



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Белорусский национальный технический университет

Факультет «Транспортные коммуникации»

Кафедра «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

# Инженерная геодезия

по учебной дисциплине

«Инженерная геодезия»

для студентов специальности 6-05-0731-01

«Геодезия»



Составители:

И.Е. Рак, В.П.Подшивалов, Н.О. Куприенко

Минск БНТУ 2024

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ЭУМК «Инженерная геодезия» включает в себя систематизированные учебные, научные и методические материалы по дисциплине и предназначен для повышения эффективности обучения студентов очной и заочной формах получения образования по специальности 6-05-0731-01 «Геодезия».

Содержание учебной дисциплины «Инженерная геодезия» увязано с содержанием курсов общенаучных, общепрофессиональных дисциплин, а также специальных дисциплин.

В структуру ЭУМК входят: теоретический раздел, лабораторный практикум, раздел курсового проектирования, раздел контроля знаний и список литературы.

В теоретическом разделе представлен курс лекций по дисциплине, необходимых для ее изучения. Раздел включает в себя: общие вопросы по выполнению геодезических работ, создания геодезической основы для строительства, разбивочные работы, геодезические работы при строительстве подземных трубопроводов, при наблюдениях за деформациями и осадками сооружений, в транспортном строительстве и при строительстве прецизионных сооружений.

В лабораторном практикуме рассмотрен порядок выполнения типичных геодезических задач, решаемых при обеспечении геометрической точности возведения зданий и сооружений в промышленном и гражданском строительстве.

В разделе курсового проектирования предусмотрено использование программных продуктов ТИМ КРЕДО: ДАТ, ТРАНСФОРМ и ТОПОГРАФИЯ. Дано описание использования основных принципов работы в программах и решения инженерно-геодезических задач с их использованием.

Раздел контроля знаний включает список вопросов для подготовки к экзамену по изучаемой дисциплине.

## Оглавление

РАЗДЕЛ I. Теоретический раздел .....	6
1. Общие положения об инженерно-геодезических работах в строительстве.....	6
1.1. Основные термины и определения .....	6
1.2. Организация и задачи геодезической службы в строительстве .....	11
1.3. Нормативные и технические документы по геодезическим работам в строительстве .....	12
1.4. Уровни значимости объектов строительства .....	13
1.5. Геометрические параметры точности размеров строительных конструкций.....	13
1.6. Метрологическое обеспечение строительного производства .....	14
1.7. Основные виды измеряемых величин в геодезии.....	15
1.8. Стадийность выполнения геодезических работ.....	17
1.9. Виды контроля .....	18
1.10. Аттестация соответствия .....	19
2. Геодезическая основа для строительства .....	21
2.1. Общие сведения.....	21
2.2. Принципы проектирования и расчет точности .....	24
построения опорных сетей .....	24
2.3. Построение опорных сетей спутниковыми методами: .....	31
2.4. Высотные опорные инженерно-геодезические сети .....	32
2.5. Системы координат в инженерно-геодезических работах .....	33
2.6. Красные линии.....	35
2.7. Строительная сетка .....	36
2.8. Плановая геометрическая основа объекта .....	37
3. Разбивочные работы .....	42
3.1. Основные разбивочные работы.....	42
3.2. Детальная строительная разбивка сооружения .....	42
3.3. Разбивка технологических осей .....	42
3.4. Элементы геодезических разбивочных работ.....	44
3.5. Способы разбивки сооружений.....	49
3.6. Оптимизация разбивочных работ .....	63
3.7. Специфика выноса в натуру осевых точек сооружений посредством электронного тахеометра.....	63
3.8. Составление разбивочных чертежей .....	64
4. Геодезические работы при строительстве подземных трубопроводов .....	66
5. Геодезическое обеспечение строительного-монтажных работ .....	69
5.1. Геодезические работы нулевого цикла.....	69
5.2. Геодезические работы наземных циклов .....	78
5.3. Перенесение осей на монтажные горизонты .....	81
5.4. Выверка конструкций и оборудования в плане .....	91
5.5. Высотная установка конструкций.....	105
5.6. Геодезические работы при монтаже подкрановых путей .....	123
6. Исполнительные съемки.....	128
6.1. Задачи исполнительных съемок.....	128
6.2. Исполнительная съёмка котлована .....	131

6.3. Исполнительные съемки фундаментов .....	131
6.4. Исполнительная съёмка возведенных конструкций.....	133
6.5. Исполнительная съемка подземных инженерных сетей.....	134
6.6. Исполнительная съемка анкеров.....	137
6.7. Исполнительные съемки колонн.....	138
6.8. Документация, составляемая по результатам исполнительной съемки .....	141
7. Геодезические наблюдения за перемещениями и деформациями зданий и сооружений.....	144
7.1. Виды деформаций и их причины .....	144
7.2. Оценка деформаций .....	145
7.3. Организация наблюдений за деформациями .....	148
7.4. Программа наблюдений за деформациями .....	152
7.5. Основные типы геодезических знаков, используемых для наблюдения за деформациями, и их размещение .....	153
7.6. Разработка методики наблюдения .....	155
7.7. Обработка результатов наблюдений.....	160
7.8. Определение горизонтальных смещений.....	161
7.9. Методы наблюдения за кренами.....	165
7.10. Наблюдения за трещинами.....	169
7.11. Прогнозирование осадок. Общие принципы и методы прогнозирования .....	172
8. Геодезическое обеспечение кадастровых и землеустроительных работ.....	175
8.1. Общие сведения.....	175
8.2. Принципы ведения земельного кадастра .....	177
8.3. Состав геодезических работ для кадастра.....	178
8.4. Геодезическая основа кадастровых работ.....	179
9. Геодезические работы в транспортном строительстве .....	185
9.1. Общие сведения об автомобильных дорогах.....	185
9.2. Общие сведения о железных дорогах.....	187
9.3. Инженерно-технические изыскания автомобильных дорог .....	190
9.4. Способы разбивки круговых кривых.....	191
9.5. Инженерно-технические изыскания мостовых переходов .....	193
9.6. Геодезическая разбивочная основа для мостовых переходов .....	195
10. Геодезические работы при строительстве тоннелей и подземных сооружений.....	200
10.1. Виды тоннелей.....	200
10.2. Основная терминология.....	201
10.3. Геодезическая основа при строительстве тоннеля .....	204
10.4. Способы ориентирования подземных горных выработок. ....	206
10.5. Определения высот пунктов опорной сети в горных выработках .....	213
10.6. Разбивка подземных выработок.....	215
10.7. Точность геодезических работ .....	216
10.8. Разбивочные работы при проходке стволов шахт и разбивке оси тоннеля .....	219
11. Высокоточные геодезические работы при строительстве и эксплуатации прецизионных сооружений ..	222
11.1. Общие сведения о прецизионных сооружениях.....	222
11.2. Особенности геодезических работ при высокоточной установке технологического оборудования .....	223
11.3. Геодезические наблюдения за устойчивостью оснований прецизионных сооружений .....	229
11.4. Методы и приборы высокоточных геодезических измерений .....	231

12. Геодезические работы при проектировании в строительстве гидротехнических сооружений (ГТС) .....	233
12.1. Типы гидротехнических сооружений .....	233
12.2. Элементы и основные характеристики водохранилищ .....	233
12.3. Состав геодезических работ при изысканиях, проектировании и строительстве гидротехнических сооружений .....	235
РАЗДЕЛ II. Лабораторный практикум .....	237
Лабораторная работа №1 .....	238
Лабораторная работа №2 .....	241
Лабораторная работа №3 .....	245
Лабораторная работа №4 .....	248
Лабораторная работа №5 .....	251
Лабораторная работа №6 .....	253
Лабораторная работа №7 .....	255
Лабораторная работа № 8 .....	256
Лабораторная работа № 9 .....	262
Лабораторная работа № 10 .....	265
Лабораторная работа № 11 .....	270
Лабораторная работа № 12 .....	274
Лабораторная работа № 13 .....	277
Лабораторная работа №14 .....	281
Лабораторная работа № 15 .....	287
Лабораторная работа № 16 .....	292
РАЗДЕЛ III. Курсовое проектирование .....	303
РАЗДЕЛ IV. Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов .....	325
ЛИТЕРАТУРА .....	331
РАЗДЕЛ V. Приложения .....	332
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	332
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 .....	333
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 .....	335
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 .....	336
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 .....	337
ПРИЛОЖЕНИЕ 6 .....	338
ПРИЛОЖЕНИЕ 7 .....	339
ПРИЛОЖЕНИЕ 8 .....	340
ПРИЛОЖЕНИЕ 9 .....	341
ПРИЛОЖЕНИЕ 10 .....	342
ПРИЛОЖЕНИЕ 11 .....	343
ПРИЛОЖЕНИЕ 12 .....	345
ПРИЛОЖЕНИЕ 13 .....	353
ПРИЛОЖЕНИЕ 14 .....	354
ПРИЛОЖЕНИЕ 15 .....	355

## РАЗДЕЛ I. Теоретический раздел

### 1. Общие положения об инженерно-геодезических работах в строительстве

#### 1.1. Основные термины и определения

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

**Сооружения (building)** - единичный продукт строительной деятельности, предназначенный для осуществления определенных потребительских функций. Термин «сооружение» используется в узком смысле, в значении «строительное сооружение, которое не является зданием».

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

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

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

Все объекты строительства можно разделить на следующие группы:

- Промышленные предприятия
- Гражданские здания
- Территории населенных пунктов
- Подземные коммуникации
- Дороги и мостовые сооружения
- Гидротехнические сооружения
- Тоннели
- Линии электропередач
- Магистральные трубопроводы

## Жизненный цикл инженерных сооружений

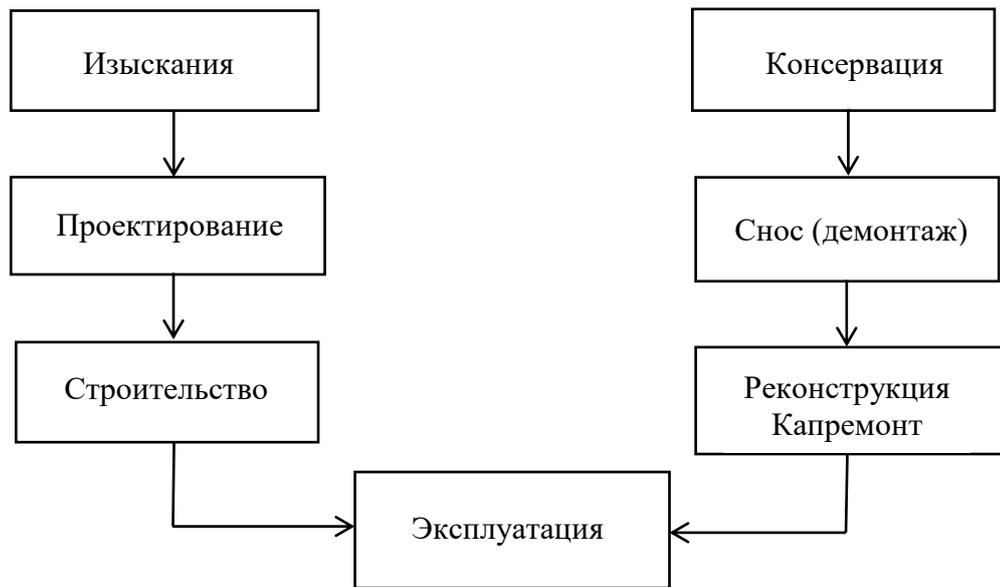


Рис. 1.1. Жизненный цикл инженерных сооружений

Инженерно-геодезические работы на соответствующих этапах строительства:

- Изыскания - инженерно-геодезические изыскания для строительства
- Проектирование - инженерно-геодезическое проектирование
- Строительство - разбивочные работы и исполнительные съемки
- Эксплуатация - геодезические работы по изучению деформаций сооружений и их оснований

**Изыскания** - комплекс специальных работ, проводимых для проектирования, строительства и эксплуатации сооружения.

Изыскания подразделяются на **экономические** и **технические** (инженерные) (рис. 1.2).

**Экономические изыскания** обычно предшествуют техническим.

Экономические изыскания проводят с целью определения экономической целесообразности строительства сооружения в конкретном месте с учетом обеспеченности его строительными материалами, сырьем, транспортом, водой, энергией, рабочей силой и т. п.

**Технические изыскания** ведут для того, чтобы дать исчерпывающие сведения о природных условиях участка с целью наилучшего учета и использования их при проектировании и строительстве.

В ходе инженерных изысканий решаются следующие задачи:

- изучение природных условий района строительства;
- прогноз взаимодействия объекта с окружающей средой;
- инженерная защита территории строительства.

Для оценки участка предполагаемого строительства проводят также следующие изыскания:

- инженерно-геодезические, инженерно-геологические,
- гидрогеологические,
- гидрометеорологические,
- климатологические,
- метеорологические,
- почвенно-геоботанические и др.

Первые три вида относят к основным изысканиям и их выполняют на всех типах сооружений в первую очередь.



Рис. 1.2. Состав работ основных технических изысканий

**Инженерно-геодезическое проектирование** – комплекс работ, проводимый для получения данных, необходимых для размещения сооружения в плане и по высоте. Этот вид работ включает:

- размещение объекта строительства в плане и по высоте;
- ориентирование основных осей сооружения;
- проектирование рельефа;
- вычисления объемов земляных работ;
- выполнение расчетов, связанных с составлением проекта сооружений линейного типа (включая расчет горизонтальных и вертикальных кривых и составление продольного профиля будущей трассы);
- выполнение расчетов, необходимых для перенесения проекта в натуру;
- составления разбивочных чертежей, схем и т.д.

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

**Геодезические работы на строительных объектах** выполняются по заранее разработанным проектам производства геодезических работ (**ППГР**) (рис. 1.3), которые являются составной частью проекта организации строительства (**ПОС**) и проекта производства работ (**ППР**).

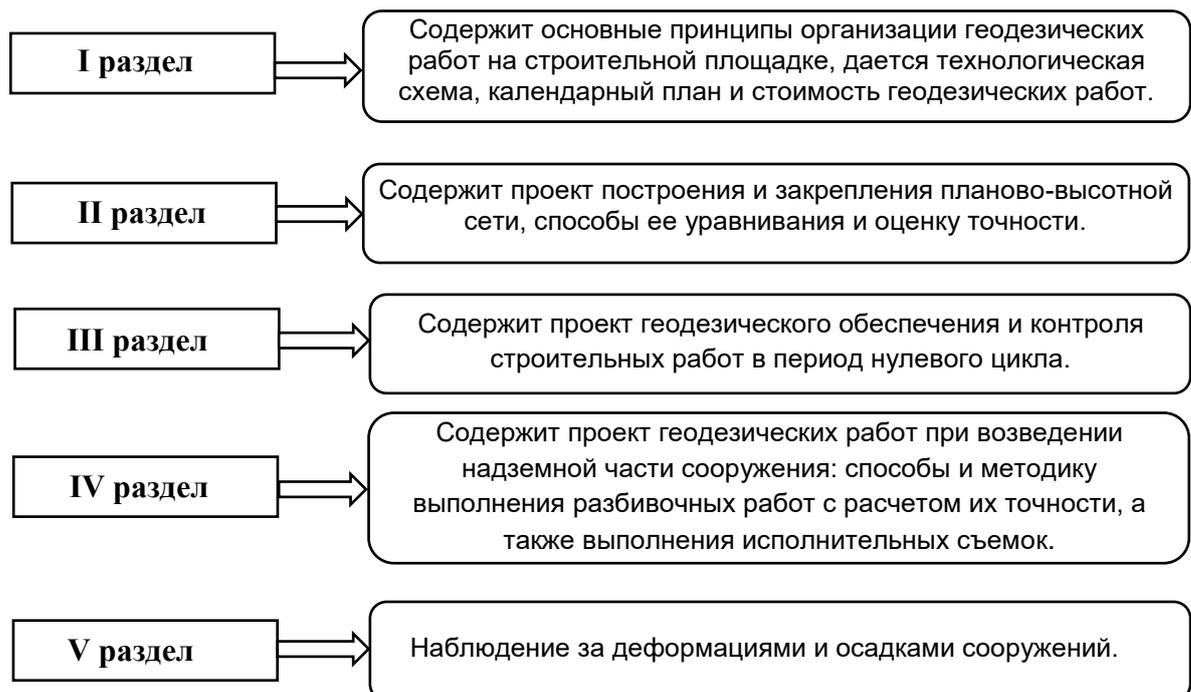


Рис. 1.3. Состав проекта производства геодезических работ (ППГР)

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

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

ППГР разрабатывают на несколько периодов строительства (реконструкции) объекта: подготовительный, возведение объекта, наблюдение за перемещениями и деформациями зданий и сооружений, если это предусмотрено проектной документацией.

#### **Состав геодезических работ, выполняемых при строительстве:**

- разработка ППГР;
- создание геодезической основы для строительства, вынос в натуру главных осей;
- создание внутренней разбивочной сети зданий, производство детальных разбивочных работ;
- геодезический контроль точности геометрических параметров зданий в процессе строительства и составление исполнительной документации;
- геодезические измерения деформаций оснований, конструкций зданий (сооружений).

**Геодезические работы при эксплуатации зданий и сооружений** являются составной частью системы технического контроля за эксплуатацией конструкций зданий, сооружений и крупногабаритного технологического оборудования промышленных предприятий и гражданских комплексов. В их состав входят: геодезические наблюдения за перемещениями и деформациями зданий и сооружений (геодезический мониторинг строительных объектов), наблюдение за кренами.

## 1.2. Организация и задачи геодезической службы в строительстве

Геодезическая служба в строительных объединениях, трестах возглавляется главным геодезистом, который подчиняется главному инженеру этой организации.

Геодезические работы в строительных управлениях осуществляются ведущими геодезистами или инженерами-геодезистами (техниками-геодезистами), которые подчиняются главному инженеру строительного управления и главному геодезисту строительного объединения, треста.

Структуру геодезической службы для обеспечения строительства сложных объектов устанавливают исходя из специфики и объемов комплекса геодезических работ на объекте.

Численность сотрудников геодезической службы устанавливается в зависимости от объема и сложности строительного-монтажных и геодезических работ.

Главные инженеры строительных объединений, трестов, строительных управлений и других строительных организаций несут ответственность за своевременное и качественное выполнение геодезической службой возложенных на нее функций.

Геодезической службе предоставляются помещения, необходимые для камеральных работ, хранения документации, приборов и оборудования, а также транспорт для доставки сотрудников с приборами на объекты и перемещений между объектами.

