2 - 2D_1D_2 \cdot \cos(\Delta v)},$$

где  $\Delta v$  – разность отсчетов по вертикальному кругу, то есть  $\Delta v = v_1 + v_2$  (углы наклона измеряют не менее трех раз).

### 3.3.4. Определение элементов эксплуатационной надежности на основе кренов

Существует большое количество элементов, характеризующих эксплуатационную надежность инженерных объектов, а также методов их определения. В процессе исследований была сделана попытка выделить один элемент, на основе которого можно получить наибольшее количество других характеристик. Таким элементом оказался элементарный (осевой) *крен*. На его основе достаточно просто получить характеристики неравномерного сдвига, кручения, скручивания и растяжения-сжатия (*дилатации*), являющихся основными при оценке эксплуатационной надежности зданий и сооружений.

Согласно Ю.И. Пимшину можно выделить две группы методов определения кренов: *референтный* и *координатный*.

При референтном подходе, на основе реализованной физически референтной линии (плоскости) производят непосредственное получение значений кренов. В качестве референтной линии может быть натянутая струна, визирный луч прибора, луч лазера и т. п. На этой основе работают все методы вертикального и горизонтального проектирования, боковое нивелирование и др.

Для реализации координатных методов необходим прибор, быстро и точно определяющий координаты любой точки конструкции. Это может быть безотражательный электронный тахеометр, лазерная сканирующая система и т. п. Имея трехмерные координаты точек, крены по осям вычисляют как разность соответствующих координат между вершиной и основанием. При этом целесообразно перейти к системе координат сооружения, приняв за начало нижний левый угол. Напомним, что крены по ребрам обычно вычисляют относительно нижнего основания ребра.

**1. Определение основных сдвиговых характеристик.** На основе кренов по осям для  $i$ -того ребра  $q_{X_i}$  и  $q_{Y_i}$  находят общие абсолютные крены ребер  $Q_i$  и их направления  $\alpha_i$ , общие абсолютные крены ребер по осям  $q_{X_{общ.}}$  и  $q_{Y_{общ.}}$ , общий абсолютный крен сооружения  $Q_{общ.}$  и его направление  $\alpha_{общ.}$ , а также общие относительные  $i_i$  крены по ребрам:

$$\left. \begin{aligned} Q_i &= \sqrt{q_{X_i}^2 + q_{Y_i}^2} \\ \alpha_i &= \arctan\left(\frac{q_{Y_i}}{q_{X_i}}\right) \end{aligned} \right\}, \quad (3.3.4)$$

$$\left. \begin{aligned} q_{X_{общ.}} &= \frac{\sum_{i=1}^n q_{X_i}}{n} \\ q_{Y_{общ.}} &= \frac{\sum_{i=1}^n q_{Y_i}}{n} \\ Q_{общ.} &= \sqrt{q_{X_{общ.}}^2 + q_{Y_{общ.}}^2} \\ \alpha_{общ.} &= \arctan\left(\frac{q_{Y_{общ.}}}{q_{X_{общ.}}}\right) \end{aligned} \right\}, \quad (3.3.5)$$

$$i_i = \frac{Q_i}{H_i}. \quad (3.3.6)$$

где  $H_i$  – высота  $i$ -того ребра.

Для полноты картины можно найти также средние крены и их направления по ребрам, образующим грань. Результаты вычислений целесообразно свести в таблицу. В качестве допустимых значений, согласно требованиям инструкции, для кренов кирпичных и панельных сооружений принимается величина равная 0,005.

**2. Определение элементов скручивания объекта.** Элементы скручивания граней и всего сооружения в целом также могут быть вычислены через осевые крены в виде угла скручивания грани  $\varphi_{ij}$  в горизонтальной плоскости, образованной 2 ребрами с  $i$  и  $j$  точками в основании.

Например, (см. рис 3.3.7), вертикальные ребра 1-5 и 4-8 образуют грань 1-5-8-4. Угол скручивания этой грани в горизонтальной плоскости есть угол между гранью 1-4 и проекцией на неё грани 5-8.

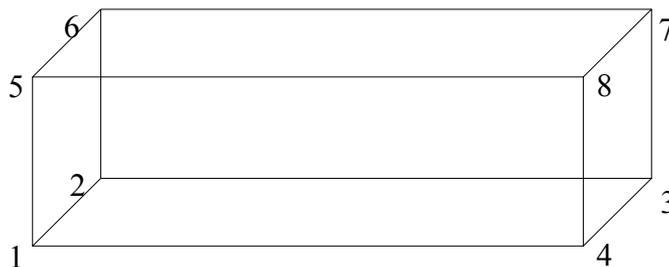


Рис. 3.3.7. Грани сооружения

Для этого надо воспользоваться четырьмя значениями кренов по двум соответствующим ребрам. При этом (рис. 3.3.8) могут возникнуть два случая:

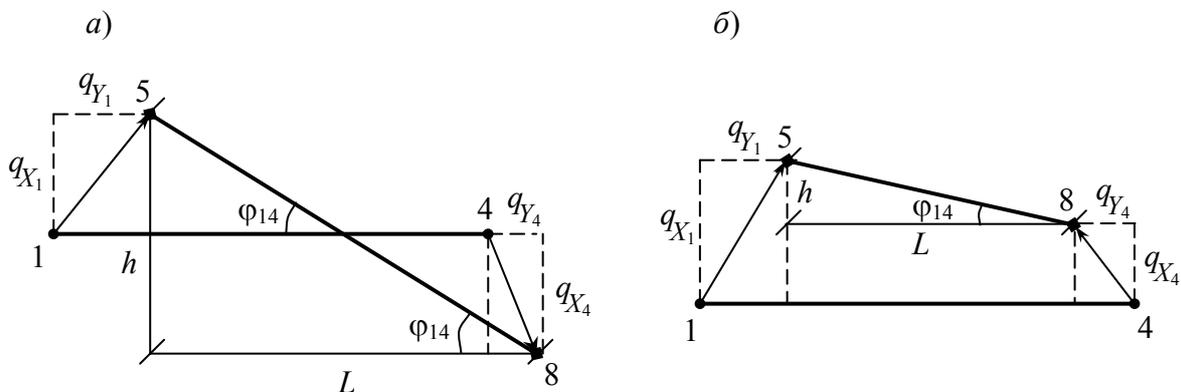


Рис. 3.3.8. Схемы вычисления углов скручивания граней

В первом случае (рис. 3.3.8 *a*) нижнее ребро 1-4 и верхнее 5-8 пересекаются, образуя искомым угол скручивания  $\varphi_{14}$ . Во втором случае в пределах грани ребра не пересекаются. В обоих случаях угол скручивания может быть вычислен по формуле

$$\varphi_{ij} = \arctan\left(\frac{h}{L}\right). \quad (3.3.7)$$

При этом величина  $h$  для первого случая есть сумма элементарных кренов  $q_{X_1}$  и  $q_{X_4}$  (их знаки разные), а для второго – их разность (знаки кренов одинаковые). Величина  $L$  – искажение длины горизонтального ребра 1-4 величинами кренов по оси  $Y$ .