Геодезическая служба должна руководствоваться в своей деятельности действующим законодательством, ТНПА (технические нормативно правовые акты), нормативными правовыми актами (НПА) Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь и ведомственными нормативными документами.

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

1. При возведении крупных сооружений и сложных зданий на выполнение геодезических работ могут привлекаться субподрядные геодезические организации, которые работают совместно с геодезической службой генподрядчика и под ее руководством.

2. В практике жилищно-гражданского строительства наиболее сложные геодезические работы выполняют субподрядные геодезические организации, обслуживающая комплекс объектов строительства, а геодезическая служба генподрядчика выполняет остальные геодезические работы на строительной площадке;

3. На типовых, небольших и несложных объектах геодезические работы выполняет геодезическая служба генподрядчика.

### **1.3. Нормативные и технические документы по геодезическим работам в строительстве**

При обосновании точности и методов геодезических работ используют технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (ТНПА):

1. **СН 1.02.01-2019** - Инженерные изыскания для строительства
2. **СН 1.03.02-2019** - Геодезические работы в строительстве. Основные положения
3. **П1-2019 ТКП 45-1.03-313-2018** - Геодезические работы в строительстве. Приложение.
4. **ГОСТ 26433.2-94** - Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений параметров зданий и сооружений: - Минск, 1995.
5. **СНБ 5.01.01 - 99** - Основания и фундаменты зданий и сооружений.
6. **СНБ 1.03.04 - 2000** - Приемка законченных строительством объектов. Основные положения.
7. **ГОСТ 2268 - 76** - Геодезия. Термины и определения.

#### 1.4. Уровни значимости объектов строительства

Инженерные сооружения по значимости и распространенности подразделяют на два вида:

1. **Объекты гражданского и промышленного строительства** (жилые, общественные и производственные здания, и др.) - характеризуются массовостью распространения на территориях застройки. Для таких объектов точность геодезических работ нормирована в СН 1.03.02-2019 и конкретизируется в проекте производства работ (ППР) и в проекте производства геодезических работ (ППГР).

2. **Особенные сооружения** — это сложные крупные сооружения, предназначенные для осуществления важнейших экономических, технических, культурных и др. функций в жизнедеятельности государства. К ним относятся атомные и тепловые электростанции, метрополитен, крупные мосты, уникальные высотные сооружения (Нац. библиотека РБ, Минск-Арена). Методика геодезического сопровождения таких объектов подробно разрабатывается в ППГР, учитывая специальные требования проектной организации к высокоточному монтажу несущих конструкций.

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

Проектная точность геометрического размера характеризуется:

- номинальным значением размера  $l_0$ , заданным в проекте;
- наибольшим  $l_{max}$  и наименьшим  $l_{min}$  предельными значениями;
- верхним  $\delta^B$  и нижним  $\delta^H$  предельными отклонениями, которые вычисляют по формулам (1.3.1.):

$$\delta^B = l_{max} - l_0, \quad \delta^H = l_{min} - l_0 \quad (1.3.1.)$$

- допуском или полем допуска  $\Delta$  представляющим собой разность между наибольшим и наименьшим предельными значениями (1.3.2.):

$$\Delta = X_{max} - X_{min} = \delta^B - \delta^H \quad (1.3.2.)$$

Действительная точность геометрического размера характеризуется значением действительного отклонения  $\delta_i$  (1.3.3.):

$$\delta_i = l_i - l_0 \quad (1.3.3.)$$

При производстве геодезических работ и разработке ППГР необходимо учитывать требования ГОСТ 26433.0, согласно которому для разбивочных работ в процессе строительства допускаются методы и средства геодезических измерений, характеризующиеся метрологическими погрешностями, которые удовлетворяют следующим условиям (1.3.4.):

$$\delta_{r, \text{cp}} \leq 0,16\Delta x, \quad \delta_{r, \text{пр}} \leq 0,4\Delta x \quad (1.3.4.)$$

где:  $\delta_{r, \text{cp}}$  — средняя квадратическая суммарная погрешность принимаемого метода и средств измерений;

$\delta_{r, \text{пр}}$  — предельная погрешность принимаемого метода и средств измерений;

$\Delta x$  — допустимое отклонение измеряемого геометрического параметра, установленное проектной документацией на объект.

Для измерений в процессе контроля точности изготовления и установки элементов, а также при контроле точности разбивочных работ выбирают средства и методы измерений, предельная суммарная метрологическая погрешность  $\delta_r$  которых удовлетворяет условию (1.3.5.)

$$\delta_r \leq 0,2\Delta x \quad (1.3.5.)$$

Допустимые отклонения  $\Delta x$  приведены в действующих СН на конкретные виды работ.

## 1.6. Метрологическое обеспечение строительного производства

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

Метрологический контроль осуществляется, чтобы своевременно выявить несоответствие продукции требованиям технических нормативных правовых актов (ТНПА), к которым относятся ТКП, ГОСТы, СНИПы и технические условия.

К основным положениям метрологии в строительстве относят:

1. Общая теория измерений;

2. Единицы физических величин и их системы. В РБ действует Международная система единиц СИ. В качестве единиц в системе СИ приняты:

*Метр - расстояние, проходимое в вакууме светом за  $1/299792458$  долю секунды.*

*Килограмм - единица массы, равная массе международного прототипа килограмма. Радиан - безмерная величина. Ей соответствует центральный угол, стянутый дугой, длина которой равна радиусу окружности. Радиан содержит приблизительно  $57\ 17\ 44,8$ .*

*Градус - единица плоского угла, равная  $1/360$  части дуги окружности.*

*Град - соответствует  $1/400$  части дуги окружности. Прямой угол =  $100\ g$ .  $1\ g = 100\ c$  (десятичных минут).*

3. эталоны и образцовые средства измерений;

4. методы передачи размеров единиц измерений от эталонов к рабочим средствам;

5. основы обеспечения единства измерений и единообразия средств измерений;

6. Методы определения и обоснования необходимой точности измерений.

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

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

**Горизонтальные и вертикальные углы** измеряют непосредственно угломерными приборами или определяют косвенно через другие измеренные величины.

Для измерения **превышений** в строительстве применяют:

- геометрическое нивелирование
- тригонометрическое нивелирование

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

При проведении геодезических работ следует применять геодезические приборы из числа допущенных к применению на территории Республики Беларусь, прошедшие поверку или калибровку в установленном порядке.

*Поверка средств измерений* — это форма метрологического надзора, проводимого с целью определения и подтверждения их соответствия установленным техническим требованиям.

#### **Виды поверок:**

а) **первичная поверка** — выполняется при выпуске средств измерения из производства или ремонта;

б) **периодическая поверка** — проводится для средств измерения, находящихся на хранении при выдаче со склада или в эксплуатации через определенные промежутки времени;

в) **внеочередная поверка** — проводится при возникновении необходимости удостовериться в пригодности средств измерения (повреждено клеймо, потеряны документы об их поверке);

г) **инспекционная и экспертная поверки** - проводятся при проведении государственного контроля. Рабочие средства измерений поверяются метрологической службой или другими аккредитованными на то организациями путем сравнения их показаний с показаниями рабочих

эталонов. Положительные результаты поверки удостоверяются поверительным клеймом или свидетельством о поверке.

Предприятие, получившее сертификат на оказание услуг по ремонту и выполнению поверок геодезических приборов, можно посмотреть на сайте <http://www.belgim.by>.

Межповерочные интервалы на средства измерений линейных размеров и средства измерений угловых величин приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1.

№ п/п	Межповерочный интервал	
<b>1</b>	<b>Средства измерения линейных размеров</b>	
1.1	Линейка металлические длиной до 1м, рулетки металлические длиной 1,2,5 м	не реже 1 раз в год
1.2	Метры складные металлические, рулетки длиной от 10 до 20 м	не реже 1 раза в год
1.3	Рейки нивелирные	не реже 1 раза в год
1.4	Светодальномеры, оптические дальномеры, лазерные дальномеры	не реже 1 раз в год
1.5	Нивелиры	не реже 1 раза в год
<b>2.</b>	<b>Средства измерений угловых величин</b>	
2.1	Теодолит оптический	не реже 1 раза в год
2.2	Тахеометр электронный	не реже 1 раза в год
2.3	GNSS -приемники	не реже 1 раза в год

### 1.8. Стадийность выполнения геодезических работ

**На стадии проектирования геодезических работ** - проверка соответствия технической документации техническому заданию, проверка качества и точностных характеристик парка геодезических приборов, квалификации персонала.

**На стадии строительства** - геодезический контроль должен обеспечивать метрологические и геометрические характеристики зданий и сооружений, заложенные при проектировании.

**На стадии эксплуатации зданий и сооружений** - контроль их перемещений и деформаций, если он предусмотрен проектной организацией или при возникновении его необходимости.

**Требуемой точности и высокой надежности всех операций необходимо строгое выполнение условий:**

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

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

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

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

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

➤ измерения должны выполнять работники соответствующей квалификации.

### **1.9. Виды контроля**

➤ **приемочный контроль** - по основным стадиям - промежуточным и окончательным;

➤ **самоконтроль;**

- **операционный контроль** - проверка качества после завершения определенной операции (проверка разбивочных осей контрольными промерами от др. разбивочных осей);
- **вычислительный контроль** может выполняться вторым лицом по другим формулам;
- **измерительный контроль** выполняется по заданию руководства. Проверяется соблюдение допусков.

#### **1.10. Аттестация соответствия**

Аттестация соответствия строительных организаций как дополнительная разрешительная процедура введена Указом Президента Республики Беларусь от 14 января 2014 г. № 26 «О мерах по совершенствованию строительной деятельности». Согласно Указу аттестации подлежат строительные организации (индивидуальные предприниматели), осуществляющие строительство объектов 1-4 классов сложности. Классификация объектов и отнесение их к классам сложности – в соответствии с требованиями СТБ 2331-2014 «Здания и сооружения. Классификация. Основные положения».

#### **Под процедуру аттестации в строительстве подпадают организации:**

- осуществляющие инженерные изыскания;
- осуществляющие разработку предпроектной (предынвестиционной) документации;
- осуществляющие функции заказчика, застройщика, оказание инженерных услуг при осуществлении деятельности в области строительства;
- проектные организации (генеральные проектировщики, проектировщики разделов проектной документации);
- осуществляющие градостроительную деятельность;
- выполняющие функции генерального подрядчика;
- осуществляющие работы по обследованию зданий и сооружений;

– осуществляющие строительно-монтажные и специальные работы.

**Аттестацию специалистов, аттестацию и регистрацию строительных организаций осуществляет ИРУП «Белстройцентр».**

## 2. Геодезическая основа для строительства

### 2.1. Общие сведения

**Местоположение объекта строительства определяют:**

- государственная или городская (местная) система плановых прямоугольных координат и государственной (балтийской) системе высот;
- плановые и высотные координаты стройплощадки.

**Разбивочная сеть строительной площадки состоит из внешней и внутренней сетей.**

Внешняя разбивочная сеть служит для посадки здания на местности в соответствии с проектом в плане и по высоте.

Внутренняя разбивочная сеть здания (плановая и высотная) служит для выполнения геодезических работ в основной период возведения здания выше нулевой отметки.

Внешнюю разбивочную сеть создают после расчистки территории строительной площадки и ее вертикальной планировки в соответствии с проектной документацией, ППР или ППГР.

Геодезическая разбивочная основа строительной площадки должна состоять из:

- пунктов плановой и высотной геодезических сетей строительной площадки, предназначенных для выноса зданий (сооружений) в проектное положение в плане и по высоте;
- пунктов закрепления главных и основных осей здания (сооружения) и рабочих высотных знаков (реперов), представляющих внешнюю и внутреннюю разбивочную основу разбивочных работ, а также поэтапных исполнительных съемок в процессе строительства.

Геодезическая разбивочная основа строительной площадки должна быть привязана в плане и по высоте к ближайшим пунктам и реперам государственной геодезической сети.

Внешняя разбивочная сеть создается методами:

- сеть триангуляции, полигонометрии, линейно-угловых ходов;
- сеть красных линий;
- строительная геодезическая сетка;

Внутренняя сеть строится чаще линейно-угловыми засечками и методами вертикального проецирования.

Допустимые средние квадратические погрешности измерений при создании разбивочной сети строительной площадки в зависимости от применяемых средств измерений принимают в соответствии с таблицей 2.1 (СН 1.02.01-2019).

Таблица 2.1.

**Требования к точности разбивочной сети площадки**

Объекты строительства	Допустимая средняя квадратическая погрешность		
	Угловые измерения в сек.	Линейные измерения	Превышения на 1 км хода, мм
Здания на участках площадью более 1 км <sup>2</sup> ; отдельно стоящие здания с площадью постройки более 100 000 м <sup>2</sup>	3	1/25 000	4
Здания на участках с площадью менее 1 км <sup>2</sup> ; отдельно стоящие здания с площадью застройки от 10 000 до 100 000 м <sup>2</sup>	5	1/10 000	6
Отдельно стоящие здания с площадью застройки менее 10 000 м <sup>2</sup> ; дороги, инженерные сети в пределах застраиваемых территорий	10	1/5000	10
Дороги, инженерные сети вне застраиваемых территорий; земляные сооружения, в том числе вертикальная планировка	30	1/2000	15

Допустимые средние квадратические погрешности измерений при построении внешней и внутренней разбивочных сетей зданий и производстве разбивочных работ в процессе строительства следует принимать в соответствии с таблицей 2.2

Здания, строительные конструкции	Допустимая средняя квадратическая погрешность				
	Линейные измерения	Угловые измерения	Превышения на станции, мм	Отметки на монтажном горизонте относительно исходного, мм	Передача точек, осей по вертикали, мм
Металлические конструкции с фрезерованными контактными поверхностями; сборные железобетонные конструкции, монтируемые методом самофиксации в узлах; сооружения высотой св. 100 до 120 м или с пролетами св. 30 до 36 м	1/15 000	5"	1	Числовые значения погрешностей следует назначать в зависимости от высоты монтажного горизонта	
Здания св. 15 этажей, сооружения высотой св. 60 до 100 м или пролетами св. 18 до 30 м	1/10 000	10"	2	—	—
Здания св. пяти до 15 этажей, сооружения высотой св. 15 до 60 м или пролетами св. 6 до 18 м	1/5000	20"	2,5	—	—
Здания до пяти этажей, сооружения высотой до 15 м или пролетами до 6 м	1/3000	30"	3	—	—
Конструкции из дерева; инженерные сети, дороги, подъездные пути	1/2000	30"	5	—	—
Земляные сооружения, в том числе вертикальная планировка	1/1000	45"	10	—	—

**Согласно СН 1.02.01-2019:**

– 4.36 **Создание геодезической разбивочной основы для строительства** (включающей проектирование и закрепление пунктов разбивочной сети строительной площадки, вынос в натуру и закрепление знаков основных или главных разбивочных осей зданий, магистральных и внеплощадочных линейных сооружений), геодезические измерения деформаций оснований зданий или их частей в процессе их строительства, выполнение заключительных исполнительных съемок после завершения строительства **являются функциями заказчика, застройщика** и должны выполняться по проектной документации.

– 4.37 **Создание внутренней разбивочной сети зданий, производство детальных разбивочных работ, производство геодезических работ в процессе строительства, геодезический контроль точности геометрических параметров здания и производство геодезических исполнительных съемок являются функциями подрядчика.**

– 4.38 **Заказчик передает подрядчику техническую документацию на геодезическую разбивочную основу для строительства и закрепленные на площадке строительства пункты основы по акту сдачи-приемки.**

– 4.39 **Геодезическая служба должна быть организована в структуре подрядчика, независимо от формы собственности, осуществляющего строительство в Республике Беларусь.**

## **2.2. Принципы проектирования и расчет точности построения опорных сетей**

При проектировании инженерно-геодезических сетей, исходя из назначения работ, вида и площади объекта, решают следующие основные задачи:

- **выяснить исходные требования к точности построения сети;**
- **определить количество ступеней развития сети;**
- **выбрать для каждой ступени вид построения сети;**
- **назначить общие требования к точности построения сети каждой ступени;**
- **найти требуемую точность отдельных видов измерений на каждой ступени построения.**

**Эти задачи могут быть решены двумя вариантами:**

### **I ВАРИАНТ**

Выбирают при проектировании опорных сетей для производства крупномасштабных топографических съемок и выноса в натуру основных осей зданий и сооружений при строительстве населенных пунктов.

1. Исходя из условий проектирования, определяют конкретный вид сети и выбирают класс ее построения.

2. Руководствуясь нормативными документами, определяющие геометрические и точностные параметры для выбранного класса, разрабатывают проект и выполняют его оценку.

3. Результаты оценки по каким-либо конечным параметрам сравниваются с заданными или нормативными и делаются соответствующие выводы.

4. Выбираются рекомендованные инструкциями методы и средства измерений.

### **II ВАРИАНТ**

Применяют для опорных сетей специального назначения, руководствуясь назначением сети.

1. Задаются или рассчитываются исходные точностные требования.

2. Исходя из необходимой плотности и возможных мест расположения пунктов, проектируется схема построения сети. При этом можно руководствоваться геометрическими параметрами, приблизительно соответствующими определенному классу.

3. Определяется действительный класс построений для каждой ступени развития сети.

4. Определяется методика и выбираются средства измерений на каждой ступени.

Основу расчетов для обоих случаев проектирования составляет решение точностного уравнения (2.1.):

$$m_F = \mu \sqrt{\frac{1}{P_F}} \quad (2.1.)$$

где,  $m_F$  — ошибка функции наиболее слабо определяемого или требуемого элемента в уравненной сети;

$\mu$  — средняя квадратическая ошибка измеренного элемента (ошибка единицы веса);

$1/P_F = Q_F$  — обратный вес оцениваемого элемента.

В первом случае, найдя обратный вес и задавая ошибку единицы веса, соответствующую какому-либо нормативному классу, определяют ошибку  $m_F$  функции оцениваемого элемента сети и сравнивают ее с нормативной.

Во втором — по вычисленной величине обратного веса и заданной ошибке функции оцениваемого элемента находят ошибку единицы веса  $\mu$ . На основе полученной величины  $\mu$  выбирают методику измерений.

Основу любого геодезического проектирования составляют требования к точности выполнения работ. Применительно к построению опорных инженерно-геодезических сетей задача состоит в назначении и расчете погрешности функции того или иного элемента сети. Поскольку опорные сети могут развиваться в несколько этапов, то существуют понятия **исходной** и **поэтапной точностей**.