Для первого случая (в принятой выше системе координат сооружения)

$$S_{14} = Y_4 - Y_1; \quad L = S_{14} - q_{Y_1} + q_{Y_4}.$$

Во втором случае, при том же значении длины ребра

$$S_{14} = Y_4 - Y_1; \quad L = S_{14} - q_{Y_1} - q_{Y_4}.$$

Среднее значение из углов скручивания плоскостей дает средний угол скручивания  $\psi$  сооружения.

По углам  $\varphi_{ij}$  также вычисляют углы взаимного кручения сооружения  $\Delta\varphi^{(k)}$  как разность углов скручивания противоположащих плоскостей (рис. 3.3.9):

$$\left. \begin{aligned} \Delta\varphi^{(1)} &= \varphi_{12} - \varphi_{34} \\ \Delta\varphi^{(2)} &= \varphi_{41} - \varphi_{23} \end{aligned} \right\} \quad (3.3.8)$$

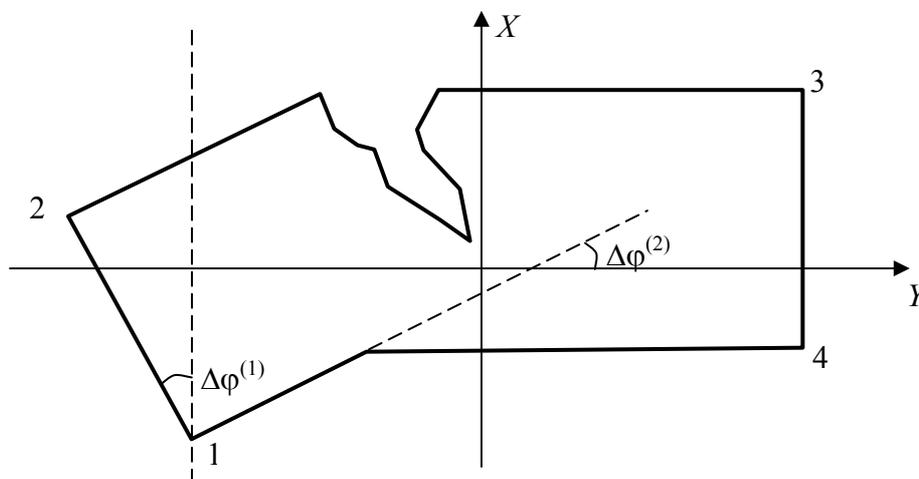


Рис. 3.3.9. Углы кручения сооружения

В качестве общего угла скручивания сооружения принимают среднее из углов  $\varphi_{ij}$ , а в качестве скручивания отдельных частей – отклонение от среднего тех же углов  $\varphi_{ij}$ .

Достаточно широко используют и такие характеристики как продольное и поперечное относительное скручивание противоположащих граней (плоскостей), предложенные А.Д. Польшиным. Для этого находят углы кручения в вертикальной плоскости нижних ребер противоположащих граней. Разность соответствующих углов, отнесенная к длине, стягивающей эти ребра, и будет величиной относительного кручения граней. Выделяют продольное и поперечное относительное скручивание. А.Д. Польшин предложил в качестве допустимой величины 0,5 минуты на метр.

Например, (см. рис. 3.3.7) относительное кручение граней 1-5-8-4 и 2-6-7-3 определяется углом скручивания нижних ребер 1-4 и 2-3 в вертикальной плоскости. Для нахождения этого угла можно найти разность арктангенсов от уклонов по соответствующим ребрам в минутах  $\nu_{14}$  и  $\nu_{23}$ :  $\gamma = \nu_{14} - \nu_{23}$  – и отнести к длине стороны 1-2:

$$\gamma_{(14-23)} = \frac{\nu_{14} - \nu_{23}}{S_{12}} \left( \frac{\text{минуты}}{\text{метры}} \right).$$

**3. Определение дилатационных характеристик.** Дилатационные характеристики текущего состояния сооружения в основном связаны с эффектом растяжения-сжатия одного ребра грани относительно другого, противоположащего. В качестве таких характеристик обычно принимают удлинение линейного размера  $\varepsilon_i$  плоскости стены в верхнем сечении:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_i &= q_{Y_i} - q_{Y_{i+1}} \\ \varepsilon_i &= q_{X_i} - q_{X_{i+1}} \end{aligned} \right\}, \quad (3.3.9)$$

а также относительное удлинение  $\varepsilon\%$  линейного размера плоскости стены в верхнем сечении:

$$\varepsilon\%_i = \frac{\varepsilon_i}{L_i}. \quad (3.3.10)$$

По результатам исследований составляется схема *депланации* – проекция верхнего сечения сооружения на нижнее, выполненное в произвольном масштабе для углов сооружения и без масштаба (в виде схемы) для контура, и пояснительная записка с описанием методик и рекомендациями.

## **Вопросы для самоконтроля**

1. Состав и содержание геодезических работ при оценке эксплуатационной надежности инженерных объектов.
2. Виды геодезических работ при оценке надежности.
3. Способы геодезического обмера зданий.
4. Способы измерения вертикальности стен.
5. Плановая съемка элементов.
6. Состав работ при плановой съемке.
7. Съёмочная сеть для производства работ.
8. Высотная съемка элементов.
9. Высотная съемка непосредственными промерами.
10. Высотная съемка на основе тригонометрического нивелирования.
11. Основные характеристики надежности сооружений на основании кренов.

## **Вопросы для текущего контроля по Части III**

1. Назначение, основные задачи и состав исполнительных съёмок.
2. Исполнительные съёмки по циклам.
3. Исполнительная документация.
4. Деформации, их происхождение и основные характеристики.
5. Состав, методы и этапы процесса наблюдения за деформациями.
6. Геодезические методы измерения осадок.
7. Состав, содержание и виды геодезических работ при оценке эксплуатационной надежности инженерных объектов.
8. Плановые способы определения надежности объектов.
9. Высотные способы определения надежности объектов.

**ПРАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 КАМЕРАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

**! Цель:** Научиться на картографическом материале в камеральных условиях проектировать горизонтальные и наклонные площадки с балансом земляных работ и рассчитывать объемы земляных работ; научиться строить профиль линейного сооружения и проектировать на нем.

**! Последовательность выполнения:**

### I. ПЛОЩАДНОЕ КАМЕРАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ. ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ ПЛОЩАДКА.

1. Выбор на топографическом плане места для строительной площадки и разбивка её на квадраты. Длина стороны квадрата и их количество выдается преподавателем.

2. Получение высот вершин квадратов методом аналитической или графической интерполяции. Точность – до десятков сантиметров.

3. Двумя способами вычислить проектную отметку  $H_0$  для контроля горизонтальной планировки с балансом земляных работ.

4. Вычислить рабочие отметки  $r_i$ . Нанести на план квадратов масштаба 1:500 проектные (красным), фактические (черным) и рабочие (синим цветом) отметки. Рассчитать расстояние  $d_i$  до точек нулевых работ.

5. На вычерченном плане построить картограмму земляных работ с линией нулевых работ и закраской участков насыпей и выемок разными цветами.

6. По каждому квадрату рассчитать средние рабочие отметки, площади и объемы частей, принадлежащих насыпям и выемкам. Рассчитать дисбаланс в относительной мере между суммарным объемом насыпи (+) и выемки (–) по всей площади и сравнить её с допустимой.

### II. ПЛОЩАДНОЕ КАМЕРАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ. НАКЛОННАЯ ПЛОЩАДКА.

1. Выбор на топографическом плане места для строительной площадки и разбивка её на квадраты. Длина стороны квадрата и их количество выдается преподавателем.

2. Получение высот вершин квадратов методом аналитической или графической интерполяции. Точность – до десятков сантиметров.

3. Двумя способами, вычислить отметку  $H_0$ , для контроля горизонтальной планировки.

4. Поместив в центр тяжести площадки точку на высоте  $H_0$ , передать отметку на любую ближайшую вершину квадрата с использованием уклонов по осям, выданных преподавателем.

5. На той же основе рассчитать все оставшиеся проектные отметки наклонной площадки.

6. Вычислить рабочие отметки  $r_i$ . Нанести на план квадратов масштаба 1:500 проектные (красным), фактические (черным) и рабочие (синим цветом) отметки. Рассчитать расстояние  $d_i$  до точек нулевых работ.

7. На вычерченном плане построить картограмму земляных работ с линией нулевых работ и закраской участков насыпей и выемок разными цветами.

8. По каждому квадрату рассчитать средние рабочие отметки, площади и объемы частей, принадлежащих насыпям и выемкам. Рассчитать дисбаланс в относительной мере между суммарным объемом насыпи (+) и выемки (–) по всей площади и сравнить её с допустимой.

### III. ЛИНЕЙНОЕ КАМЕРАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.

1. Наметить ось трассы на топографическом плане от точки, указанной преподавателем, до строительной площадки. Высота начальной точки, длина трассы и число углов поворота выдается преподавателем. Высота конечной точки – проектная отметка спланированной строительной площадки.

2. Наметить на трассе пикеты через расстояние указанное преподавателем и посредством интерполяции определить их высоты с точностью 0,1 м. Замаркировать в качестве плюсовых точки перегиба местности, пересечения оси трассы с плановыми контурами и вершины угла (ВУ) поворота, также определив их отметки.

3. Нанести профиль трассы на миллиметровую бумагу в стандартную таблицу. По углу поворота и радиусу кривой рассчитать начало кривой (НК) и конец кривой (КК) в пикетах с контролем.

4. Запроектировать проектную ось трассы с двумя уклонами, нанеся её на реальный профиль. Проектные линии – красные, реальные – черные.

5. Рассчитать уклоны по проектным отрезкам, проектные отметки пикетов и плюсовых точек, рабочие отметки и отметки точек нулевых работ.

6. Оформить план круговых кривых, отложив в масштабе расстояния до начала и конца кривой и подписав расстояния от НК и КК до ближайших пикетов слева и справа. Оформить профиль в цвете, учитывая, что проектные величины и все связанное с ними красное, реальное – черное, рабочее – синее.

**!** В конце работы оформляется пояснительная записка по первой и по второй части работы. В ней, в объеме 2 – 3 страниц, излагаются основная цель работы, последовательность и методы реализации с приведением формул (формулы пронумеровать), по которым производились расчеты. Формулы необходимо пояснить. Выводы по результатам работы обязательны.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### РАБОТА С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ

**! Цель:** Вспомнить поверки теодолита и нивелира и выполнение основных измерений приборами; научиться решать этими приборами основные строительные задачи: боковое нивелирование, определение высоты сооружения при обмерах, вынос в натуру и контроль выноса проектной точки и линии заданного уклона.

**! Последовательность выполнения:**

#### I. ПОВЕРКИ И ИЗМЕРЕНИЯ ТЕОДОЛИТОМ.

1. Выполнить внешний осмотр теодолита. Сделать описание.
2. Выполнить поверку цилиндрического уровня теодолита.
3. Выполнить поверку сетки нитей теодолита.
4. Выполнить поверку равновеликости подставок теодолита.
5. В стандартном журнале выполнить измерения горизонтальных и вертикальных углов на две точки, указанные преподавателем.
6. По отсчетам по горизонтальному и вертикальному кругам выполнить дважды поверки коллимационной погрешности и места нуля. Сделать выводы.
7. Выполнить измерение одной длины нитяным дальномером и проконтролировать её значение непосредственными измерениями.
8. Выполнить схематические рисунки измеряемых горизонтального и вертикального углов и рисунок отсчетного устройства теодолита со значениями отсчетов.

#### II. ПОВЕРКИ И ИЗМЕРЕНИЯ НИВЕЛИРОМ.

1. Выполнить внешний осмотр нивелира. Сделать описание.
2. Выполнить поверку круглого уровня нивелира.
3. Выполнить поверку сетки нитей нивелира.
4. Выполнить поверку главного условия нивелира на основе нивелирования из середины.
5. Провести измерения превышений в замкнутом четырехугольнике с контролем, указанным преподавателем (меняя высоту инструмента или по

черной и красной сторонам рейки). Нарисовать схему измерений (станции, точки наведения).

6. При допустимой величине невязки по высоте  $\pm 5$  мм, рассчитать невязку в ходе. Если она в допуске, уравнивать превышения и вычислить отметки определяемых точек, приняв одну из них за условную с высотой  $H_{исх.} = 100,000$  м.

7. Зарисовать отсчет по рейке, подписав численное значение.

Оформление поверок выполнить с рисунками и по стандартной схеме:

- Название поверки.
- Геометрическое условие поверки.
- Кратко, как выполняется поверка. В поверке главного условия обязательны результаты измерений.
- Выводы по результатам поверки для вашего прибора (выполняется – не выполняется, что дает выполнение).

### III. СТРОИТЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ ТЕОДОЛИТОМ.

1. Для проверки эксплуатационной надежности сооружения по горизонтальному сечению выполнить боковое нивелирование не менее чем трех точек при двух положениях вертикального круга.

2. Выполнить описание процесса и схему измерений.

3. Рассчитать контрольную величину выпуклости и сравнить её с допустимой. В качестве допуска принять значение 6 ‰.

4. Измерить высоту предложенной конструкции с использованием тригонометрического нивелирования и сравнить её с непосредственно измеренной величиной. Выполнить схему измерений.

5. Используя метод проектирования на рейку, получить крены предложенного ребра по осям сооружения.

6. Вычислить общий крен и его направление. Вычислить относительную величину крена и сравнить её с допустимой. В качестве допуска принять величину 6 ‰. Выполнить схему измерений и депланацию ребра.

### IV. СТРОИТЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ НИВЕЛИРОМ.

1. Приняв предложенную преподавателем точку за исходную (например, с высотой  $H_{исх.} = 100,000$  м), вынести в натуру на любую вертикаль

конструкции заданную преподавателем проектную отметку  $H_{пр}$ . Выполнить схему измерений.

2. Проверить вынос проектной отметки или по величине превышения, или по высотам, выполнив с другого места контрольные измерения. Принять в качестве допуска расхождение в 4 мм.

3. От любой, принятой за начальную, точки вынести в натуру линию заданного уклона  $i$ , определив дополнительно не менее 2 точек кроме начальной. Выполнить схему измерений.