Под **исходной точностью** понимают точность определения положения съемочной точки, осадок реперов и т.п.

**Поэтапная точность** является функцией от исходной, ее долей, приходящейся на каждый этап построения.

При одностадийном построении исходная и поэтапная точности совпадают.

**Исходная точность** может быть задана в техническом задании, Нормативных документах или получена расчетным путем.

**Определение поэтапной точности**

Пусть опорная сеть проектируется в  $n$  ступеней. Общая (исходная) ошибка будет складываться из суммарных случайных ошибок  $m_1, \dots, m_n$  (2.2.)

$$m_{\text{общ}}^2 = m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + \dots + m_n^2 \quad (2.2.)$$

Исходя из практической необходимости, для решения уравнения ставится условие, чтобы для каждой последующей ступени построения сети ошибки предыдущей можно было считать пренебрегаемо малыми. Это возможно, если ошибки каждой предыдущей ступени будут в  $K$  раз меньше ошибок последующей.

Коэффициент  $K$  называют коэффициентом обеспечения точности, показывающим, во сколько раз ошибка исходных данных должна быть меньше ошибки измерений, чтобы первой можно было пренебречь. Для массовых геодезических работ, в том числе и для опорных сетей,  $K$  принимают равным двум и одинаковым для всех ступеней построения обоснования.

В качестве примера рассмотрим схему построения обоснования для съемки масштаба 1:500, состоящую из трех ступеней. Для этого случая (2.3.: 2.4.):

$$m_{\text{общ}} = 0,2 \text{ мм} \cdot 500 = 10 \text{ см} \quad (2.3.)$$

$$m_{\text{общ}}^2 = m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + \dots + m_n^2 \quad (2.4.)$$

Выразим ошибки  $m_2$  и  $m_3$  через ошибку  $m_1$ , учитывая коэффициент точности 2.5. – 2.8.):

$$m_3 = K_{m_2} = K_{m_1}^2 \quad (2.5.)$$

$$m_2 = K_{m_1} \quad (2.6.)$$

$$m_{\text{общ}}^2 = m_1^2 + (K_{m_1})^2 + (K_{m_2})^2 = m_1^2 + (K_{m_1})^2 + (K_{m_1}^2)^2 \quad (2.7.)$$

$$m_{\text{общ}}^2 = m_1^2 + 4m_1^2 + 16m_1^2 = 21m_1^2 \quad (2.8.)$$

учитывая, что  $m_{общ} = 10$  см

$$m_1 = \frac{10 \text{ см}}{\sqrt{21}} = 2.2 \text{ см}, \quad m_2 = 4.4 \text{ см}, \quad m_3 = 8.8 \text{ см}$$

Полученные величины представляют собой ошибки пунктов в самом слабом месте схемы построения сети для каждой ступени по отношению к пунктам, на которые эта ступень опирается. Например, можно считать, что  $m_3$  - это ошибка в середине теодолитного хода, опирающегося на пункты ходов полигонометрии соответствующего разряда;  $m_2$  – ошибка в середине полигонометрического хода, опирающегося на пункты триангуляции соответствующего класса, а  $m_1$  – ошибка в слабом месте сети триангуляции по отношению к ее исходному пункту или взаимного положения двух смежных пунктов триангуляции.

Принципы проектирования и расчета точности высотных сетей те же, что и для плановых.

Таблица 2.2.

Основные характеристики триангуляции для инженерно-геодезических работ широкого назначения

Класс (разряд) сети	Длина стороны, км	Средняя квадратическая ошибка измеренного угла, угл. с	Относительная квадратическая ошибка исходной стороны	Относительная средняя квадратическая ошибка слабой стороны
3 класс	5 – 8	1,5	1 : 200000	1 : 100000
4 класс	2 – 5	2,0	1 : 200000	1 : 70000
1 разряд	0,5 – 5	5,0	1 : 50000	1 : 20000
2 разряд	0,25 - 3	10,0	1 : 20000	1 : 10000

Таблица 2.3.

Основные характеристики сети полигонометрии для инженерно-геодезических работ

Основные показатели	4 класс	1 разряд	2 разряд
Предельная длина хода, км: -отдельного -между исходной и узловой точками -между узловыми точками	15 10 7	5 3 2	3 2 1,5
Предельный периметр полигона, км	30	15	9
Длина стороны хода, км: -наибольшая -наименьшая -средняя расчетная	2,0 0,25 0,5	0,8 0,12 0,3	0,35 0,08 0,2
Число сторон в ходе, не более	15	15	15
Относительная ошибка хода, не более	1 : 25000	1 : 10000	1 : 5000
Средняя квадратическая ошибка измерения угла (по невязкам в ходах и полигонах, угл.с, не более	3	5	10
Угловая невязка хода или полигона ( n – число углов в ходе ), угл. с, не более	5n	10n	20n

Приближенная оценка одиночных полигонометрических ходов с примерно одинаковыми сторонами, опирающихся на два исходных пункта, может быть выполнена для вытянутого хода по формуле (2.9.):

$$M^2 = m_s^2 n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 + \frac{n+3}{12} \quad (2.9.)$$

где,  $m_s$  и  $m_\beta$  - соответственно ошибки линейных и угловых измерений;

$n$  - число сторон в ходе;

$L$  - длина хода.

Для хода произвольной формы (2.10.):

$$M^2 = m_s^2 n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [D_{0,i}^2] \quad (2.10.)$$

где,  $D_{0,i}$  - расстояние от каждой вершины хода до его центра тяжести.

Далее подсчитывают общие средние квадратические и предельные относительные ошибки каждого хода с учетом ошибок исходных данных (2.10. – 2.11.):

$$M_{\text{хода}}^2 = M^2 + \frac{M_{\text{нач}}^2 + M_{\text{кон}}^2}{2} \quad (2.11.)$$

$$\frac{2M_{\text{хода}}}{[S]} \leq \frac{1}{T} \quad (2.12.)$$

где,  $M$  – средняя квадратическая ошибка хода, обусловленная точностью измерения углов и линий в ходе;

$M_{\text{нач}}$  и  $M_{\text{кон}}$  – средние квадратические ошибки начального и конечного пунктов хода;

$1/T$  – допустимое значение, установленное инструкцией для сетей полигонометрии.

### **Линейно-угловые сети**

Линейно-угловые сети – это система точек, образующих геометрические фигуры, в которых измерены все углы, все или часть сторон.

В линейно-угловой сети точность ее элементов практически не зависит от геометрии фигуры, формы треугольников; в ней уменьшается зависимость между продольным и поперечным сдвигами; обеспечивается жесткий контроль угловых и линейных измерений.

Линейно-угловая сеть позволяет вычислить координаты пунктов точнее, чем в сетях триангуляции и полигонометрии, примерно в 1,5 раза.

Оптимальное соотношение линейных и угловых ошибок будет обеспечиваться тогда, когда будет выполняться равенство (2.13.):

$$\frac{m_{\beta}}{\rho} = \frac{m_S}{S} \quad (2.13.)$$

На практике это соотношение стремятся выдержать в пределах (2.14.):

$$\frac{1}{3} > \frac{m_\beta}{\rho} = \frac{m_S}{S} < 3$$

(2.14.) Для линейно-угловой сети геометрические параметры, схема построения, требования к точности измерения углов аналогичны сети триангуляции 4 класса. Требования к точности измерения длин сторон могут быть приняты, как в трилатерации.

### 2.3. Построение опорных сетей спутниковыми методами:

- мобильность и малый вес;
- большая гибкость при выборе точки стояния;
- небольшое время определения координат;
- большие перспективы в применении.

**!!! Спутниковые технологии не всегда дают относительную точность определения на коротких расстояниях, ограничено использование в точной инженерной геодезии.**

Развитие геодезической сети спутниковым методом состоит в том, что в дополнение к уже существующим пунктам геодезической сети, созданной ранее наземными методами, определяют новые пункты. Одна из особенностей спутниковой технологии в сравнении с традиционной технологией: нет необходимости располагать пункты спутниковой геодезической сети так, чтобы между этими пунктами была обеспечена взаимная видимость. Пункты можно располагать там, где эти пункты впоследствии можно будет удобно использовать для практических целей. Если необходимо проектировать геодезическую сеть так, чтобы между некоторыми соседними пунктами все же существовала взаимная видимость, то это следует особо оговорить в техническом задании на выполнение работ.

В РФ создана Спутниковая система точного позиционирования (рис. 2.1). Цель которой - получение координат и высот пунктов геодезического и съемочного обоснования топографических съемок, определение на местности границ земельных участков, межевых знаков и поворотных точек границ городской черты, а также центров фотографирования

аэрофотокамеры в заданной системе координат. В настоящий момент ССТП Республики Беларусь состоит из 98 пунктов.

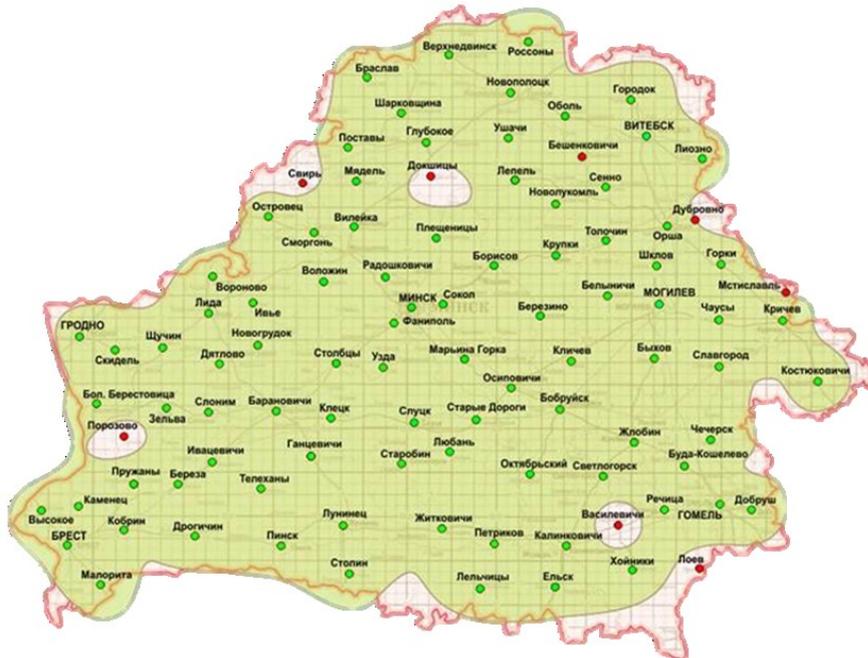


Рис. 2.1. Спутниковая система точного позиционирования в РБ

**Сервис точного спутникового позиционирования** – услуга по предоставлению доступа к данным, необходимым для коррекции и уточнения получаемого с помощью спутникового (ГНСС) навигационного и геодезического оборудования положения объектов в пространстве.

#### 2.4. Высотные опорные инженерно-геодезические сети

Высотные опорные геодезические сети на территориях, предназначенных для проведения инженерно-геодезических изысканий, производства разбивочных работ на строительных площадках и реализации проектов наблюдений за осадками и деформациями зданий и сооружений, строятся в виде сетей нивелирования II, III и IV классов точности, а также технического нивелирования в зависимости от площади и характера строительства (таблица 2.4.).

Таблица 2.4.

## Требования к точности высотных сетей

Площадь участка изысканий, км <sup>2</sup>	Класс точности сети
от 25 до 50	III класс IV класс Техническое нивелирование
от 10 до 25	IV класс Техническое нивелирование
от 5 до 10	IV класс Техническое нивелирование
До 1	Техническое нивелирование

Нивелирная сеть площадки изысканий или строительства создается в виде отдельных ходов, систем ходов (полигонов) или в виде самостоятельной сети, которая должна быть привязана не менее чем к двум исходным нивелирным знакам высшего класса.

### 2.5. Системы координат в инженерно-геодезических работах

Согласно закону Республики Беларусь от 14 июля 2008 г. № 396-З “О геодезической и картографической деятельности”: Статья 16 - на территории РБ при выполнении геодезических и картографических работ государственного назначения применяются **государственные системы координат**, высот, гравиметрических измерений и масштабный ряд государственных топографических карт и планов по решению Президента РБ.

На территориях административно-территориальных или территориальных единиц РБ при выполнении геодезических и картографических работ государственного или специального назначения могут применяться **местные системы координат** при условии обеспечения их взаимосвязи с государственной системой геодезических координат.

Порядок установления и использования местных систем координат определяются Государственным комитетом по имуществу РБ.

На основании Постановления Государственного комитета по имуществу РБ от 17 марта 2009 г. №18 **“Об утверждении Инструкции о порядке установления и использования местных систем координат”**:

3. Местные системы координат устанавливаются при создании на территориях населенных пунктов или промышленных объектов геодезических сетей сгущения или специальных геодезических сетей, которые являются геодезической основой для производства геодезических и картографических работ при инженерных изысканиях, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, землеустройстве, создании и ведении кадастров и выполнении других специальных работ.

4. Инициировать установление местных систем координат могут государственные органы, являющиеся заказчиками геодезических и картографических работ (далее – заказчик).

Работы по созданию местных систем координат в Республике Беларусь начаты еще в довоенный период и выполнялись, в основном, специалистами РУП Белгеодезия (предприятия № 5, западного АГП) и Треста инженерно-строительных изысканий (ТИСИЗа, БелТИСИЗа).

**Местные системы координат** часто используются при строительстве различных объектов. В таких объектах направления осей и начало координат назначают, исходя из удобства их использования в ходе строительства и последующей эксплуатации объекта.

Так, при съемке железнодорожной станции ось  $y$  направляют по оси главного железнодорожного пути в направлении возрастания пикетажа, а ось  $x$  – по оси здания пассажирского вокзала.

При строительстве мостовых переходов ось  $x$  обычно совмещают с осью моста, а ось  $y$  идет в перпендикулярном направлении.

При строительстве крупных промышленных и гражданских объектов оси  $x$  и  $y$  направляют параллельно осям строящихся зданий.

Проектирование генерального плана обычно начинается с решения горизонтальной планировки, задачей которой является определить положение в плане всех сооружений и устройств завода во взаимной увязке между собой. При этом горизонтальная планировка начинается с компоновки основных технологических производств на генеральном плане, затем подсобно-вспомогательных с учетом требований противопожарных и санитарных норм.

## 2.6. Красные линии

Красные линии – это линии, которые устанавливают границу между землями различного назначения.

*"Красные линии – предусмотренные градостроительной документацией детального планирования условные линии, предназначенные для отделения в населенных пунктах земель общего пользования от территорий, предназначенных для застройки или иного использования".*

Все, что находится между красными линиями улицы, является своеобразным коридором для прохождения инженерных сетей. Как правило, инженерные сети размещаются под газоном, тротуаром и между красными линиями и линиями застройки. Такой порядок существует с целью облегчения эксплуатации инженерных коммуникаций и уменьшения последующих затрат на их ремонт, а также восстановление дорожного покрытия. В исключительных случаях и при обосновании допускается прокладка инженерных сетей под проезжей частью и парковками.

План красных линий в масштабе является основным исходным документом, на который выписывают: номера поворотных и створных точек красных линий, значения их координат; дирекционные углы и длины линий; элементы кривых, ширину и номера проектируемых проездов; названия проектируемых зон и других градостроительных элементов; номера дел аналитических расчетов, по которым произведена прокладка красных линий.

## 2.7. Строительная сетка

**Строительная сетка** (рис. 2.2) - наиболее удобный вид геодезической основы на территории крупных строительных, промышленных и городских площадок.

Пункты строительной сетки должны обеспечить решение двух инженерно-геодезических задач:

1. топографическую съемку крупного масштаба (1:500), в частности для исполнительного генерального плана;
2. быстрый безошибочный перенос проекта в натуру — разбивочные работы для строительства и монтажа.

Оси СС обозначают: по оси абсцисс А, по оси ординат В.

Индекс при букве обозначает число сотен метров.  $A_2B_3 = X=200, Y=300$

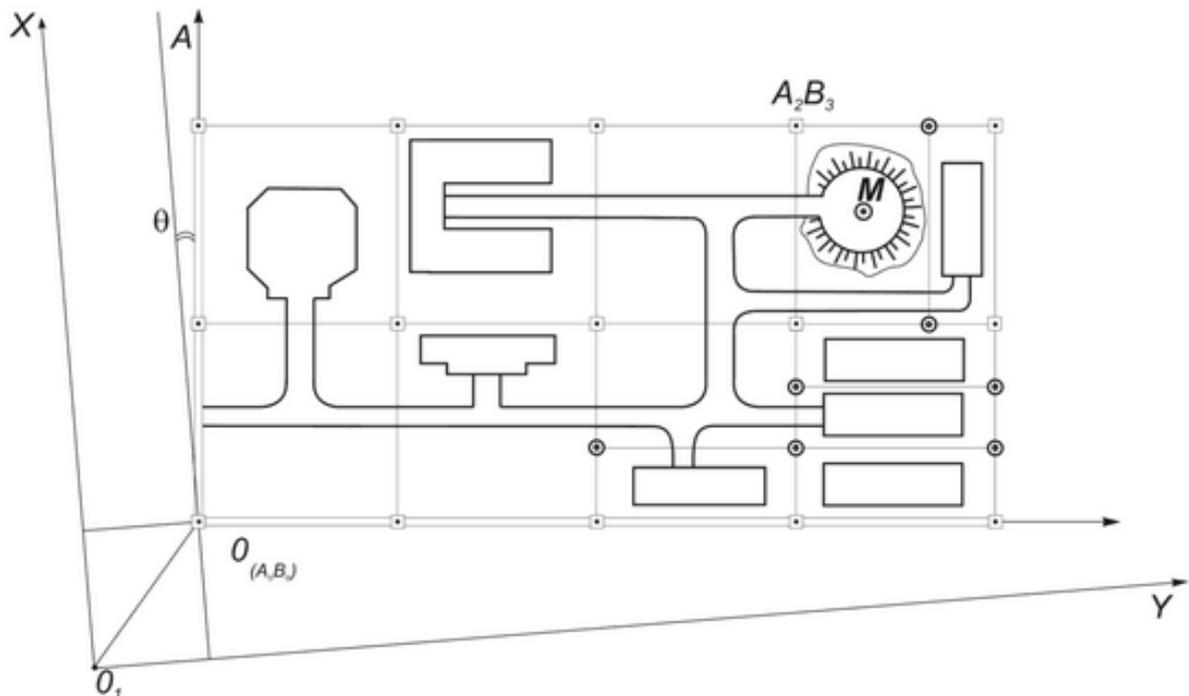


Рис. 2.2. Строительная сетка

### Достоинства и недостатки строительной сетки:

Строительная сетка, как геодезическая основа для разбивки сооружений, по сравнению с другими методами имеет ряд преимуществ, к основным из

которых относятся: простота и удобство вычислений при выполнении разбивочных работ и их контроля; обеспечение равномерной точности разбивок по всей территории стройплощадки; возможность использования пунктов в качестве геодезического обоснования съемок в процессе строительства и эксплуатации, для наблюдений за деформациями сооружений.