4. Проверить точность выноса линии, проведя с другого места контрольные измерения на все вынесенные точки. При этом обращают внимание на нахождение точек на одной линии; эта линия должна быть уклона  $i$ . За допуск принять: в высотных величинах расхождение в 3 – 4 мм; в уклонах – до 2 ‰.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ВЫНОС В НАТУРУ ПРОЕКТА СООРУЖЕНИЯ

**! Цель:** Изучить последовательность процесса выноса проекта сооружения в натуру на основе 4 главных способов. Сделать графическую и графо-аналитическую подготовку для выноса проектных элементов в натуру. Выполнить разбивочные чертежи.

**! Последовательность выполнения:**

1. На строительной площадке запроектировать контур сооружения, котлована, главных осей по размерам, указанным преподавателем.

2. Выбрать на плане на расстоянии 10 – 20 м от границы котлована по две точки на главных осях (вначале оси и в конце) и снять их координаты.

3. Назначить каждой выбранной выше точке метод выноса в натуру из предложенных преподавателем (простые засечки).

4. На основе графо-аналитического метода рассчитать для точек, в зависимости от метода, элементы выноса в натуру (разбивочные элементы).

5. Сделать расчет точности для выбора нужных геодезических инструментов. Точность выноса задается преподавателем.

6. Рассчитать элементы выноса в натуру от осей, контура сооружения методом прямоугольных и полярных координат.

7. Составить разбивочный чертеж для выноса в натуру осей и контура сооружения.

8. Считая разбитые точки осей за исходные, назначить каждой вершине котлована метод разбивки из предложенных преподавателем (сложные засечки).

9. На основе графо-аналитического метода рассчитать для метода каждой точки разбивочные элементы её выноса в натуру.

10. Сделать расчет точности для выбора нужных геодезических инструментов. Точность выноса задается преподавателем.

11. Провести контроль разбивочных элементов с использованием графического метода получения разбивочных элементов. Допустимые различия: угловых величин – до 40'; линейных – до 80 см.

12. Составить разбивочный чертеж для выноса в натуру контура котлована.

**! Обязательно** представить все расчеты, начиная с вычисленных приращений и схемы выноса точки в натуру. Если используется не общепринятый метод расчета разбивочных элементов, сделать подробное пояснение.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4**  
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**  
**ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЁЖНОСТИ ЗДАНИЯ**

**! Цель:** На основе координатного метода рассчитать основные характеристики эксплуатационной надежности здания, такие как крены ребер, кручение граней и ребер. Сделать выводы.

**! Последовательность выполнения:**

1. По координатам 8 вершин прямоугольного сооружения, полученным для своего варианта, рассчитать крены по осям для 4 вертикальных ребер. Система координат условная, с началом в нижнем левом углу сооружения.

2. По осевым кренам рассчитать общие крены по ребрам и их направления на основе обратной геодезической задачи. Здесь же найти средние общие крены по осям, общей крен и его направление для всего сооружения.

3. Рассчитать относительные крены по ребрам и результаты сравнить с допустимым значением.

4. На основе кренов вычислить 4 угла скручивания плоскостей (стен), средний угол скручивания сооружения и два угла взаимного кручения сооружения.

5. Рассчитать уклоны и углы наклона (до 30") по периметру нижнего основания сооружения.

6. На основе углов наклона рассчитать продольное и поперечное относительное скручивание противоположащих граней (плоскостей), предложенное А.Д. Польшиным. Сравнить с допустимым значением.

7. Рассчитать величины абсолютных и относительных дилатаций ребер верхнего сечения по отношению к нижнему.

8. Составить схему депланации.

9. Составить пояснительную записку с комментариями по выполнению и выводами по результатам.

# **КОНТРОЛИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

## КОНТРОЛЬ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ ПО ТРЕМ ЧАСТЯМ ДИСЦИПЛИНЫ ПРОВОДИТСЯ В ПИСЬМЕННОМ ВИДЕ ПО ПРЕДЛОЖЕННЫМ НИЖЕ ВОПРОСАМ.

### ? Часть I

1. Инженерно-строительные объекты, виды и этапы создания.
2. Инженерные изыскания, цели, задачи, виды и состав.
3. Изыскания площадных и линейных сооружений.
4. Цели и этапы проектирования инженерных объектов.
5. Состав чертежей и работ на этапах проектирования. ППГР.
6. Площадное и линейное камеральное проектирование.
7. Цели и основные этапы разбивочных работ.
8. Основные шаги при производстве разбивочных работ.
9. Методы выноса в натуру проектных точек.
10. Методы подготовки данных для перенесения проекта на местность.
11. Перенос в натуру плановых и высотных проектных элементов.

### ? Часть II

1. Состав геодезических работ на нулевом цикле строительства.
2. Наблюдения и геодезический контроль за устройством котлована.
3. Наблюдения за устройством фундаментов и подвальной части здания.
4. Цели и состав геодезических работ наземного цикла.
5. Способы перенесения осей и высот на монтажные горизонты. Восстановление осей.
6. Детальные разбивочные работы, состав и основные методы.
7. Виды зданий и особенности геодезического сопровождения их монтажа.
8. Содержание и основные этапы геодезического обеспечения монтажа оборудования.
9. Последовательность монтажа оборудования и его геодезическое обеспечение. Контроль монтажа.

## ? Часть III

1. Назначение, основные задачи и состав исполнительных съёмок.
2. Исполнительные съемки по циклам.
3. Исполнительная документация.
4. Деформации, их происхождение и основные характеристики.
5. Состав, методы и этапы процесса наблюдения за деформациями.
6. Геодезические методы измерения осадок.
7. Состав, содержание и виды геодезических работ при оценке эксплуатационной надежности инженерных объектов.
8. Плановые способы определения надежности объектов.
9. Высотные способы определения надежности объектов.

**!** **Особое внимание** при ответе следует обратить на его структуру.

Одним из целесообразных вариантов может быть следующий:

- Цель.
- Объект, субъект.
- Средства и методы.
- Окружение (связи).

Заключительный контроль проводится в виде экзамена. В составе билета два вопроса и одна задача.

## ? Вопросы для экзамена

1. Дисциплина геодезическое обеспечение строительства. Основные цели, задачи, методы.
2. Инженерно-строительные объекты, виды и этапы создания.
3. Инженерные изыскания, цели, задачи, виды и состав.
4. Цели и этапы проектирования инженерных объектов. ППГР.
5. Площадное и линейное камеральное проектирование.
6. Цели, основные этапы и шаги при производстве разбивочных работ.
7. Методы выноса в натуру проектных точек.
8. Методы подготовки данных для перенесения проекта на местность.
9. Перенос в натуру плановых и высотных проектных элементов.
10. Состав геодезических работ на нулевом цикле строительства.

11. Наблюдения и геодезический контроль за устройством подземной части объекта (котлован, фундамент, подвальная часть).
12. Цели и состав геодезических работ наземного цикла.
13. Способы перенесения осей и высот на монтажные горизонты. Восстановление осей.
14. Виды зданий и особенности геодезического сопровождения их монтажа.
15. Содержание и основные этапы геодезического обеспечения монтажа оборудования. Контроль монтажа.
16. Назначение, основные задачи и состав исполнительных съёмок.
17. Исполнительные съемки по циклам возведения объектов. Исполнительная документация.
18. Деформации, их происхождение и основные характеристики.
19. Состав, методы и этапы процесса наблюдения за деформациями. Геодезические методы измерения осадок.
20. Состав, содержание и виды геодезических работ при оценке эксплуатационной надежности инженерных объектов.
21. Плановые и высотные способы определения надежности объектов.

Так как текущие контроли в течение изучения дисциплины проводятся по всем частям теории и с защитой лабораторных работ в виде выполнения учебно-тренировочных заданий (см. раздел о контролях практической части дисциплины), то экзамен сдается только в случае, если обучаемый не набрал 70 % от максимально возможной оценки, или при его желании повысить имеющуюся оценку.

## КОНТРОЛЬ ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Практическая часть дисциплины состоит из 4 лабораторных работ, каждая из которых на этапе текущего контроля защищается посредством выполнения учебно-тренировочных заданий. При этом задания делят на два вида: контрольную работу и тест. Каждое задание, относящееся к тестам имеет три уровня сложности, с весами 0,5; 0,75 и 1,0 соответственно. Выполнив все задания, обучаемый получает 85 % от максимально возможной оценки. Чтобы получить 100 % необходимо выполнить ещё одно задание творческого характера, которое имеет вес 1,5.

Всего в тестовом учебно-тренировочном задании 20 вопросов плюс творческое задание. Из 20 вопросов 9 относятся к первому уровню сложности (узнавание, простейшее воспроизведение знаний); 7 – ко второму уровню ( типовые вопросы и задачи, воспроизводимые по шаблону); 4 – к третьему уровню сложности (нетиповые вопросы и задачи, но без получения новых знаний). Творческое задание предполагает на основе имеющихся знаний получить новые объективные или субъективные знания или доказательство того, что пока задание не имеет решения.

Каждая группа сложности имеет коэффициенты влияния, позволяющие по принадлежности к группе и количеству правильно выполненных заданий рассчитать процент выполнения учебно-тренировочного задания в целом. Коэффициенты имеют следующие значения:

- Первая группа сложности – 0,31;
- Вторая группа сложности – 0,46;
- Третья группа сложности – 0,62;
- Творческое задание имеет коэффициент 1,5.

Контрольная работа содержит 4 – 5 вычислительных заданий тех же уровней сложности.

**УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОЕ ЗАДАНИЕ  
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 1  
КАМЕРАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

**ЗАДАНИЯ ПЕРВОЙ ГРУППЫ**

1. Чем проектирование наклонных площадок похоже на проектирование горизонтальных?
2. Чем проектирование наклонных площадок отличается от проектирования горизонтальных?
3. Что такое интерполирование?
4. Совпадают ли при проектировании наклонных и горизонтальных площадок площадное среднее  $H_0$ .
5. Что такое уклон?
6. Чему равны уклоны на горизонтальной площадке?
7. Является ли линия нулевых работ горизонталью?
8. Можно ли контролировать линию нулевых работ в наклонной площадке по горизонталям?
9. Можно ли контролировать линию нулевых работ в горизонтальной площадке по горизонталям?
10. Что такое точка нулевых работ?
11. Вычислить в квадрате проектную отметку, если  $H_1 = H_2 = 100,00$  м,  $H_3 = H_4 = 102,00$  м.
12. Каково расстояние до точки нулевых работ при горизонтальной длине линии  $S$  и равных рабочих отметках?
14. Записать формулу вычисления объема фигуры методом прямоугольных призм.
15. Пикетажное наименование начала кривой  $НК = ПК6 + 18,3$ . Расстояние между пикетами – 50 м. Найти расстояние от  $НК$  до пикета слева и пикета справа.
16. Чем геометрически является уклон в прямоугольном треугольнике?
17. Что такое  $H_4$  в формуле для площадного среднего  $H_0$  при проектировании площадок с балансом земляных работ?
18. Между какими парами рабочих отметок есть точка нулевых работ: 1 (– 0,5; – 0,6); 2 (– 0,3; 0,7); 3 (0,4; 0,9). Ответ пояснить.
19. Что есть линия нулевых работ при горизонтальной планировке?
20. Какому значению равна отметка точки нулевых работ при горизонтальной планировке?
19. Что значит баланс земляных работ?

## ЗАДАНИЯ ВТОРОЙ ГРУППЫ

1. Каково горизонтальное расстояние между двумя точками, если их высоты –  $H_1 = 100$  м,  $H_2 = 102$  м, а уклон по линии – 20 ‰?

2. При расстоянии до точки нулевых работ от положительной рабочей отметки  $d = 30$  м, рабочие отметки относятся как  $\frac{r^+}{r^-} = 3$ . Найти расстояние  $S$  между начальной и конечной точками линии.

3. Объем насыпи  $1000 \text{ м}^3$ , выемки –  $1070 \text{ м}^3$ . Сделать вывод о балансе земляных работ в ‰ и его допустимости.

4. Рабочие отметки на концах линии с горизонтальной длиной  $S = 100$  м равны  $r^+ = 0,1$  м и  $r^- = 0,2$  м. Определить уклон по линии 1-2.

5. Пикетажное наименование конца кривой  $KK = ПК7 + 18$ , начала кривой –  $НК = ПК6 + 8$ . Определить величину кривой  $K$ .

6. Пикетажное наименование вершины угла поворота трассы  $BУ = ПК8 + 47$ , начала кривой  $НК = ПК9 + 27$ . Определить величину тангенса кривой  $T$ .

7. Каково расстояние до точки нулевых работ от положительной рабочей отметки, если горизонтальная длина линии –  $S$ , а отношение рабочих отметок  $\frac{r^+}{r^-} = 3$ .

8. Найти расстояние до точки нулевых работ в см, если сторона квадрата равна 10 см, а рабочие отметки  $r^+ = 0,4$ ,  $r^- = 0,6$ . Расстояние искать от положительной рабочей отметки.

9. Найти отметку точки из интерполяции между 114 и 115 горизонталью, если расстояние между горизонталями 1 см, а от 114 до определяемой точки 7 мм.

10. Найти уклон в промиллях по линии 1-2, если высоты концов  $H_1 = 100$  м,  $H_2 = 110$  м, а горизонтальное расстояние между ними – 1000 м.

11. Найти высоту точки 2, если уклон по линии 1-2  $i = 20$  ‰, расстояние между точками 100 м, а высота начальной точки  $H_1 = 98$  м.

12. Как найти высоту последующей точки, расположенной по диагонали квадрата, если уклоны по сторонам квадрата  $i$  и  $j$ , а длина стороны  $S$ .

13. Как вычисляют начало кривой в пикетах?

14. Вычислить конец кривой в пикетах, если начало кривой  $НК = ПК6$ ; тангенс  $T = 40$  м; кривая  $K = 60$  м. Расстояние между пикетами – 50 м.

15. Найти величину домера  $D$ , если биссектриса  $B = 10$  м, тангенс  $T = 60$  м, кривая  $K = 100$  м.

16. Найти величину тангенса  $T$ , если радиус кривой  $R = 50$  м, а угол поворота трассы  $\varphi = 90^\circ$ .

17. Записать формулы площадного среднего  $H_0$  при проектировании площадок.

18. Определить объем фигуры с основанием в виде треугольника, если рабочие отметки его вершин 0,1; 0,2; 0,3 м, соответственно, а площадь его равна  $10 \text{ м}^2$ .