Недостаток. Большое количество трудоёмких линейных и угловых измерений, сложность уравнильных вычислений требуют специалистов высокой квалификации. Соответственно предлагаются другие решения, упрощающие геодезические работы применительно к конкретным видам сооружений. В частности, в натуру выносить не всю сеть, а некоторую геодезическую фигуру (многоугольник с прямыми углами). Для разбивки небольшого количества объектов целесообразно создавать основу в виде одной -двух сторон квадрата. Отдельные здания можно вынести в натуру непосредственно от пунктов государственной плановой геодезической сети и сетей местного значения, если получено на это разрешение. От пунктов съёмочного обоснования, которыми часто служат точки теодолитного хода, разбивку можно производить без согласования, так как эта сеть создана проектной организацией.

## 2.8. Плановая геометрическая основа объекта

**Плановой геометрической основой объекта** (рис. 2.3, рис. 2.4) строительства служат его оси: главные, основные и дополнительные.

**Главные оси** — это оси симметрии здания, сооружения. Такие оси используют для объектов большой площади и сложной конфигурации. Главные оси — это две взаимно перпендикулярные линии, относительно которых здание или сооружение располагается симметрично. На генеральном плане оси обозначаются римскими цифрами.

**Основными** называются *оси*, ограничивающие общий контур (габарит) здания. Одни из них - продольные, обозначаются буквами, а перпендикулярные к ним – поперечные - арабскими цифрами.

**Дополнительные оси** чаще бывают промежуточными, а иногда внешними, и служат для детальной разбивки частей конструкций, здания и сооружения.

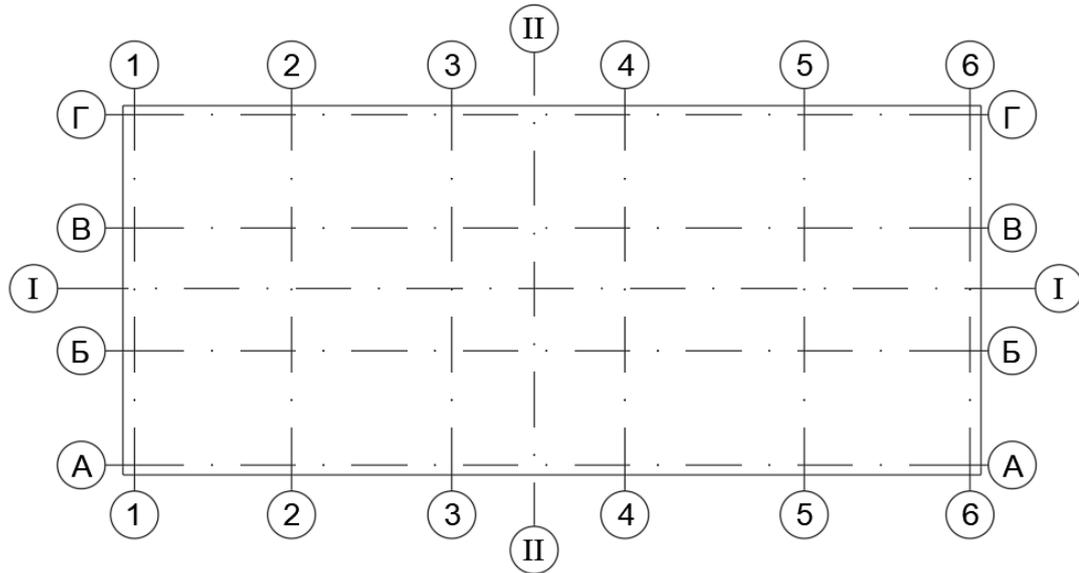


Рис. 2.3. Плановая геометрическая основа объекта

Главными являются оси I-I и II-II, основными А-А, Г-Г, 1-1, 6-6.

Вспомогательные или разбивочные оси это - Б-Б, В-В, 2-2, 3-3, 4-4, 5-5.

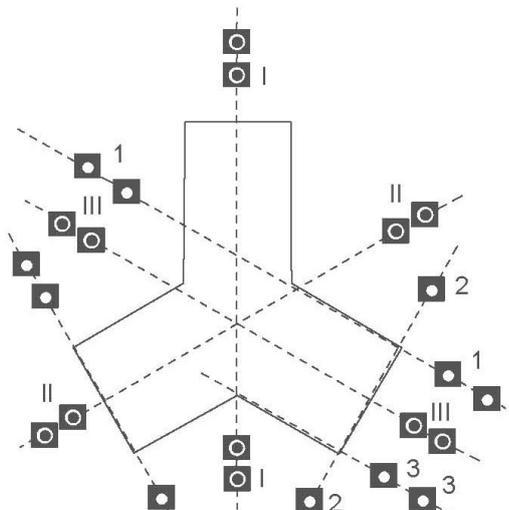


Рис. 2.4. Разбивка при различных конфигурациях сооружений

**При сложной конфигурации** зданий, при их значительных размерах разбивают и закрепляют **главные оси**. **При строительстве небольших зданий** и сооружений разбивают **основные оси** (рис. 2.4).

Разбивку главных и основных осей здания и сооружения выполняют на основании генплана. Главные или основные оси разбивают на местности от пунктов плановой разбивочной сети строительной площадки.

Разбивку начинают с выноса двух крайних точек, определяющие положение наиболее длинной продольной оси.

Поперечные оси разбивают от ранее вынесенных точек оси построением прямого угла. Место точек пересечения вынесенных поперечных осей с продольной осью определяют линейными измерениями.

Для контроля выполняют контрольные промеры до сторон и пунктов основы, измеряют диагонали и стороны прямоугольника, образованного осями.

При необходимости увязки высокоточных технологических линий и целых комплексов зданий разбивают специальную разбивочную сеть, пункты которой совмещают с точками закрепления главных и основных осей.

Точность выноса точек оси отдельного сооружения в натуру в плане по графическим данным геоплан составляет (2.15.):

$$m_{xy} \approx \delta M \quad (2.15.)$$

где,  $\delta \approx 0,5$  мм - средняя квадратическая погрешность определения расстояния по плану;

M - знаменатель масштаба плана.

Места закладки геодезических знаков указывают на строительном генеральном плане в проектной документации, в ППР или ППГР.

Главные и основные оси зданий закрепляют знаками в виде забетонированного в якорь отрезка рельса или трубы, вбитых в землю металлических штырей, деревянных кольев с гвоздями в торце, специальных марок на капитальных зданиях.

**Геодезическая основа** сооружения на начальном этапе **служит для выполнения строительных работ нулевого цикла** - инженерной подготовки строительной площадки, устройства котлована, затем искусственного основания и фундаментов.

В процессе этого цикла здание и сооружение возводится до горизонтальной поверхности, отметку которой называют **строительным нулем**. От него ведется разбивка сооружения по высоте для выполнения основного цикла строительно-монтажных работ.

На уровне строительного нуля производится очередной вынос основных и промежуточных осей на монтажный горизонт.

После выноса опорных точек фундаментов сооружения в натуру на проектную высоту переходят к рабочим строительным отметкам и счет их едут от строительного нуля.

Пункты геодезической разбивочной основы должны быть переданы заказчиком и приняты подрядной строительной организацией (далее — подрядчик) по акту.

**При сдаче-приемке геодезической разбивочной основы должны быть предъявлены, закрепленные на площадке строительства (рис. 2.5):**

- знаки разбивочной сети строительной площадки;
- плановые (осевые) знаки внешней разбивочной сети здания в количестве не менее четырех;
- на каждую ось, в том числе знаки, определяющие точки пересечения основных разбивочных осей всех углов здания;
- знаки разбивочной сети строительной площадки;
- плановые (осевые) знаки линейных сооружений, определяющие ось, начало, конец трассы, колодцы (камеры), закрепленные на прямых участках не менее чем через 0,5 км и на углах поворота трассы;
- нивелирные реперы по границам и внутри застраиваемой территории — у каждого здания;

- не менее одного, вдоль осей инженерных сетей — не реже чем через 0,5 км;

- каталоги координат, высот и абрисы всех пунктов геодезической разбивочной основы.

- a, б* - для зоны сезонного промерзания;  
*в* - для закладки ниже зоны рыхлых грунтов;  
*г* - для заложения в капитальные сооружения;  
*д* - для заложения в бетонные перекрытия;  
 1 - пластина 200х200 мм;  
 2 - выступ координатный;  
 3 - труба диаметром 50-70 мм;  
 4 - зона промерзания грунтов;  
 5 - якорь;  
 6 - рельс;  
 7 - скважина под бур;  
 8 - свая;  
 9 - сферическая поверхность;  
 10 - толщина рыхлых грунтов;  
 11 - глубина погружения сваи в устойчивые грунты.

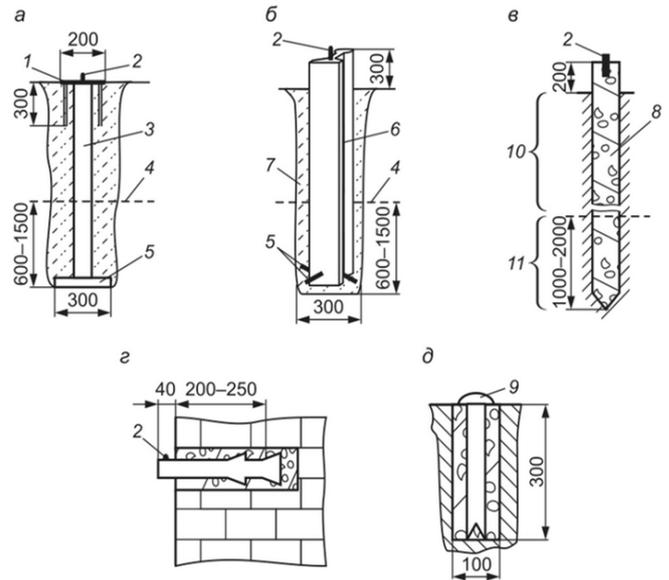


Рис. 2.5. Типы геодезических знаков, выбор места их закрепления

### 3. Разбивочные работы

Разбивка сооружения включает в себя:

1. Основные разбивочные работы;
2. Детальную строительную разбивку сооружения;
3. Разбивку технологических осей.

#### 3.1. Основные разбивочные работы

От пунктов геодезической основы согласно данным привязки находят на местности положение главных разбивочных осей и закрепляют их знаками. Затем от главных осей осуществляют разбивку основных осей и их закрепление на местности. Точность вынесения в натуру главных осей составляет 3 – 5 см, а иногда и грубее.

#### 3.2. Детальная строительная разбивка сооружения

Начиная с возведения фундаментов, проводят детальную строительную разбивку сооружений. От закрепленных точек главных и основных осей разбивают продольные и поперечные оси отдельных строительных блоков и частей сооружений с одновременной установкой точек и плоскостей на уровень проектных отметок. Точность разбивки основных и детальных осей составляет 2 – 3 мм и даже в некоторых случаях точнее.

#### 3.3. Разбивка технологических осей

После завершения строительства фундаментов разбивают монтажные или технологические оси для установки в проектное положение конструкций и технологического оборудования. Точность геодезических работ на этом этапе составляет 1 – 0,1 мм.

Допустимые средние квадратические погрешности измерений при построении внешней и внутренней разбивочных сетей зданий и производстве разбивочных работ в процессе строительства следует принимать в соответствии с таблицей (3.1.), а также требованиями ГОСТ 26433.2 и ГОСТ 23616.

Таблица 3.1.

Здания, строительные конструкции	Допустимая средняя квадратическая погрешность				
	Линейные измерения	Угловые измерения	Превышения на станции, мм	Отметки на монтажном горизонте относительно исходного, мм	Передача точек, осей по вертикали, мм
Металлические конструкции с фрезерованными контактными поверхностями; сборные железобетонные конструкции, монтируемые методом самофиксации в узлах; сооружения высотой св. 100 до 120 м или с пролетами св. 30 до 36 м	1:15 000	5''	1	Числовые значения погрешностей следует назначать в зависимости от высоты монтажного горизонта	
Здания св. 15 этажей, сооружения высотой св. 60 до 100 м или пролетами св. 18 до 30 м	1: 10 000	10''	2	-	-
Здания св. пяти до 15 этажей, сооружения высотой св. 15 до 60 м или пролетами св. 6 до 18 м	1:5000	20''	2,5	-	-
Здания до пяти этажей, сооружения высотой до 15 м или пролетами до 6 м	1:3000	30''	3	-	-
Конструкции из дерева; инженерные сети, дороги, подъездные пути	1:2000	30''	5	-	-
Земляные сооружения, в том числе вертикальная планировка	1:1000	45''	10	-	-

*Примечания:*

1. При наличии двух и более характеристик значения средних квадратических погрешностей назначают по характеристике, которой соответствует более высокая точность.

2. Точность геодезических построений для строительства объектов с повышенной геометрической точностью следует определять расчетами с учетом особых требований к допускам, предусматриваемых проектной документацией.

### 3.4. Элементы геодезических разбивочных работ

#### Вынос в натуру проектного угла (рис. 3.1)

Стандартные геодезические приборы, изготовленные серийно, по точности предназначены для выполнения измерений, а не построений. В результате точность отложения разбивочных элементов этими приборами оказывается ниже, чем точность измерений с использованием этих приборов.

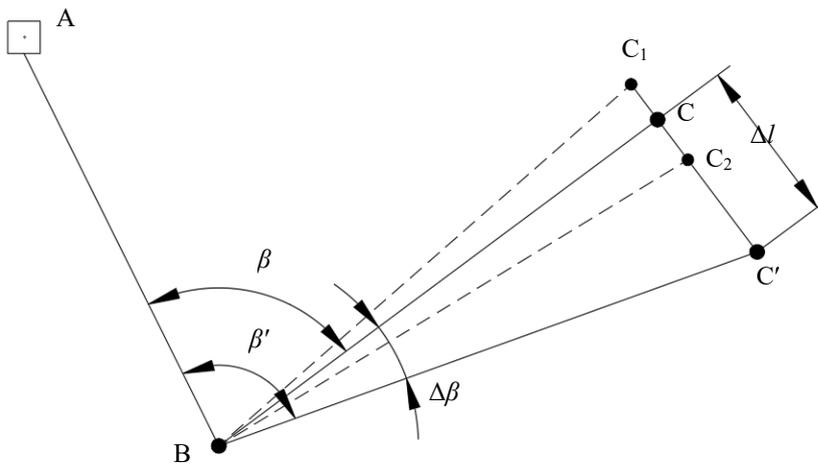


Рис. 3.1. Вынос в натуру проектного угла

Поэтому, если необходимо построить проектный угол с повышенной точностью, то построенный в натуре угол измеряют несколькими приемами и определяют его более точное значение  $\beta''$ . Число приемов измерения угла можно определить по приближенной формуле (3.1.):

$$n = \frac{(m'_\beta)^2}{m_\beta^2} \quad (3.1.)$$

где,  $m'_\beta$  – номинальная для данного теодолита средняя квадратическая погрешность измеренного угла;

$m_\beta$  – требуемая средняя квадратическая погрешность отложения угла.

Например, для того чтобы отложить угол со средней квадратической погрешностью 2'' теодолитом 2Т5, надо его измерить шестью приемами.

Измерив построенный в натуре угол, вычисляют поправку, которую необходимо ввести для уточнения построенного угла (3.2.).

$$\Delta\beta = \beta' - \beta \quad (3.2.)$$

По проектному расстоянию  $BC=l$  рассчитывают линейную поправку  $\Delta l$  (3.3.):

$$\Delta l = l \frac{\Delta\beta}{\rho} \quad (3.3.)$$

где,  $\Delta\beta$  и  $\rho$  выражены в секундах.

Если  $l = 200$  м,  $m_{\Delta\beta} = 2''$ , то получим  $m_{\Delta l} = 2$  мм.

Далее откладывают от точки С перпендикулярно к линии ВС вычисленную поправку  $\Delta l$  и фиксируют точку С'. Угол АВС' и будет равен проектному углу с заданной точностью.

Для контроля угол АВС' измеряют. Если полученное значение отличается от проектного на допускаемую величину, то работу заканчивают. В противном случае требуется дальнейшее уточнение.

**Точность построения на местности проектного угла зависит от:**

- инструментальных погрешностей;
- погрешностей собственно измерения (визирования и отсчета по лимбу);
- погрешностей из-за влияния внешних условий.

Погрешности центрирования, редукии и исходных данных (погрешности в положении пунктов А и В) на точность отложения проектного угла влияния не оказывают, что позволяет учитывать их отдельно. Однако эти погрешности вызывают смещение на местности направления ВС и выносимой точки С.

**Вынос в натуру проектной длины линии**

Таблица 3.2.

Поправки	Поправки в длину линии	
	При измерении линии	При отложении проектных расстояний
За компарирование	$\pm \Delta l_k$	$\pm \Delta l_k$
За температуру	$[\alpha l_{t_0}(t - t_0) + \beta l_{t_0}(t^2 - t_0^2)]$	$-[\alpha l_{t_0}(t - t_0) + \beta l_{t_0}(t^2 - t_0^2)]$
За наклон местности	$-\frac{h^2}{2l} - \frac{h^4}{8l^3}$	$+\frac{h^2}{2l} + \frac{h^4}{8l^3}$

Для построения проектного расстояния необходимо от исходной точки отложить в заданном направлении расстояние, горизонтальное проложение которого равно проектному значению.

**!!! ПОМНИТЬ: в проекте всегда задается горизонтальное проложение.**

Поправки за компарирование, температуру и наклон местности необходимо вводить непосредственно в процессе ее построения.