19. Нарисовать на схеме три основных элемента кривой: тангенс  $T$ , кривую  $K$ , биссектрису  $B$ .

### ЗАДАНИЯ ТРЕТЬЕЙ ГРУППЫ

1. Каково наклонное расстояние между двумя точками, если их высоты  $H_1 = 100 \text{ м}$ ,  $H_2 = 120 \text{ м}$ , а уклон по линии 80 ‰?

2. Получить формулу расстояния до точки нулевых работ при проектировании трассы, если горизонтальная длина линии  $S$ , и имеется только соотношение рабочих отметок  $\frac{r^+}{r^-} = k$ .

3. Получить формулу для биссектрисы кривой  $B$  через радиус кривой и угол поворота трассы  $\varphi$ .

4. Найти уклон по диагонали квадрата со стороной  $S$  и уклонами по сторонам  $i$  и  $j$ .

5. Найти величину домера в трассе, если радиус кривой  $R = 100 \text{ м}$ , а угол поворота трассы  $\varphi = 60^\circ$ .

6. Определить значение фактической отметки плюсовой точки трассы, если с пикетажным наименованием  $ПК5 + 23$ , если проектная отметка начальной точки  $H_{ПК5} = 117 \text{ м}$ , уклон по линии 15 ‰, а рабочая отметка на плюсовой точке  $r = 0,20 \text{ м}$ .

7. Разработать способ проектирования наклонных площадок.

8. В квадрате  $ABCD$  и стороной  $S = 20 \text{ м}$ , имеем рабочие отметки 1,3; 0,7;  $-0,9$ ;  $-1,1$  соответственно. По этим данным найти значение длины линии нулевых работ.

### ЗАДАНИЯ ЧЕТВЕРТОЙ ГРУППЫ

1. Получить формулы для определения радиуса кривой  $R$  и угла поворота трассы  $\varphi$  через значения тангенса  $T$  и кривой  $K$ .

2. На концах горизонтальной проектной линии есть по две рабочих отметки:  $r_1$  и  $r_1'$  с одной стороны;  $r_2$  и  $r_2'$  – с другой. По этим данным определить расстояние до точки нулевых работ.

3. Получить формулу интерполяции для определения высоты точки между горизонталями по двум наклонным расстояниям, проходящим через определяемую точку и горизонтали.

**УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОЕ ЗАДАНИЕ  
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 2  
РАБОТА С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ**

**ЗАДАНИЯ ПЕРВОЙ ГРУППЫ**

1. Описать геометрическое условие поверки коллимационной погрешности.
2. Как выполняют поверку равновеликости подставок?
3. Геометрическое условие поверки круглого уровня нивелира.
4. Как выполняют поверку главного условия нивелира.
5. Нарисовать отсчет по рейке 1468.
6. Нарисовать отсчеты по отсчетному устройству теодолита  
 $BK = -5^{\circ} 12'$ ;  $GK = 46^{\circ} 04'$ .
7. Какова наименьшая цена деления теодолита, если между индексами, обозначающими промежутки в  $1^{\circ}$ , находятся 12 делений.
8. Что делать, если место нуля для теодолита **2Т30** равно  $10'$ .
9. На какие геодезические работы и как будет влиять большое значение коллимационной погрешности?
10. Для чего при боковом нивелировании на конечную точку откладывают начальное расстояние  $l_0$ ?
11. Зачем при боковом нивелировании отсчеты проводят при круге лево  $KЛ$  и круге право  $KП$ ?
12. На основании чего при боковом нивелировании делается вывод о состоянии исследуемой конструкции?
13. Что и зачем наблюдают при боковом нивелировании?
14. Как используются проекционные свойства теодолита в геодезическом сопровождении строительства?

**ЗАДАНИЯ ВТОРОЙ ГРУППЫ**

1. Вычислить коллимационную погрешность, если  $KЛ = 26^{\circ} 18'$ ,  $KП = 206^{\circ} 28'$ . Сделать вывод о допустимости погрешности.
2. Отсчет при круге лево  $KЛ$  по вертикальному кругу  $A = 5^{\circ} 12'$ . Сколько должен быть отсчет при круге право  $KП$ , чтобы величина места нуля  $МО$  была равна  $1'$ .

3. Получить значение горизонтального угла 1-2-3 из двух полу-приемов и сделать вывод о качестве измерений. Отсчеты с вершины угла 2 на точку 1 –  $KЛ = 14^\circ 12'$ ;  $KП = 194^\circ 02'$ ; точку 3 –  $KЛ = 67^\circ 43'$ ;  $KП = 247^\circ 42'$ .

4. Вычислить угол наклона  $\nu$  и место нуля  $МО$ , если отсчеты по вертикальному кругу теодолита  $KЛ = 4^\circ 41'$ ,  $KП = -4^\circ 43'$ .

5. Превышение между двумя точками  $h = 0,246$  м. Отсчет на заднюю рейку  $b = 1468$ . Получить значение отсчета  $a$  на переднюю рейку.

6. При проверке главного условия нивелира имеем эталонное превышение, полученное из точной середины  $h_{эм.} = 1,254$  м. При перенесении прибора к одной из реек получили отсчет на заднюю рейку  $b = 1657$ . Каким должен быть отсчет  $a$  на переднюю рейку, чтобы величина несоблюдения главного условия была равна  $+3$  мм.

7. В треугольнике  $ABC$  получены 2 превышения:  $h_{AB} = 0,241$  м,  $h_{BC} = 0,014$  м. Какова должна быть величина превышения  $h_{CA}$ , чтобы невязка в фигуре была равна  $-2$  мм.

8. При нивелировании по линии 1-2 отсчет по рейке на заднюю точку 1 был  $b = 1651$ , а на переднюю –  $2 - a = 1540$ . Высота начальной точки  $H_1 = 100,222$  м. Определить высоту  $H_2$  точки 2.

9. При нивелировании по линии 1-2 отсчет по рейке на заднюю точку 1 был  $b = 1651$ , на переднюю –  $2$  равен  $a = 1540$ . При смене высоты инструмента на заднюю точку 1 был получен новый отсчет  $b' = 1867$ , а на переднюю –  $2 - a' = 1746$ . Получить значения превышений и сделать вывод о качестве измерений с доказательством.

10. Отсчет по вертикальному кругу  $BK$  теодолита при круге лево есть  $KЛ = 10^\circ 59'$ . Какой отсчет должен быть при круге право  $KП$ , чтобы при величине места нуля  $МО = -3'$  угол наклона  $\nu = 11^\circ 02'$ .

11. Каково расстояние по нитяному дальномеру, если отсчет по верхней нити 1240, по нижней – 1351.

12. Каков должен быть отсчет по верхнему дальномерному штриху, чтобы при отсчете по нижнему штриху равному 1130, расстояние до определяемой точки было 50 м.

13. При боковом нивелировании максимальное отклонение от створа  $\Delta_{max} = 0,10$  м; расстояние до последней исследуемой точки – 10 м. Сделать вывод об эксплуатационной надежности конструкции.

14. Рассчитать допустимость неперпендикулярности ребра сооружения высотой 5 м, если в процессе проектирования на рейку были получены следующие значения:

	<i>КЛ</i>	<i>КП</i>
верх	1256	1258
низ	1141	1143

15. Зарисовать и пояснить схему определения высоты сооружения на основе тригонометрического нивелирования, если расстояние до основания можно измерить.

16. Высота репера  $H_{рп} = 120,000$  м; высота проектной точки  $H_{пр} = 120,350$  м. При нивелировании отсчеты по рейкам: на репер  $a = 1764$ , на проектную точку  $b = 1404$ . Сделать вывод о правильности выноса проектной точки в натуру.

17. На каком расстоянии, при выносе в натуру нивелиром линии заданного уклона  $i = 60 \text{ ‰}$ , разность высот по проектной линии будет 0,6 м.

18. Рассчитать отсчет  $c$  при выносе в натуру линии уклона  $i = 60 \text{ ‰}$  нивелиром на вторую проектную точку, если расстояние между исходной и первой проектной точкой  $d_1 = 3$  м, между первой и второй проектными точками –  $d_2 = 5$  м, а отсчет на исходную точку –  $a = 1590$ .

### ЗАДАНИЯ ТРЕТЬЕЙ ГРУППЫ

1. Имеется горизонтальный угол 1-2-3 и отсчеты:  $КЛ(1) = 15^\circ 22'$ , значение внутреннего угла при вершине лево  $\beta_{кл} = 44^\circ 11'$ . Найти отсчеты по кругу правому  $КП$  на точки 1 и 3, если коллимационная погрешность  $c = 1'$ .

2. Описать процесс обмера конструкции на основе процесса проектирования с помощью теодолита и рулетки с миллиметровыми делениями.

3. При нивелировании горизонтальным лучом теодолита высота инструмента измерена с точностью снятия отсчетов по рейке. Какая погрешность в превышении будет на расстоянии 50 м до рейки при неучете в процессе выставления горизонтального луча прибора, значение места нуля  $МО = 1'$ .

4. Зарисовать и пояснить схему определения высоты сооружения на основе тригонометрического нивелирования, если расстояние до основания непосредственно измерить невозможно.

5. Вычислить высоту сооружения, если высота инструмента  $i = 1,523$  м, горизонтальное расстояние до объекта 12 м, превышение между точкой стояния прибора и основанием сооружения  $h = + 0,467$  м, а угол наклона на верх сооружения  $v_{верх} = + 1^{\circ}19'$ .

6. При выносе в натуру проектной точки превышение между высотой репера и точкой  $h = + 0,280$  м. Какой отсчет  $a$  должен быть по рейке на репере, если отсчет по рейке на проектной точке  $- b = 1456$ .

7. Рассчитать отсчет на первую проектную точку при выносе в натуру нивелиром линии уклона  $i = 60$  ‰, если расстояние между исходной и этой точкой  $d = 5$  м, высота репера  $H_{РП} = 117,000$  м, отсчет на него  $a = 1270$ , превышение между репером и исходной точкой  $h = + 0,250$  м.

8. Вычислить высоту сооружения в горизонтальной плоскости, если высота инструмента  $i = 1,52$  м, горизонтальное расстояние до объекта 12 м, а угол наклона на верх сооружения  $v_{верх} = + 2^{\circ}14'$ .

#### ЗАДАНИЯ ЧЕТВЕРТОЙ ГРУППЫ

1. На основе имеющихся знаний разработать метод выноса в натуру проектной точки.

2. Разработать методику получения отсчета на проектную точку при выносе линии заданного уклона нивелиром, если расстояние до проектной точки неизвестно.

**УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОЕ ЗАДАНИЕ**  
**К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 3**  
**РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ**

1<sup>1</sup>. Получить координаты точки с рисунка масштаба 1:2000, выполненного студентом с использованием численного масштаба.

2<sup>2</sup>. Рассчитать элементарные разбивочные элементы: длину  $S$  и угол  $\beta$  – относительно базиса 1-2 на проектную точку 3 по следующим данным:

	$X, \text{ м}$	$Y, \text{ м}$
1	2836,19	3756,66
2	2754,12	3614,51
3	2667,55	3748,51

Нумерация точек против часовой стрелки.

3<sup>2</sup>. Рассчитать разбивочные элементы для выноса проектной точки 3 в натуру двумя способами по данным задания 2, если в первом случае в качестве метода выноса была выбрана линейная (угловая) засечка, во втором – метод условных прямоугольных координат.

4<sup>3</sup>. На основе заданий 1 и 2 рассчитать элементы выноса в натуру проектной точки 3 для реализации метода глобальных прямоугольных координат. Описать последовательность практической реализации метода.

5<sup>4</sup>. Разработать метод выноса в натуру точки на основе комбинации известных методов.

**!** **Верхний индекс** обозначает уровень сложности задания.

**УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОЕ ЗАДАНИЕ**  
**К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 4**  
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**  
**СООРУЖЕНИЙ**

1<sup>1</sup>. Даны крены ребра:  $q_x = 0,121$  м,  $q_y = - 0,035$  м. Найти величину общего крена и его направление.

2<sup>2</sup>. Определены координаты верхней ( $B$ ) и нижней ( $A$ ) точек ребра  $AB$ :  $x_B = 117,217$ ;  $y_B = 126,987$  м;  $x_A = 117,254$  м;  $y_A = 126,914$  м.

Найти частные крены по осям, общий крен, его направление.

3<sup>2</sup>. Как использовать боковое нивелирование для получения кренов?

4<sup>3</sup>. Найти угол скручивания грани, если длина нижнего ребра 12 м, а крены вершин слева на право: первой –  $q_x = 0,037$  м,  $q_y = - 0,103$  м; второй –  $q_x = - 0,012$  м,  $q_y = - 0,005$  м.

5<sup>3</sup>. Найти значение относительного кручения нижних граней основания сооружения, если длина стягивающей стороны 12 м, а превышение между точками дальней грани есть  $- 0,056$  м, а передней –  $+ 0,178$  м (слева направо).

6<sup>4</sup>. Получить формулы для определения кренов, если производятся измерения малых горизонтальных углов между низом и верхом ребра.

7<sup>4</sup>. Разработать методику для получения какой-либо деформационной характеристики.

## ГЛОССАРИЙ

### А – Б

**Боковое нивелирование** – процесс получения с помощью теодолита и рейки, посредством задания ориентирной (референтной) линии, разности горизонтальных расстояний между точками по какому-либо сечению.

### В

**Возведение** – технологический процесс строгого воссоздания на местности проектного решения относительно зданий и сооружений с помощью выполнения различных строительных работ.

### Г

**Генеральный план** – подробный чертеж проекта строительного объекта с рельефом местности, сооружениями, элементами благоустройства и указанием их расположения. Является исходным документом, на основе которого осуществляется детальное проектирование и строительство отдельных сооружений объекта.

**Главные оси (оси симметрии)** – две взаимно перпендикулярные линии, относительно которых здание или сооружение располагается симметрично.

### Д

**Детальная высотная разбивка** – комплекс работ, включающий перенесение проектных отметок на конструкции от рабочих реперов монтажного горизонта. Выполняется способом геометрического нивелирования с технической точностью.

**Детальные разбивочные работы** – процесс разбивки промежуточных осей, параллелей основным осям и ориентирных рисок, фиксирующих проектное положение конструкций на монтажном горизонте.