Часто используют способ редуцирования (рис. 3.2), как и при построении проектного угла: на местности от исходной точки А сначала откладывают и закрепляют приближенное значение проектного расстояния (точка В'). Это расстояние с необходимой точностью измеряют компарированными мерными приборами с учетом всех поправок. Вычисляют длину закрепленного отрезка и сравнивают его с проектным значением и находят линейную поправку:  $\Delta l = l_{np} - l_{изм}$  и откладывают ее с соответствующим знаком от конечной точки В отрезка

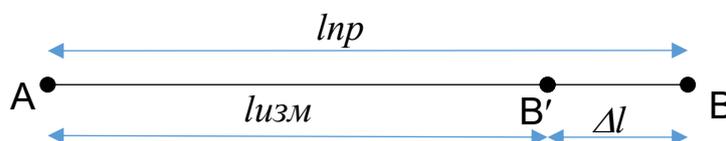


Рис. 3.2. Способ редуцирования

### Вынос в натуру проектной отметки

!!! Все отметки, указанные в проекте сооружения, даются от уровня «чистого пола» или какого-либо другого условного уровня. Поэтому предварительно их необходимо перевычислить в систему (3.4., 3.5.), в которой даны высоты исходных реперов (рис. 3.3).

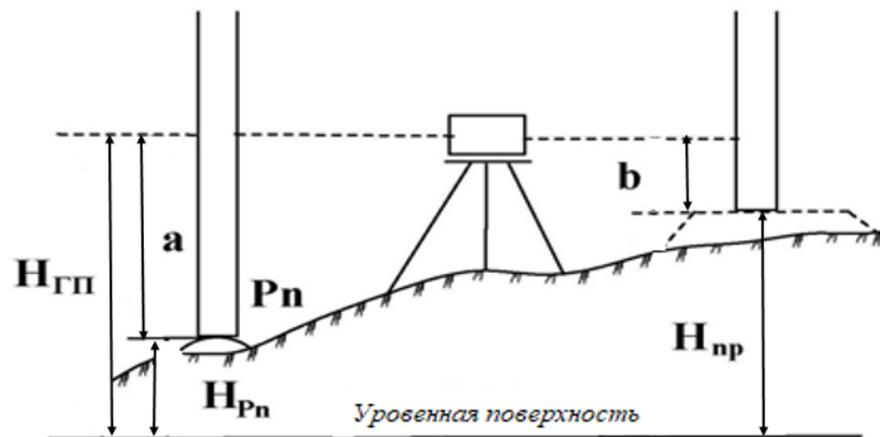


Рис. 3.3. Вынос в натуру проектной отметки

$$H_{ГП} = H_p + a \quad (3.4.)$$

$$b = H_{ГП} - H_{пр} = H_p + a - H_{пр} \quad (3.5.)$$

Если необходимо передать проектные отметки точек, лежащих в одной вертикальной плоскости (на стенах, колоннах и т. п.), то: на вертикальной плоскости отмечают проекцию среднего штриха сетки, т. е. фиксируют горизонт прибора. Затем, отмеряя вверх или вниз от этой линии соответствующее превышение, отмечают проектную отметку точки.

На точность вынесения в натуру проектных отметок в основном влияют:

- погрешность в определении отметки исходного репера;
- погрешность отсчета  $a$  по рейке на исходном репере;
- погрешность установки рейки на проектный отсчет;
- погрешность фиксирования проектной отметки в натуре.

При тщательной работе можно считать, что погрешности отсчитывания по рейкам приблизительно равны, следовательно, средняя квадратическая погрешность вынесения проектной отметки в натуру будет равна (3.6.):

$$m_{\text{пр}}^2 = m_{\text{рп}}^2 + 2m_a^2 + m_{\phi}^2 \quad (3.6.)$$

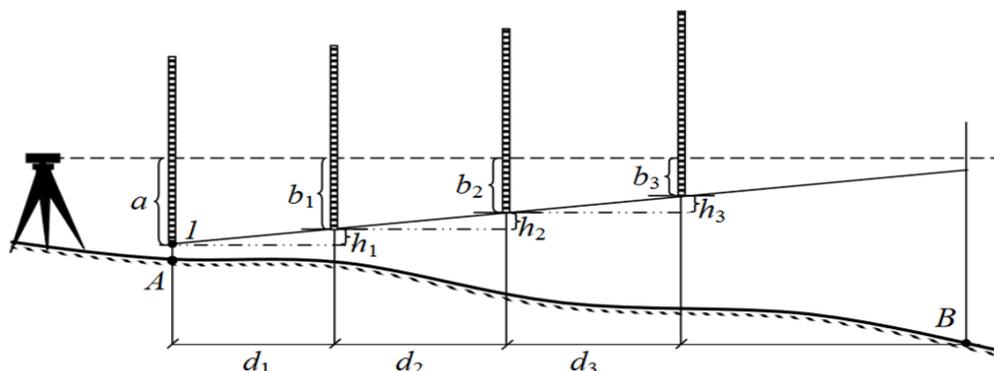


Рис. 3.4. Вынос линии заданного уклона методом геометрического нивелирования

$$b = \Gamma\Pi - H_B \quad (3.7.)$$

$$H_B = H_A + id_{AB} \quad (3.8.)$$

### Вынос в натуру проектной линий и плоскости заданного уклона с помощью наклонного луча

Построение линии с проектным уклоном (рис. 3.5) выполняют следующим способом: при использовании нивелира строят линию с проектным уклоном исходя из условия: отсчет по черной шкале рейки должен быть равен высоте прибора  $i_n = v$ .

Предварительно выносятся в натуру проектные высоты точек А и В. Затем в начальной точке А устанавливают нивелир одним из подъемных винтов в сторону уклона и измеряют высоту прибора  $i_n$ , в точке В - рейку.

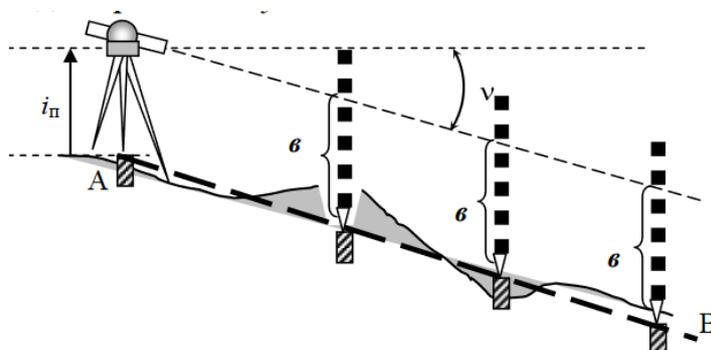


Рис. 3.5. Вынос в натуру проектной линий и плоскости заданного уклона с помощью наклонного луча

С помощью элевационного винта или подъемного винта, или одной из ножек штатива добиваются, чтобы отсчет по рейке соответствовал высоте прибора. Установив в промежуточной точке рейку в створе линии АВ, перемещают ее в вертикальном направлении добиваясь, чтобы отсчет был равен  $v$ , при этом пятка рейки будет находиться на линии заданного уклона.

**При использовании теодолита** (рис. 3.6): теодолит устанавливают в начальной точке с проектной отметкой и измеряют высоту прибора относительно нее. На вертикальном круге с учетом места нуля устанавливают отсчет в градусной мере, равный проектному уклону.

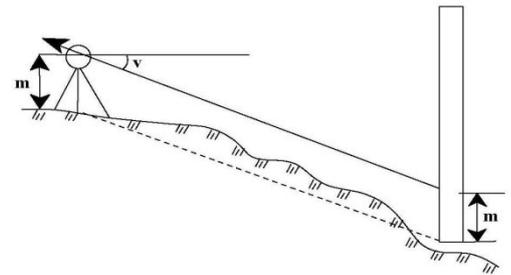


Рис. 3.6. Вынос в натуру проектной линии

Линия визирования зрительной трубы теодолита будет фиксировать угол наклона, соответствующий проектному уклону.

Затем, отметив на рейке или вехе высоту прибора, выполняют те же операции, что и при использовании нивелира.

### 3.5. Способы разбивки сооружений

#### Способы полярных координат и проектного полигона

Применяют для разбивки с пунктов теодолитных или полигонометрических ходов, когда ходы расположены недалеко от выносимых точек. В этом способе положение определяемой точки С находят на местности путем отложения от направления АВ проектного угла  $\beta$  и расстояния  $S$ .

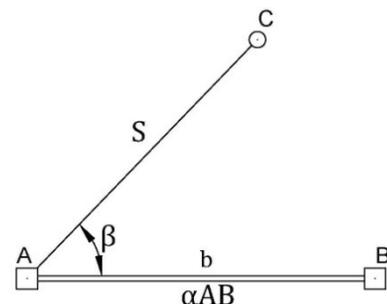


Рис. 3.7. Способы полярных координат и проектного полигона

Проектный угол  $\beta$  находится как разность дирекционных углов  $\alpha_{AB}$  и  $\alpha_{AC}$ , вычисленных, как и расстояние  $S$  из решения обратных геодезических задач по координатам точек  $A$ ,  $B$  и  $C$ . Средняя квадратическая погрешность выноса в натуру точки  $C$  определяется формулой (3.9.):

$$m_c^2 = m_{c.p}^2 + m_{исх}^2 + m_{ц}^2 + m_{ф}^2 \quad (3.9.)$$

где,  $m_{c.p}$  - ошибка собственно разбивки;

$m_{исх}$  - ошибка исходных данных;

$m_{ц}$  - ошибка центрирования;

$m_{ф}$  - ошибка фиксации.

$m_{c.p}$  - ошибка собственно разбивки, зависит от погрешности  $m_{\beta}$  построения угла  $\beta$  и погрешности  $m_s$  отложения проектного расстояния  $S$  (3.10. - 3.12.):

$$m_{c.p}^2 = m_s^2 + \left(\frac{m_{\beta}}{\rho}\right)^2 \cdot S^2 \quad (3.10.)$$

где,  $m_{и}$  - ошибка исходных данных. При  $m_A = m_B = m_{AB}$

$$m_{исх}^2 = m_{AB}^2 \left[1 + \left(\frac{S}{b}\right)^2 - \frac{S}{b} \cos\beta\right] \quad (3.11.)$$

где,  $m_{ц}$  - ошибка центрирования. Если  $e$  - линейный элемент центрирования

$$m_{ц}^2 = e^2 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{S}{b}\right)^2 - \frac{S}{b} \cos\beta\right] \quad (3.12.)$$

Из формул 3.11. и 3.12. следует, что для уменьшения влияния ошибок  $m_{и}$  и  $m_{ц}$  необходимо стремиться чтобы угол  $\beta$  и отношение  $b$  были как можно меньше или  $\beta \leq 90$ ,  $S \leq b$  (базиса разбивки).

Для приближенных расчетов, приняв  $\beta = 90^\circ$  и  $S = b$ , получим (3.13.):

$$m_{исх}^2 = 2m_{AB}^2, m_{ц}^2 = 2e^2 \quad (3.13.)$$

где,  $e$  – линейный элемент.

Для суммарной ошибки в положении точки, разбиваемой способом полярных координат (3.14.):

$$m_c^2 = m_s^2 + \left(\frac{m_{\beta}}{\rho}\right)^2 \cdot S^2 + 2m_{AB}^2 + m_{ц}^2 + m_{ф}^2 \quad (3.14.)$$

Для примера оценим точность разбивки проектного положения точки с пунктов полигонометрии:

$$b = 250 \text{ м}, m_{AB} = 10 \text{ мм}, S = 100 \text{ м}, \frac{m_s}{S} = \frac{1}{5000}, \beta = 45^\circ, m_\beta = 10'', e = 1 \text{ мм}, m_\phi = 1 \text{ мм}$$

$$\frac{m_\beta}{\rho} S = \frac{1 \cdot 100 \cdot 000}{206265} = 5 \text{ мм}, m_S = \frac{100 \text{ м}}{5000} = 20 \text{ мм}$$

Ошибка положения проектной линии:

- линейная величина построения проектного угла;
- ошибка исходных данных.

Ошибки центрирования и фиксации пренебрежимо малы. Тогда (3.15.):

$$m_c = \sqrt{20^2 + 5^2 + 9.4^2} = 23 \text{ мм}, m_n = \sqrt{1 + 0.4^2 - 0.4 \cdot 0.7} = 9.4 \text{ мм} \quad (3.15.)$$

Если разбиваемая точка находится на значительном расстоянии от исходного пункта, то применяют **способ проектного полигона** (рис. 3.8), откладывая при этом несколько раз проектные углы  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  и расстояния, прокладывая тем самым проектный ход А, 1, 2, С.

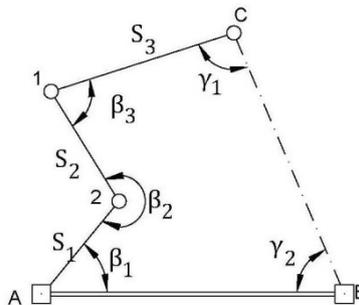


Рис. 3.8. Способ проектного полигона

При наличии прямой видимости с точки С на точку В для контроля измеряют примычные углы  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  образуя замкнутый угловой полигон. При точных разбивочных работах углы полигона уравнивают, вычисляют по ним и проектным расстояниям координаты точки С, сравнивают их с проектными и при необходимости редуцируют в проектное положение.

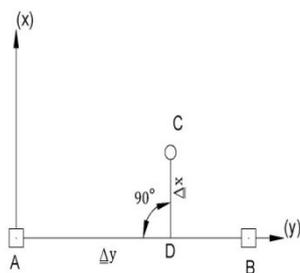
### Способ прямоугольных координат

Применяют при наличии на площадке или в цехе промышленного предприятия строительной сетки, в системе координат которой задано положение всех главных точек и осей проекта.

Разбивку проектной точки С (рис. 3.9) производят по вычисленным значениям приращений ее координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$  от ближайшего пункта сетки. Большее приращение (на рисунке  $-\Delta y$ ) откладывают по створу пунктов сетки АВ. В полученной точке D устанавливают теодолит и строят от стороны сетки прямой угол. По перпендикуляру откладывают меньшее приращение  $\Delta x$  и закрепляют полученную точку С.

Средняя квадратическая погрешность в положении точки С, определенной способом прямоугольных координат, может быть выражена формулой (3.16.):

$$m_c^2 = m_{\Delta x}^2 + m_{\Delta y}^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \cdot \Delta x^2 + m_{исх}^2 + m_{ц}^2 + m_\phi^2 \quad (3.16.)$$



где,  $m_{\Delta x}$  и  $m_{\Delta y}$  – погрешности отложения приращений координат.

Рис. 3.9. Способ  
прямоугольных координат

При условии  $m_A = m_B = m_{AB}$  погрешностей в положении исходных пунктов (3.17.):

$$m_{исх}^2 = m_{AB}^2 \left[ 1 + \left(\frac{\Delta x^2}{b}\right) + \left(\frac{\Delta y^2}{b}\right) - \frac{\Delta y}{b} \right] \quad (3.17.)$$

а погрешностей центрирования (3.18.):

$$m_{ц}^2 = e^2 \left[ 1 + \left(\frac{\Delta x}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{b}\right)^2 - \frac{\Delta y}{b} \right] \quad (3.18.)$$

где,  $b$  – длина стороны строительной сетки.

Рассчитаем для примера точность выноса в натуру проектной точки С, расположенной в середине квадрата строительной сетки со стороной 200 м. Примем относительную погрешность отложения расстояния равной 1:10000,  $m_{\beta} = 10''$ ,  $m_{AB} = 10$  мм,  $e = 1$  мм,  $m_{\phi} = 1$  мм.

Поскольку точка С расположена в середине квадрата строительной сетки, то  $\Delta x = \Delta y = 100$  м. Для этого случая:

$$m_{\Delta x} = m_{\Delta y} = \frac{100\ 000}{10\ 000} = 10 \text{ мм}, \quad m_{и} = m_{AB} = 10 \text{ мм}, \quad m_{ц} = e = 1 \text{ мм},$$

$$\frac{m_{\beta}}{\rho} = \Delta x = \frac{10 \cdot 100\ 000}{206265} = 5 \text{ мм}, \quad m_c = \sqrt{10^2 + 10^2 + 5^2 + 10^2} = 18 \text{ мм}.$$

### Способы прямой и обратной угловых засечек

Способ угловой засечки применяют для разбивки недоступных точек, находящихся на значительном расстоянии от исходных пунктов (рис. 3.10). В способе прямой угловой засечки положение на местности проектной точки С находят отложением на исходных пунктах А и В проектных углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$ .

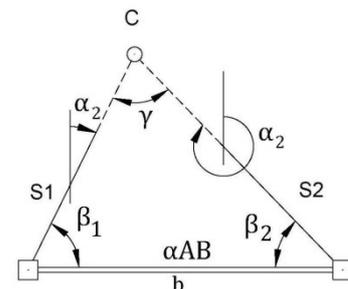


Рис. 3.10. Способы прямой и обратной угловых засечек

Базисом засечки служит или специально измеренная сторона, или сторона разбивочной сети. На точность разбивки способом прямой угловой засечки оказывают влияние погрешности собственно прямой засечки, исходных данных, центрирования теодолита и визирных целей, фиксирования разбивочной точки, т.е. (3.19.):

$$m_c^2 = m_{с.з}^2 + m_{исх}^2 + m_{ц}^2 + m_{\phi}^2 \quad (3.19.)$$

Средняя квадратическая погрешность собственно равна (3.20., 3.21.):

$$m_{с.з}^2 = \frac{m_\beta b}{\rho \cdot \sin^2 \gamma} \sqrt{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2} \quad (3.20.)$$

или

$$m_{с.з}^2 = \frac{m_\beta}{\rho \cdot \sin \gamma} \sqrt{S_1^2 + S_2^2} \quad (3.21.)$$

где,  $m_\beta$  – средняя квадратическая погрешность отложения углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$ .

Согласно исследованиям А. С. Чеботарева, наиболее выгодная фигура – равнобедренный треугольник ( $\beta_1 = \beta_2$ ,  $S_1 = S_2$ ). Погрешность засечки будет минимальной при  $\gamma = 109^\circ 28'$ .

Погрешность исходных данных является следствием погрешностей в положении пунктов А и В. Если принять, что  $m_A = m_B = m_{AB}$ , то (3.22.):

$$m_{исх}^2 = m_{AB}^2 \frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^2 \gamma} = m_{AB}^2 \frac{S_1^2 + S_2^2}{b_2} \quad (3.22.)$$

Совместное влияние погрешностей центрирования теодолита и визирной цели выразится формулой (3.23.):

$$m_{ц}^2 = e^2 \frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^2 \gamma} = e^2 \frac{S_1^2 + S_2^2}{b_2} \quad (3.23.)$$

где,  $e$  – средняя квадратическая погрешность определения линейного элемента центрирования.