**Деформация** – процесс изменения положения и геометрии сооружения в пространстве в горизонтальной или вертикальной плоскости.

### Е – З

**Здание** – созданный в результате строительства наземный замкнутый объем, предназначенный для проживания или выполнения производственных процессов.

## И

**Инженерные изыскания** – вид деятельности, обеспечивающей комплексное изучение природных и техногенных условий строительства, составление прогнозов взаимодействия этих объектов с окружающей средой, обоснование их инженерной защиты с целью разработки проектов возводимых зданий и сооружений.

**Исполнительные съёмки** – процесс определения планового и высотного положения окончательно закрепленных конструкций и элементов здания и разбивочных осей. Они завершают каждый этап строительномонтажных работ и геодезических построений. Выделяют текущие исполнительные съёмки – после завершения этапа строительства и окончательные.

**Исходный горизонт** – условная плоскость, проходящая по поверхности несущих конструкций подземной части зданий (фундаментов) или перекрытия нулевого цикла.

## Й – М

### **Монтаж**

– **зданий** – основной этап строительства, представляющий собой технологический процесс возведения и установки элементов здания в проектное положение.

– **технологического оборудования** – процесс выноса и установки технологического оборудования в проектное положение в плане и по высоте.

**Монтажные оси** – оси технологического оборудования, которые разбивают и проверяют относительно основных осей. Делят на основные (оси технологических линий, основных агрегатов и машин) и вспомогательные (многоопорных валов, рабочих клетей и др.).

**Монтажный горизонт** – условная плоскость, проходящая по поверхности перекрытия каждого последующего этажа или опорного яруса надземной части здания.

## Н – О

**Обноска** – ряд вкопанных в землю столбов с прибитой к ним обрезной доской толщиной 40 – 50 мм, расположенной перпендикулярно линии основных осей. Бывает сплошной, створной, скамеечной. При использовании вместо деревянных столбов и досок металлических стоек и горизонтальных штанг получают инвентарную металлическую обноску.

**Ориентирные риски** – риски в виде черты 5 – 10 см, наносимые на горизонт и фиксирующие плановое положение конструкций в продольном и поперечном направлениях.

**Основные оси** – оси, образующие контур здания или сооружения в плане.

**Оценка эксплуатационной надежности** – комплекс работ, выявляющий текущее состояние зданий и сооружений на основе геодезических и негеодезических методов.

## П

**Проектирование** – комплекс камеральных работ для разработки на основе материалов изысканий набора графических, технических и экономических документов, обосновывающих возможность или целесообразность строительства.

### **Прямые методы**

– **простых засечек** – выносимая точка непосредственно получается из исходной использованием угловой, линейной или полярной засечки один раз.

– **сложных засечек** – выносимая точка получается через одну или несколько промежуточных, определенных преимущественно полярным методом.

## Р

**Рабочие чертежи** – масштабные изображения составных элементов сооружения, размеров в плане и по высоте частей объекта и геометрических связей между ними. Это технические документы, которые непосредственно используются на строительной площадке при размещении и установке отдельных деталей сооружения.

**Разбивочные работы** – процесс переноса геодезическими методами проекта сооружения на местность (в натуру) с последующим закреплением полученных точек.

**Разбивочные чертежи (схемы)** – графические документы, на которых приводятся расстояния между основными и промежуточными осями сооружения в двух взаимно перпендикулярных направлениях, элементы, необходимые для разбивки объекта в зависимости от метода и точность выноса и привязки к основе.

### **Редукционные методы (метод свободной станции)**

– **простых засечек** – вынос производится посредством определенной точки каким-либо методом, рядом с проектным положением выносимой

точки, вспомогательной точки, относительно которой рассчитываются элементы её сдвига (редукции) в проектное положение. Элементы рассчитываются без использования дополнительных, промежуточных точек.

– **сложных засечек** – вынос производится путем расчета редукции от вспомогательной точки, но обычно через одну дополнительную точку (сложный путь).

## С – Я

**Сооружение** – объемная, плоскостная или линейная строительная конструкция, предназначенная для выполнения производственных процессов различного вида. Подобные объекты обычно называют инженерными сооружениями.

**Строительная сетка** – вид наиболее часто используемой в строительстве разбивочной основы, как наиболее удобной для определения планового положения точек в прямоугольной системе координат. Представляет собой сетку квадратов или прямоугольников на генеральном плане со сторонами, равными 50, 100 или 200 м. Выбор формы сетки в основном зависит от конфигурации и типа строящегося объекта.

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Хаметов Т.И. Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 200 с.
2. Лысов Г.Ф. Геодезические работы на строительной площадке. Справочное пособие. – М.: Недра, 1988. – 96 с.
3. Инженерная геодезия. / Под ред. Д.Ш. Михелева. – М.: Высш. шк., 2001. – 464 с.
4. Багратуни Г.В., Ганьшин В.Н., Данилевич Б.Б. и др. Инженерная геодезия. – М.: Недра, 1984. – 285 с.
5. Данилевич Б.Б., Лукьянов В.Ф., Хейфец Б.С. и др. Практикум по инженерной геодезии. / Под ред. Новака В.Е. – М.: Недра, 1987. – 332 с.
6. СНиП 3.01.03-84. Геодезическое обеспечение строительства.
7. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства.

### Дополнительная

1. Булгаков Н.П., Рывина Е.М., Федотов Г.А. Прикладная геодезия. – М.: Недра, 1990. – 256 с.
2. Левчук Г.П., Новак В. Е. Прикладная геодезия: Геодезические работы при изыскании и строительстве инженерных сооружений. – М.: Недра, 1983. – 317 с.
3. Багратуни Г.В., Лукьянов В.Ф. и др. Справочник по геодезическим разбивочным работам. – М.: Недра, 1982. – 128 с.
4. Субботин И.Е., Мазницкий А.С. Справочник строителя по инженерной геодезии. – Киев: Будівельник, 1989. – 287 с.
5. Методические указания «Устройство, поверки и юстировки теодолитов технической точности». / Сахаров Б.П., Болботунов А.А. – Новополоцк: УО «ПГУ», 1986. – 24 с.
6. Методические указания «Нивелирование». / Чураков С.М., Сахаров Б.П., Болботунов А.А. – Новополоцк: УО «ПГУ», 1984. – 24 с.
7. Методические указания «Изучение топографических планов и карт». / Петрушко В.В., Бондаренко А.В. – Новополоцк: УО «ПГУ», 1992. – 17 с.
8. Методические указания «Решение инженерно-геодезических задач». / Сахаров Б.П., Болботунов А.А. – Новополоцк: УО «ПГУ», 1985. – 18 с.

*Учебное издание*

Составитель  
ДЕГТЯРЕВ Александр Михайлович

## ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
для студентов специальности 1-70 02 01  
«Промышленное и гражданское строительство»

Редактор О.П. Михайлова

Подписано в печать 27.07.05. Формат 60x84 1/16. Гарнитура Таймс. Бумага офсетная.  
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 10,21. Уч.-изд. л. 8,84. Тираж 150. Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение  
Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»

ЛИ № 02330/0133020 от 30.04.04 ЛП № 02330/0133128 от 27.05.04

211440 г. Новополоцк, ул. Блохина, 29