Основными погрешностями, определяющими точность способа прямой угловой засечки, являются погрешности собственно засечки и исходных данных. Суммарная величина этих погрешностей составит (3.24.):

$$m_c^2 = \left( \frac{m_\beta^2}{\rho^2 \sin^2 \gamma} + \frac{m_{AB}^2}{b_2} \right) (S_1^2 + S_2^2) \quad (3.24.)$$

При  $S_1 = S_2 = S$ ;  $\gamma = 90^\circ$  ошибка в положении выносимой точки выразится (3.25.):

$$m_c = \left( \frac{m_\beta}{\rho} \right)^2 b^2 + m_{AB}^2 \quad (3.25.)$$

При проектировании решают задачу о необходимой точности отложения угла, если задана точность определения проектного положения выносимой точки.

Тогда, для  $b = 500$  м,  $m_c = 20$  мм,  $m_{AB} = 8$  мм, используя формулу, будем иметь:

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{(m_c^2 - m_{AB}^2) \cdot \rho^2}{b^2}} = \sqrt{\frac{(20^2 - 8^2)(2 \cdot 10^5)^2}{(5 \cdot 10^5)^2}} = 2.3$$

Отложить с такой точностью угол довольно сложно. Требуемая точность разбивки в этом случае может быть достигнута следующим образом:

1. Отложив с возможной точностью углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$ , определяют в натуре положение точки С.
2. На опорных пунктах соответствующим числом приемов измеряют точное значение отложенных углов.
3. Измеряют угол  $\gamma$  на точке С.
4. Распределив невязку в треугольнике поровну на все три угла, определяют координаты точки С.
5. Сравнивая их с проектными значениями, находят поправки (редукции), по которым в натуре смещают (редуцируют) приближенно вынесенную точку С.

На принципе редуцирования основано и применение для разбивки способа обратной угловой засечки.

Для вычисления координат точки Р можно использовать формулы Деламбера и Гаусса. Применительно к рис. 3.11 они будут иметь вид (3.26. – 3.29.):

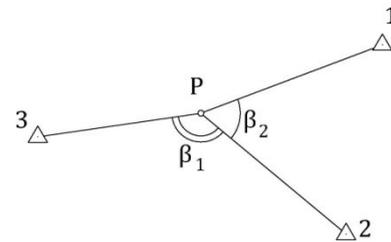


Рис. 3.11. Способ обратной угловой засечки

$$tg \alpha_2 = \frac{(Y_3 - Y_2)ctg \beta_2 + (Y_1 - Y_2)ctg \beta_1 - (X_3 - X_1)}{(X_3 - X_2)ctg \beta_2 + (X_1 - X_2)ctg \beta_1 - (Y_3 - Y_1)} \quad (3.26.)$$

$$X_P = \frac{X_1 \cdot tg \alpha_1 - X_2 \cdot tg \alpha_2 + (Y_2 - Y_1)}{tg \alpha_1 - tg \alpha_2} \quad (3.27.)$$

$$Y_P = Y_1 + (X_P - X_1)tg \alpha_1; Y_P = Y_3 + (X_P - X_3)tg \alpha_3 \quad (3.28.)$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 - \beta_1 \pm 180^\circ; \alpha_3 = \alpha_2 + \beta_2 \pm 180^\circ \quad (3.29.)$$

Собственно засечки влияют на точность разбивки, исходных данных, центрирование теодолита и визирных целей, фиксирования разбивочной точки, редуцирования.

Погрешность собственно обратной засечки может быть подсчитана по приближенной формуле (3.30.):

$$m_{c.з} = \frac{m_\beta \cdot S_1}{\rho \cdot \sin(\beta_1 + \beta_2 + \omega_{213})} \cdot \sqrt{\left(\frac{S_2}{b_{12}}\right)^2 + \left(\frac{S_3}{b_{13}}\right)^2} \quad (3.30.)$$

где,  $S$  – расстояние от определяемого до соответствующих опорных пунктов;  
 $b$  – расстояние между соответствующими опорными пунктами;  
 $\omega_{213}$  – угол между исходными сторонами.

Если для приближенных расчетов принять  $S_1 = S_2 = S_3 = S_{cp}$ ;  $b_{12} = b_{13} = b_{cp}$ , то формула примет вид (3.31.):

$$m_{c.з} = \frac{m_\beta \cdot S_{cp}}{\rho \cdot \sin(\beta_1 + \beta_2 + \omega_{213})} \cdot \frac{S_{cp}}{b_{cp}} \quad (3.31.)$$

### Способ линейной засечки

Средняя квадратическая погрешность в положении определяемой точки в общем виде выражается формулой (3.32.), аналогичной выражению для угловой засечки:

$$m_c^2 = \left( \frac{m_\beta^2}{\rho^2 \sin^2 \gamma} + \frac{m_{AB}^2}{b^2} \right) (S_1^2 + S_2^2) \quad (3.32.)$$

Погрешность собственно линейной засечки может быть подсчитана по формуле (3.33.):

$$m_{c.з}^2 = \sqrt{\frac{m_{S_1}^2 + m_{S_2}^2}{\sin^2 \gamma}} \quad (3.33.)$$

Если  $\gamma = 90^\circ$ , то  $m_{c.з} = m_s \sqrt{2}$ .

Влияние погрешностей исходных данных в линейной засечке выражается формулой (3.34.):

$$m_{исх}^2 = \frac{m_A^2 + m_B^2}{2 \sin^2 \gamma} \quad (3.34.)$$

Общая погрешность в определении положения разбиваемой точки С (3.35.) при  $\gamma = 90^\circ$ :

$$m_c = \sqrt{2m_s^2 + m_{AB}^2}. \quad (3.35.)$$

Если задана точность определения проектного положения выносимой в натуру точки и известна погрешность в положении исходных пунктов, то точность отложения разбивочных расстояний будет определена из формулы.

Например, при  $m_c = 10$  мм и  $m_{AB} = 5$  мм можно получить  $m_s = 6$  мм.

$$m_s = \sqrt{\frac{m_c^2 - m_{AB}^2}{2}} = \sqrt{\frac{100 - 25}{2}} = 6.1 \text{ мм},$$

В случае, если для линейной засечки применяются приборы, которые центрируются при помощи штативов, то влияние погрешностей центрирования можно определить по формуле (3.36.):

$$m_{\text{ц}} = \frac{e}{\sin \gamma}. \quad (3.36.)$$

### Способ бокового нивелирования

Применяют для выноса осей при детальной разбивке и для установки строительных конструкций в проектное положение.

Параллельно основной оси АВ задается створ А'В'. Точки А' и В' находят, откладывая расстояние  $l$  от точек А и В.

Положение оси конструкции определяют при помощи горизонтально установленной нивелирной рейки. При отсчете  $l$  по рейке, равном величине расстояния параллельного створа А'В' от оси АВ, пятка рейки задает положение оси в данном месте.

**Основные ошибки этого способа (3.37.):**

- разбивка параллельного створа  $m_{\text{ст}}$
- центрирование прибора и визирной цели  $m_{\text{ц}}$
- установка рейки  $m_{\text{у}}$
- отсчета по рейке  $m_{\text{о}}$

$$m_c^2 = m_{\text{ств}}^2 + m_{\text{ц}}^2 + m_{\text{у}}^2 + m_{\text{о}}^2 \quad (3.37.)$$

Погрешность  $m_{ст}$  складывается из погрешностей построения прямого угла и отложения расстояния  $l$ . Расчет их аналогичен полярному способу, используется формулу (3.38.).

$$m_{с.р}^2 = m_s^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \cdot S^2 \quad (3.38.)$$

Влияние погрешности центрирования  $m_{ц}$  можно подсчитать по формуле 3.39.):

$$m_{ц}^2 = \frac{e^2}{2} \left[ \left(1 - \frac{d}{s}\right)^2 + \left(\frac{d}{s}\right)^2 \right] \quad (3.39.)$$

Погрешность установки рейки  $m_y$  будет в основном зависеть от неперпендикулярности рейки к створу визирования. Эту погрешность можно вычислить как (3.40.):

$$m_y = \frac{lv^2}{2\rho^2} \quad (3.40.)$$

где,  $v$  - угол отклонения рейки от перпендикулярного положения.

Погрешность отсчета по рейке  $m_o$  подсчитывают по формуле (3.41.):

$$m_o = 0,03t + 0,2 \frac{d}{\Gamma^x} \quad (3.41.)$$

где,  $t$  – цена деления рейки;

$d$  – расстояние от прибора до рейки, м;

$\Gamma^x$  – увеличение зрительной трубы прибора, крат.

Для примера определим погрешность способа бокового нивелирования при следующих данных:

$$S = 100 \text{ м}; d = 50 \text{ м}; l = 2 \text{ м}; v = 2^\circ; t = 10 \text{ мм}; e = 1 \text{ мм}; m_\beta = 30''; \Gamma^x = 25^*.$$

В данном случае полярный способ применяется для двух точек.

Тогда, используя частично формулу (1), будем иметь  $m_{ст} = 1,5$  мм.

При  $d = S / 2$  из формулы (10) получим  $m_{ц} = 1$  мм

По формуле (11) найдем  $m_y = 1,2$  мм.

По формуле (12) вычислим  $m_o = 1,1$  мм.

А общая погрешность способа бокового нивелирования для данного примера составит  $m = 2,4$  мм.

Способом бокового нивелирования можно производить разметку колонн, установку и контроль установки конструкций по высоте.

### Способ створной засечки

Положение точки (С) на местности этим способом определяется на пересечении двух створов (осей) (рис. 3.12), задаваемых между исходными пунктами (1-1' и 2-2'). Створы задаются тахеометрами, которые устанавливаются над исходным пунктом (1), а зрительную трубу ориентируют по визирной цели, отцентрированной над исходным пунктом (1').

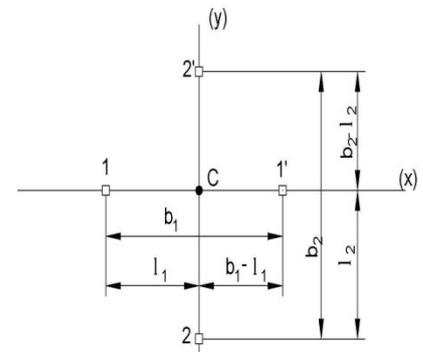


Рис. 3.12. Способ створной засечки

Затем строят той же технологией створ 2-2'. Точка пересечения этих створов и есть выносимая точка (С). Точность створной засечки  $m$  зависит от:

- точности построения первого  $m_{C1}$ ;
- второго  $m_{C2}$  створов;
- ошибок исходных данных  $m_{И}$ ;
- точности фиксирования найденной точки на местности  $m_{Ф}$ .

Средняя квадратическая ошибка выноса на местность точки С (3.42.):

$$m_c = \sqrt{m_{\text{СТВ}}^2 + m_S^2 + m_{\Phi}^2} \quad (3.42.)$$

где,  $m_S$  - точность измерения расстояния тахеометром.

$m_{\text{СТВ}}$  - средняя квадратическая ошибка построения створа между двумя исходными пунктами 1 и 1' (3.43.):

$$m_{\text{СТВ}} = \sqrt{m_{И}^2 + m_{Ц}^2 + m_{Р}^2 + m_{В}^2 + m_{\text{Фок}}^2} \quad (3.43.)$$

где,  $m_{Ц}$  - средняя квадратическая ошибка положения определяемой точки из-за ошибки центрирования прибора (3.44.):

$$m_{Ц} = \frac{e}{\sqrt{2}} \sqrt{\left(\frac{S_{1-1'} - S_{1-С}}{S_{1-1'}}\right)^2} \quad (3.44.)$$

где,  $e$  – ошибка центрирования прибора.

$m_p$  – средняя квадратическая ошибка положения определяемой точки из-за ошибки визирной цели (3.45.):

$$m_p = \frac{e_1}{\sqrt{2}} \sqrt{\left(\frac{S_{1-c}}{S_{1-1}}\right)^2} \quad (3.45.)$$

где,  $e_1$  – ошибка редукции визирной цели.

$m_B$  – средняя квадратическая ошибка построения створа из-за погрешностей визирования (3.46.):

$$m_B = \frac{20''\sqrt{2}}{\rho''\Gamma^*} S_{1-c} \quad (3.46.)$$

где,  $\Gamma^*$  – увеличение зрительной трубы.

### Вынос в натуру протяженной линии (рис. 3.13)

Это могут быть: как главная ось линейного сооружения (плотины, моста, взлетно-посадочной полосы аэропорта и др.), так и исходное направление для построения строительной сетки, и базис для последующих разбивочных работ. Для этого случая разбивки чаще всего применяют полярный способ, а также способы прямой угловой и линейной засечек.

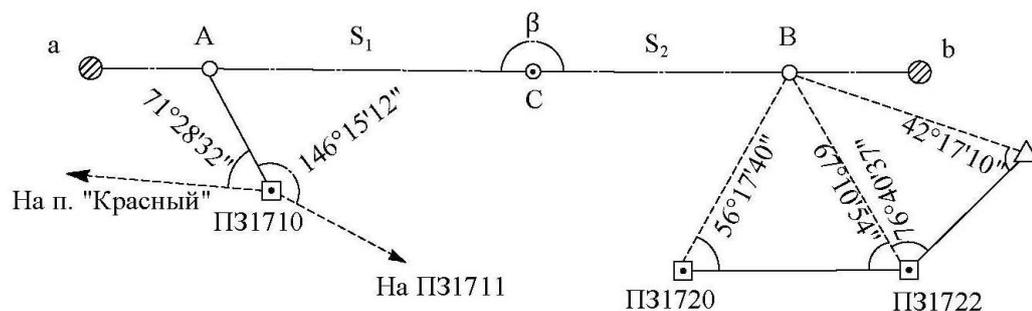


Рис. 3.13. Вынос в натуру протяженной линии

### Детальная разбивка строительных осей

Главные и основные оси сооружений служат исходными для последующей детальной разбивки. Точность детальной разбивки зависит от вида сооружения и включает в себя (3.47):

$$m_{д.р.} = \sqrt{m_{г.и.}^2 + m_{т.р.}^2 + m_{с.м.р.}^2} \quad (3.47)$$

где,  $m_{г.и.}^2$  — геодезические измерения;

$m_{т.р.}^2$  — технологический расчет;

$m_{с.м.р.}^2$  — строительно-монтажные работы.

Детальные (дополнительные) оси должны быть разбиты одна относительно другой с погрешностью порядка  $\pm 1 - 2$  мм.

Типовая схема разбивки (рис. 3.14): определение положения точек пересечения промежуточных осей с главными и основными осями, разбивку таких точек выполняют створно-линейным способом.

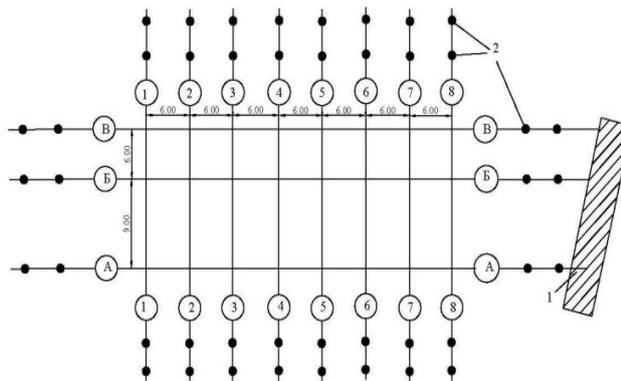


Рис. 3.14. Типовая схема разбивки

Требования к точности при построении внешней и внутренней разбивочных сетей зданий и производстве разбивочных работ в процессе строительства (согласно СН 1.03.02-2019):

**7.9.** Правильность выполнения разбивочных работ следует проверять путем проложения контрольных геодезических ходов (в направлениях, не совпадающих с принятыми при разбивке) с точностью не ниже, чем при разбивке.

Предельные (допустимые) отклонения следует определять по формуле (3.48.):

$$\delta = tm \quad (3.48.)$$

где,  $t$  — величина, равная 2; 2,5; 3; определяют при разработке ППР или ППГР;

$m$  — средняя квадратическая погрешность, принимают по таблице 3.3.

Таблица 3.3.

Здания, строительные конструкции	Допустимая средняя квадратическая погрешность				
	Линейные измерения	Угловые измерения	Превышения на станции, мм	Отметки на монтажном горизонте относительно исходного, мм	Передача точек, осей по вертикали, мм
Металлические конструкции с фрезерованными контактными поверхностями; сборные железобетонные конструкции, монтируемые методом самофиксации в узлах; сооружения высотой св. 100 до 120 м или с пролетами св. 30 до 36 м	1:15 000	5''	1	Числовые значения погрешностей следует назначать в зависимости от высоты монтажного горизонта	
Здания св. 15 этажей, сооружения высотой св. 60 до 100 м или пролетами св. 18 до 30 м	1:10 000	10''	2	-	-
Здания св. пяти до 15 этажей, сооружения высотой св. 15 до 60 м или пролетами св. 6 до 18 м	1:5000	20''	2,5	-	-
Здания до пяти этажей, сооружения высотой до 15 м или пролетами до 6 м	1:3000	30''	3	-	-
Конструкции из дерева; инженерные сети, дороги, подъездные пути	1:2000	30''	5	-	-
Земляные сооружения, в том числе вертикальная планировка	1:1000	45''	10	-	-

### 3.6. Оптимизация разбивочных работ

Оптимизировать параметры производства разбивочных работ — это поиск

- *наилучших, наивыгоднейших условий*
- *наилучших схем* (подобрать схему так, чтобы она имела минимальное количество опорных пунктов, но, чтобы их взаимное расположение обеспечивало необходимую и достаточную точность производства разбивок)
- *наилучших технологий их реализации* (осуществление работ с наименьшими трудовыми затратами при существующем парке геодезических приборов).

### 3.7. Специфика выноса в натуру осевых точек сооружений посредством электронного тахеометра

Если невозможно обеспечить сохранность постоянных осевых и других пунктов геодезической разбивочной основы, то используют метод «свободной станции», реализуемый электронным тахеометром. Это дает возможность выносить проектные точки относительно временных станций, не центрированных над осями объекта (рис. 3.15).

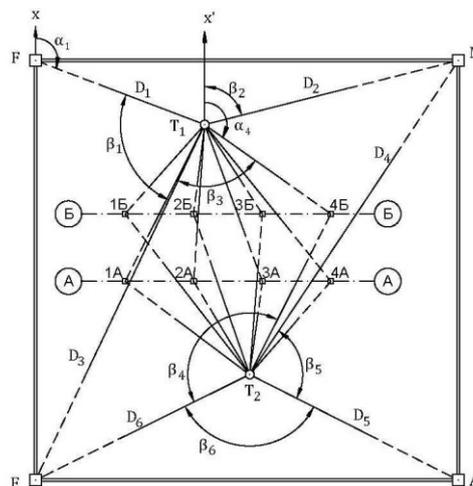


Рис. 3.15. Вынос в натуру осевых точек сооружений посредством электронного тахеометра

Для определения координат центра тахеометра, установленного на свободной станции Т1, марки устанавливают на исходных точках, измеряют

наклонные расстояния, горизонтальные углы, углы наклона и решают обратную линейно-угловую засечку.

Приближенная оценка точности определения плановых координат центра тахеометра, определенных обратной линейно-угловой засечкой по двум расстояниям и до 100-150 м:

$$m_{\text{обр}}^2 = \left( \frac{0,7m_d}{\sin\gamma} \right)^2 + m_{\text{исх}}^2 \quad (3.49.)$$

где,  $\gamma$  – угол между линиями засечки;

$m_d$  – погрешность светодальномера в проекции на горизонтальную плоскость;

$m_{\text{исх}}^2$  – погрешность взаимного положения опорных пунктов.

### 3.8. Составление разбивочных чертежей

**Разбивочный чертеж** – это основной документ для разбивки главных осей сооружения в натуре (рис. 3.16). Составляют на основании генерального плана сооружения, аналитического расчета и привязки проекта.

При наличии на площадке строительной сетки для несложных по геометрии цеховых зданий обычно выносят габаритные (основные) оси способом прямоугольных координат.

Например, положение точек здания А/1 и А/11 определяют от ближайших пунктов строительной сетки 17 и 18 по вычисленным приращениям координат. От пунктов 10 и 11 аналогичным образом определяют положение точек Е/1 и Е/11.

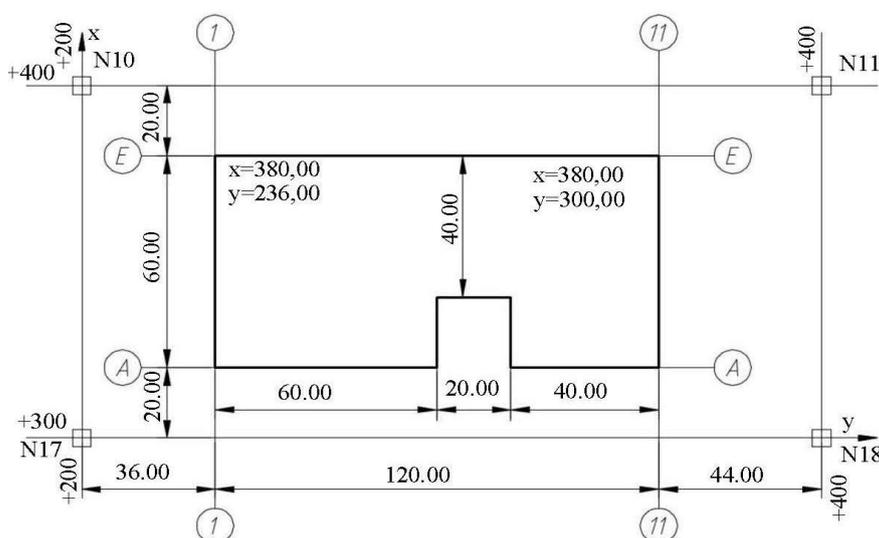


Рис.3.16. Разбивочный чертеж

После закрепления вынесенных в натуру точек устанавливают на каждой из них теодолит и проверяют взаимную перпендикулярность осей. Также проверяют соответствие расстояний между осями проектным значениям.

Для разбивки основных осей гражданских зданий с точек полигонометрических или теодолитных ходов чаще всего применяют способ полярных координат, угловых и линейных засечек, створно-линейный способ.

#### 4. Геодезические работы при строительстве подземных трубопроводов

Трубопроводы - предназначены для транспортирования различного содержимого по трубам: водопровод, канализация, теплоснабжение, газоснабжение, дренаж, нефтепроводы.

Кабельные сети - предназначены для транспортирования электроэнергии: сети электротранспорта, сети высокого напряжения, сети уличного освещения; сети слабого тока: Телевизионные сети, радио, телефонные сети.

Коллекторы - в них прокладывают одновременно трубопроводы и кабели различного назначения.

##### ТРУБОПРОВОДЫ:

- транзитные;
- магистральные - обслуживают город, крупные жилые районы, промышленные и коммунальные зоны;
- распределительные - обслуживают микрорайоны и являются элементом каждой улицы города;
- разводящие - прокладываются по территориям жилых микрорайонов.

Различают два вида трубопроводов: самотечные и напорные.

- к самотечным трубопроводам относятся, как правило, канализация и водотоки.
- к напорным – водопровод, газопровод, теплосети (в некоторых случаях – канализация).

Уклоны трубопровода зависят от расчетной скорости потока в трубопроводе. При малой скорости течения нерастворимые примеси будут выпадать в осадок, что приведет к засорению или даже полной закупорке труб. Наоборот, при большой скорости будет происходить быстрое стирание труб песком и другими твердыми примесями.

Обычно при проектировании принимают минимальную расчетную скорость, которая зависит от диаметра труб.

При расчете глубины залегания трубопровода учитывают:

- технические параметры используемых материалов при строительстве;

- особенности специфики используемого материала;
- рельеф местности, на которой проходят работы;
- климатическая отметка, в которой отображается мощность ежегодного промерзания грунтов;
- при прокладке под автодорогами, необходимо учитывать максимальную динамическую нагрузку.

### **Полевое трассирование трубопровода**

В изыскательский период:

- уточняют положение трассы на местности;
- закрепляют ее основные точки: точки начала и конца проектного варианта трассы, пикеты и вершины углов поворота;
- выполняют нивелирование пикетажа, съемку пересечений и переходов.

Полевое трассирование трубопровода осуществляется в соответствии с утвержденным вариантом проекта по координатам вершин углов поворота трассы и створных точек.

По результатам нивелирования строится профиль, по которому ведется проектирование коммуникации.

Состав работ при устройстве траншей и укладке труб:

- Разбивка траншеи и ее граней
- Контроль глубины
- Исполнительная съемка траншей
- Контроль укладки труб

Для рытья котлованов под колодцы центры их закрепляют кольями, относительно которых разбиваются бровки котлованов.

В ходе земляных работ при рытье траншей все знаки закрепления осей трассы и пикеты будут уничтожены. Поэтому для последующего восстановления их закрепляют вне зоны земляных работ путем линейной привязки к местным предметам или створным линиям.

Контроль глубины траншей, разбивка проектного уклона дна траншеи производится с помощью нивелира, обноски и визирок, лазерных уклонофиксаторов.

Чтобы избежать перебор грунта, траншеи не добирают до проектных отметок на 10-15 см. на пикетах и на колодцах строят обноски. Обноски строят перпендикулярно оси трубопровода. На обноску выносят ось траншеи и закрепляют ее гвоздем.

Высотную выверку дна траншеи осуществляют с помощью визирок (рис. 4.1). Для этого прокладывают нивелирный ход, определяют отметки Н<sub>обн.</sub> верхней грани каждой обноски.

Из этих отметок вычитают соответствующие проектные отметки Н<sub>пр</sub> дна траншеи. По полученным разностям выбирают длину  $l$  ходовой визирки (3-3,5 м). Из этой длины вычитают ранее полученные разности и определяют высоту  $h_{оп}$  так называемой опорной визирки.

Согласно полученным разностям, заготавливают опорные визирки и устанавливают их на необходимой высоте над уровнем обноски. Тогда линия, проходящая через верхние планки двух соседних опорных визирок, будет параллельна проектной линии дна траншеи. Перемещая ходовую визирку по дну траншеи через 3-5 м., получают проектные отметки, по которым окончательно зачищают дно траншеи.

Этот способ дает точность соблюдения проектных отметок в среднем около 1-2 см.

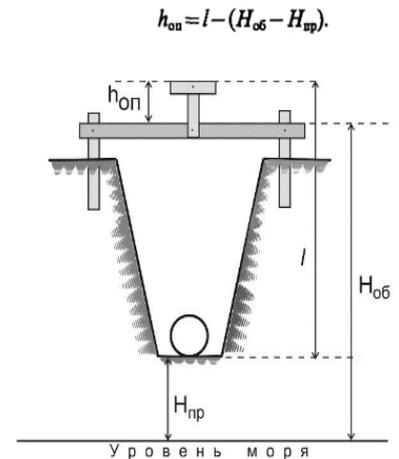


Рис. 4.1. Визирки

## 5. Геодезическое обеспечение строительного-монтажных работ

### 5.1. Геодезические работы нулевого цикла

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

В состав геодезических работ в подземной части входят:

1. перенос и закрепление дополнительных осей строящегося объекта;
2. наблюдение и контроль за устройством котлована;
3. вынос и контроль монтажа фундаментов, стен подвала и перекрытий;
4. геодезический контроль.

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

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

включает в себя детальную разбивку:

- от главных и основных осей дополнительных осей;
- точки осей и отметки для установки в проектное положение стропильных конструкций.

Детальная строительная разбивка, определяющая взаимное расположение элементов конструкции зданий и сооружений, а также дополнительных осей относительно основных, выполняется точнее, чем разбивка главных и основных осей. В основном это зависит от типа зданий и сооружений, этажности, высоты, материала и конструкции, технологических особенностей производства.

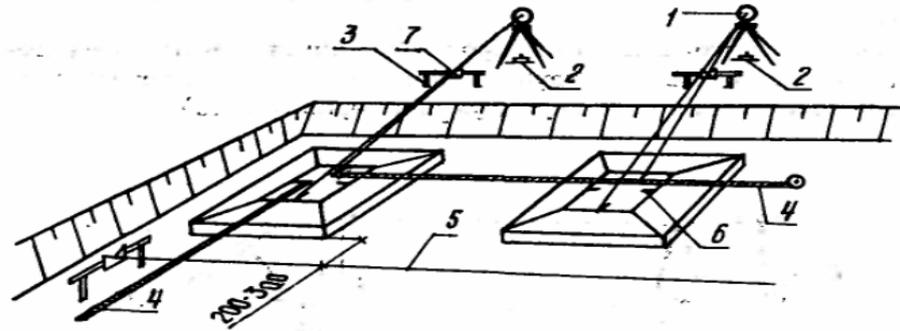
#### **Наблюдения и контроль за устройством котлована**

При устройстве котлованов выполняются следующие геодезические работы:

Разбивка контуров котлована (рис. 5.1)

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.



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

Рис. 5.1. Разбивка контура котлована

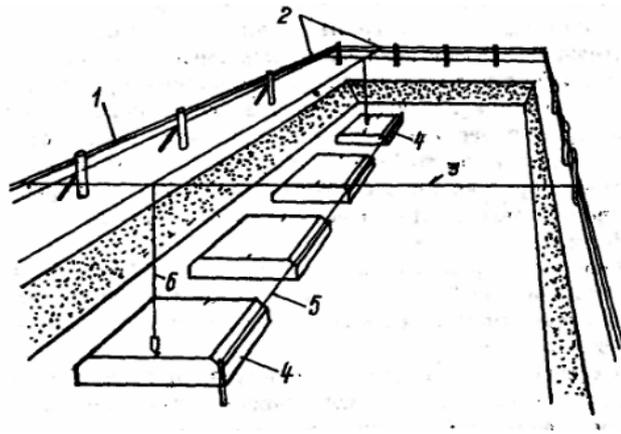
#### Контроль за выемкой грунта из котлована

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

#### Передача осей и высот в котлован

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 выполняют при помощи теодолита со створных точек, закрепляющих оси или отвесами от точек пересечения осей, фиксируемых проволоками, натянутыми по обноске.



*1 - обноска; 2 - риски осей; 3 - осовая проволока; 4 - маячный блоки; 5 - причалка; 6 - отвес.*

Рис. 5.2. Работы после открытия котлована

После вскрытия котлована (рис. 5.2) измеряют его габариты и нивелируют основание.

Места забивки свай определяют от точек пересечения осей. Оси, закрепленные вне контура котлована, переносят сначала на верхнюю бровку, а затем на его дно. Последовательность разбивки мест погружения свай зависит от типа свайных полей (однорядное, кустовое), принятых схем погружения свай, направлений движения копровых установок (установок для забивки или погружения свай).

Вертикальность погружения сваи обеспечивается установкой направляющей стрелы копровой установки в отвесное положение. При использовании безрельсовых копров на базах тракторов и гусеничных кранов грунт планируют под одну отметку. Головки рельсов для рельсовых копров выводят на одинаковые отметки. Отвесность направляющей стрелы вибрационных копровых погружателей проверяют теодолитами, а копров с молотами и вдавливающих погружателей –тяжелыми отвесами. Масса отвеса (более 5 кг) зависит от длины погружаемых свай и силы ветра. Если при погружении свая отклоняется от вертикального положения, работу приостанавливают и выправляют положение стрелы и сваи.

Передача высот в котлован (рис. 5.3)

В процессе рытья котлована определяют его текущую глубину и следят, чтобы не было углублений ниже проектной отметки, пользуясь либо нивелиром, либо визирками.

Нижний контур котлована должен соответствовать проектному.

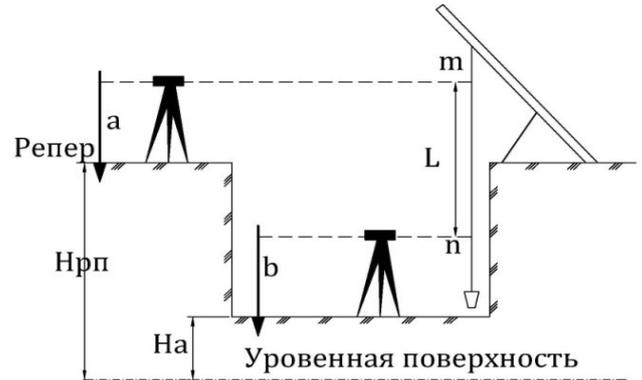
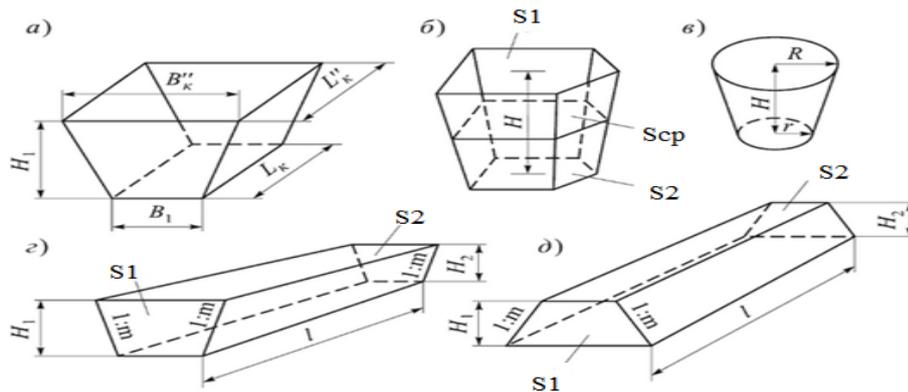


Рис. 5.3. Передача высот в котлован

После окончания рытья в дно котлована закладывают временные реперы из расчета чтобы высотная разбивка фундаментов производилась от двух реперов при длине визирного луча не более 75% м.

Подсчет объемов земляных работ

Для вычисления объемов земляных работ контур котлована разбивают на элементарные фигуры (рис. 5.4). Расчет объемов земляных работ не требует высокой точности, поэтому полученные при разбиении тела считают геометрически правильными.



*а, б, в - котлованы прямоугольные, многоугольные, круглые; г - траншея с откосами; д – насыпь*

Рис. 5.4. Элементарные фигуры

а) объём котлована  $V_k$  прямоугольной формы с откосами определяют по формуле опрокинутой усечённой пирамиды (5.1.):

$$V_k = \frac{1}{3}H(S_1 + \sqrt{S_1S_2} + S_2) \quad (5.1.)$$

б) объём котлована, имеющего форму многоугольника с откосами (5.2.):

$$V_k = \frac{1}{3}H(S_1 + S_2 + 4S_{cp}) \quad (5.2.)$$

в) объём круглого в плане котлована с откосами (5.3.):

$$V_k = \frac{\pi}{3}H(R^2 + r^2 + Rr) \quad (5.3.)$$

г) объём траншеи с откосами (5.4.):

$$V_T = \left( \frac{S_1+S_2}{2} - \frac{m(H_1-H_2)^2}{6} \right) l \quad (5.4.)$$

где,  $m$  – коэффициент заложения откосов земляного полотна (1:1,5; 1:2);

д) объём насыпи (5.5.):

$$V_T = \left( \frac{S_1+S_2}{2} - \frac{m(H_1-H_2)^2}{6} \right) l \quad (5.5.)$$

### Вынос и контроль монтажа фундаментов, стен подвала и перекрытий

По способу изготовления фундаменты разделяют на: (рис. 5.5):

- монолитные;
- сборные.



Пример монолитного фундамента



Пример сборного фундамента

Рис. 5.5. Типы фундаментов по способу изготовления

Фундаменты по конструктивным типам делятся на (рис. 5.6):

- ленточные. Устраивают под стены зданий или под ряд колонн;
- столбчатые, стаканного типа;
- сплошные. Устраивается, когда нагрузка значительная;
- свайные.



Пример ленточного фундамента



Пример сплошного фундамента



Пример столбчатого фундамента



Пример свайного фундамента

Рис. 5.6. Примеры фундаментов

Состав геодезических работ при подготовке фундамента определяется типом фундамента (свайные, ленточные и т.д.). Например, при устройстве свайных фундаментов выполняют следующие геодезические работы (рис. 5.7):



Рис. 5.7. Виды геодезических работ при устройстве свайных фундаментов

В процессе зачистки основания фундаментов контролируют точность его высотной подготовки.

Контроль высоты проектной поверхности основания (песчаной подушки) после ее подсыпки производят геометрическим или тригонометрическим нивелированием (электронным тахеометром).

При геометрическом нивелировании фактическую отметку контролируемой точки вычисляют по формуле (5.6.):

$$H_{ф,1} = ГП_{ср} - b_1 \quad (5.6)$$

где,  $ГП_{ср}$  – горизонт прибора, найденный с контролем от двух реперов;

$b_1$  – отсчет по черной стороне рейки, поставленной на контролируемую точку 1 основания.

Отклонение фактической отметки от проектной:

$$\Delta H = H_{ф} - H_{пр} \quad (5.7.)$$

сравнивают с допустимым отклонением по соответствующему СНиП.

Например, допустимое отклонение поверхности подготовленного основания в котловане равно -10 мм, а допустимое отклонение верхней опорной поверхности фундаментов для гражданских зданий  $\Delta H_{доп} = \pm 10$  мм.

**И подвал, и цокольный этаж**, являются помещениями частично или полностью заглублёнными в землю.

Разница между ними технологическая и заключается в глубине, на которую они погружены:

- **цокольный этаж** углублён ниже планировочной отметки земли менее чем наполовину;
- **подвал** находится ниже этой отметки более чем наполовину или полностью.

### **Устройство подвальной части здания**

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

По данным нивелирования устанавливают монтажный горизонт, за который принимают самую высокую точку фундамента. Всю плоскость фундамента выравнивают до отметки монтажного горизонта маяками. Затем, руководствуясь данными чертежа, размечают места установки угловых и маячных блоков. При устройстве стен технического подполья вертикальность панелей контролируют рейкой-отвесом или уровень-рейкой.

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 обноска 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.

**Плановый геодезический контроль** включает проверку фактического положения конструкций в плане относительно продольных и поперечных осей или параллельных им линий.

**Геодезический контроль**, производимый в процессе строительства, оформляют геодезической документацией, в которую входят:

- исполнительные геодезические схемы, чертежи, профили, разрезы и т. д.;
- акты геодезической проверки, полевые журналы.

Перечень основных конструкций и частей зданий, подлежащих исполнительной геодезической съемке при выполнении **приемочного контроля**, определяется проектной организацией в рабочих чертежах.

В ППГР перед началом работ по геодезическому контролю точности геометрических параметров зданий необходимо уточнять перечень контролируемых параметров, метод контроля, план контрольных работ и порядок их проведения, измерительные приборы, инструменты, схемы измерений.

Контроль точности следует выполнять преимущественно выборочный. Сплошной контроль выполняют при ограниченных объемах измерений, при внедрении новых технологий контроля и при решении нестандартных инженерных задач.

### **Контроль точности положения фундаментов**

В плане проверяют расстояния от разбивочных осей до осей фундаментов, расстояния между фундаментами, от осей до точек пересечения несущих стен, оснований закладных деталей и анкерных болтов и контролируют не менее 5% от общего объема устанавливаемых фундаментов.

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

**Контроль вертикальности конструкций фундаментов** производят при высоте элементов или рядов однотипных элементов более 1м (если иные требования специально не оговорены) рейкой с отвесом или уровнем.

### **Геодезический контроль точности устройства земляных поверхностей**

При вертикальной планировке территории, благоустройстве, подготовке дорожного покрытия, траншей под трубопроводы котлованов и др. земляных

поверхностей геодезический контроль точности земляных работ следует осуществлять как в плане, так и по высоте.

**Вертикальный контроль земляных оснований под фундаменты должен быть сплошным.**

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

Среднюю квадратическую погрешность контрольных измерений  $\delta x$  принимают в зависимости от допустимого отклонения контролируемого геометрического параметра  $\Delta x$  и выражают соотношением.

При этом цена наименьшего деления шкалы или отсчетного устройства средств механических измерений должна быть не более 0,1 от допуска контролируемого параметра.

Контроль геометрической точности строительных конструкций также производят при помощи теодолитов, стальных рулеток, нивелиров.

В случаях контроля при помощи электронных тахеометров, угловая погрешность которых  $m\beta \leq 5''$ , линейная погрешность  $m_d \leq 3$  мм на расстояниях  $d \leq 100$  м, суммарную среднюю квадратическую погрешность измерений  $\delta x$  допускается принимать по соотношению (СН 1.03.02-2019):

$$\delta x \leq \Delta x / 3$$

## 5.2. Геодезические работы наземных циклов

При монтаже контроль геометрической точности возведения строительных конструкций зданий и сооружений осуществляют в плане и по высоте.

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.

В зависимости от вида конструкции стен, сборные здания разделяют на:

- крупнопанельные;
- каркасно-панельные;
- крупноблочные;
- каркасные;
- кирпичные.

Геодезическое обеспечение строительства каждого типа зданий имеет свои особенности. Но все геодезические работы наземного цикла можно свести к следующей последовательности:

- построение разбивочной сети на исходном и монтажном горизонтах;
- перенесения осей на монтажные горизонты;
- детальные разбивочные работы;
- геодезическое сопровождение монтажа зданий.

Способы геодезических измерений, используемые при монтаже конструкций и оборудования, можно разделить на четыре основные группы:

- способы плановой установки;
- способы выверки прямолинейности;
- способы высотной установки;
- способы выверки по вертикали.

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. Точки закрепляют специальными знаками. Они должны быть:

- устойчивыми;
- сохранять свое положение в пределах меньших заданных допусков на монтажные работы;
- долговечны.

Геометрические и технологические оси на конструкциях и оборудовании маркируют окраской или закрепляют специальными знаками.

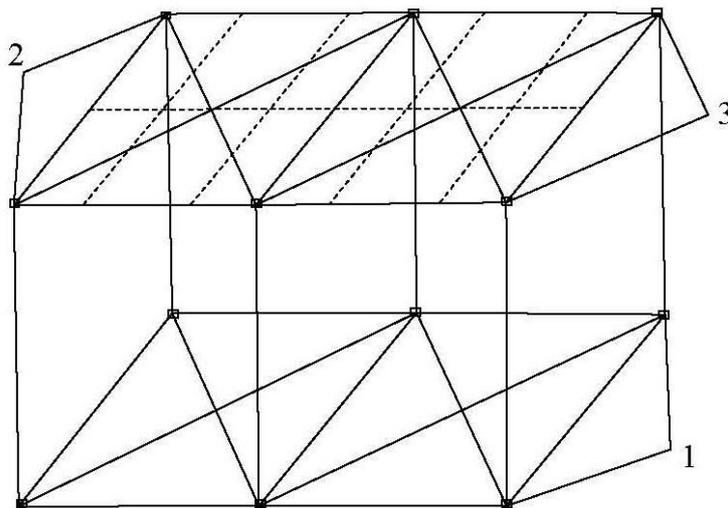
Монтаж строительных конструкций предусматривает последовательную установку в проектное положение несущих элементов зданий и сооружений, а монтаж технологического оборудования - его установку на соответствующее место и выверку проектного положения.

На каждом этапе работ и выполнения отдельных технологических операций проводится исполнительная съемка (рис. 5.8).

Несмотря на различие видов сооружений, условий и точностных требований общие принципы геодезического обеспечения монтажа конструкций и оборудования состоят в следующем:

- установка и выверка конструкций и оборудования производится от закрепленных на местности разбивочных и технологических осей или их параллелей;
- условия монтажа (загруженность площадки, видимость и т.д.) должны обеспечивать применение различных способов измерений с заданной точностью;
- используемые способы измерений должны соответствовать решаемой задаче и заданной точности;
- для объекта монтажа должны быть определены его геометрические или технологические оси, а обработка его поверхности должна соответствовать требованиям точности монтажа;

- при точных, высокоточных работах лучше всего установку и выверку проводить в два этапа: предварительно (с приближенной точностью) и окончательно (с заданной точностью);
- для выполнения работ следует применять серийные приборы и оборудования; в случае необходимости могут быть использованы спец. приборы или приборы, разработанные специально.



- 1 – Базовая опорная геодезическая сеть на исходном горизонте;  
 2 – Каркасная опорная сеть на монтажном горизонте;  
 3 – Поярусная разбивочная сеть.*

Рис. 5.8. Плановая геодезическая сеть на различных горизонтах сооружения

### 5.3. Перенесение осей на монтажные горизонты

Передачу **основных** осей с исходного горизонта на монтируемый этаж производят в зданиях высотой до 12 этажей методом наклонного проектирования, в зданиях свыше 12 этажей, а также в стесненных условиях строительства - методом вертикального проецирования. В зависимости от условий строительной площадки и конструктивных особенностей здания применяются различные способы переноса осей методом наклонного проецирования.

**Боковое визирование.** Обычно применяют при возведении протяженных зданий без деталей, препятствующих свободному визированию вдоль фасада.

Теодолит центрируют над марками, закрепляющими на местности вспомогательные оси, параллельные основным крайним продольным и поперечным осям здания. Направление оси проецируют на линейки, приложенные к перекрытию или к оголовкам колонн. По указанию наблюдателя линейки перемещают до получения отсчета, равного смещению вспомогательной оси от основной. Положение нулевого деления, соответствующее положению разбивочной оси, отмечают рисками на перекрытии или грани оголовка колонны.

При строительстве зданий малой и средней этажности перенесение точек разбивочной основы с исходного горизонта на монтажный выполняют **способом наклонного проектирования** (рис. 5.9, 5.10). Сущность способа состоит в построении прибором вертикальной плоскости.

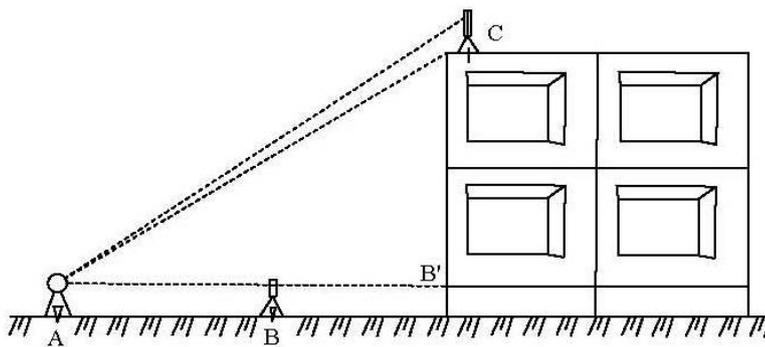


Рис. 5.9. Способ наклонного проектирования

Теодолит устанавливают по линии переносимой основной оси на удалении от здания не менее его высоты. 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. Положение оси с помощью оптического или механического отвеса переносят на перекрытие и отмечают риской. Все операции по переносу осей выполняют при двух положениях вертикального круга.

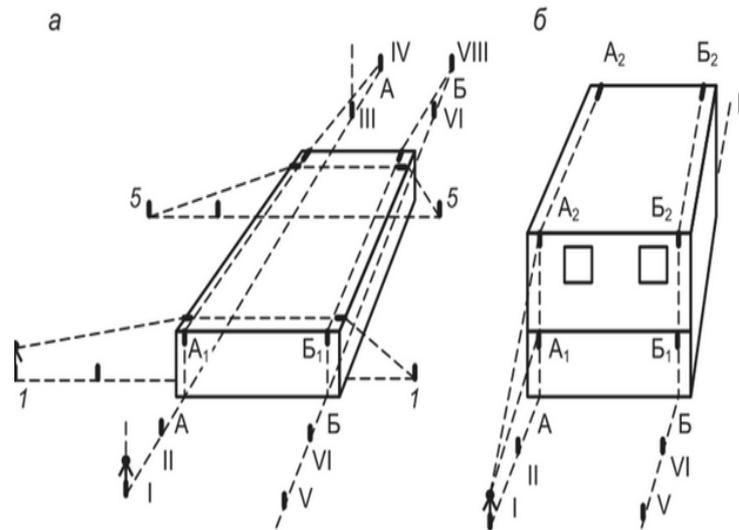


Рис. 5.10. Перенесение осей на монтажный горизонт

### Передача разбивочных осей на монтажный горизонт методом свободной станции

При возведении многоэтажных зданий нередко возникают затруднения в устройстве или поддержании открытыми геодезических отверстий в межэтажных перекрытиях и метод прямого вертикального проецирования заменяют косвенным методом передачи разбивочных осей на монтажные горизонты - метод свободной станции.

Для реализации метода:

- рассчитывают проектные плановые и высотные координаты исходных и, осевых и других разбивочных точек соответствующего монтажного горизонта;

- вокруг возводимого здания на расстояниях 200-400 м от него устанавливают светоотражающие марки и тахеометром определяют координаты каждой марки;

- в процессе возведения высотного здания тахеометр устанавливают на соответствующем монтажном горизонте, наводят зрительную трубу на каждую доступную марку (не менее двух), производят измерения расстояний, горизонтальных и вертикальных углов и, используя ПО тахеометра, решают обратную линейно-угловую засечку и получают координаты центра тахеометра.

## Перенос осей на монтажный горизонт вертикальным проецированием

(рис. 5.11).

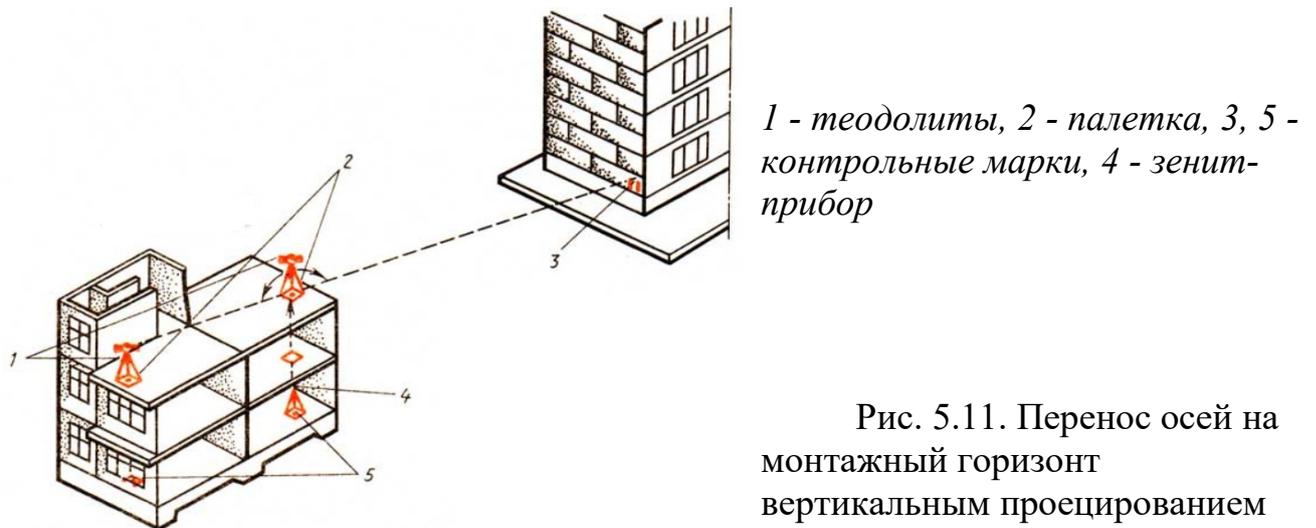


Рис. 5.11. Перенос осей на монтажный горизонт вертикальным проецированием

Суть измерений состоит в том, что на уровне подполья или цокольного перекрытия создается система точек, привязанных к осям здания. Выбранные точки закрепляют пластинами с рисками на неподвижных конструкциях. В перекрытиях над проецируемыми точками перпендикулярно к оси оставляют отверстия. На монтажном горизонте над отверстием укрепляют палетку 2 из прозрачного материала (например, оргстекла) с наклеенной калькой (пленкой). На кальку наносят координатную сетку.

Прибор вертикального визирования центрируют последовательно над рисковой проецируемой точки, и визирную ось трубы приводят в отвесное положение. При четырех положениях -  $0, 90, 180, 270^\circ$  - берут отсчеты по палетке. Среднее значение отсчетов является координатами проецируемой точки, положение которой отмечается на палетке.

При строительстве зданий и сооружений небольшой высоты для проектирования точек по вертикали используют тяжелые отвесы. При строительстве высоких зданий и сооружений основным способом перенесения точек разбивочной основы на монтажные горизонты является способ оптического вертикального проектирования с помощью приборов вертикального визирования:

- высокоточного оптического теодолита со специальной окулярной насадкой;
- ОЦП – оптического центрировочного прибора;
- ПОВП – прибора оптического вертикального проектирования;
- PZL – автоматического прецизионного зенит-прибора;
- ЛЗЦ – лазерного надира-центрира.

Оптическое проектирование выполняют непосредственно с исходного горизонта на каждый монтажный горизонт (рис. 5.12 а), либо последовательно с горизонта на горизонт (рис. 5.12 б).

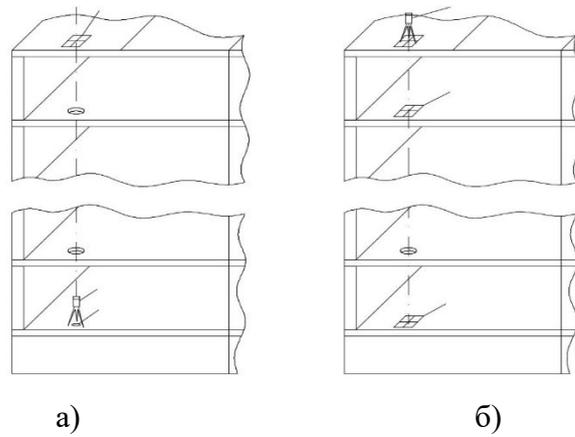


Рис. 5.12. Перенесение точек на монтажный горизонт приборами вертикального проектирования

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.

#### **Основные ошибки вертикального проектирования:**

- ошибка установки линии визирования в вертикальное положение у приборов с самоустанавливающей линией визирования зависит от конструкции и качества работы компенсатора и от точности приведения оси вращения прибора в отвесное положение по уровню. Это ошибка может быть принята равной  $0,5-1,0''$ ;

- ошибка центрирования при установке прибора над знаком с помощью оптического центрира равна  $m_{ц}=0,5$  мм. Эта ошибка может быть уменьшена принудительным центрированием;

- ошибка визирования зависит от увеличения зрительной трубы, конфигурации наблюдаемой цели, видимого соотношения цели и др.;

- ошибка фиксирования вынесенного направления на монтажный горизонт зависит от конструкции наблюдаемой марки и может быть принята  $m_{ф}=0,5$  мм;

- влияние внешней среды на точность выноса вертикальных осей сооружений может оказаться существенным, если визирный луч проходит вдоль обогреваемых солнцем или нагревательными приборами стен и конструкций. Для ослабления влияния внешней среды необходимо (особенно при работе на высоких сооружениях) выбирать благоприятное для наблюдения время (пасмурная погода, утро, вечер или ночь).

- нормативные характеристики точности монтажа железобетонных, каменных, металлических, деревянных и других видов конструктивных элементов с описанием метода контроля и вида исполнительной документации приводятся в СНиП 3.03.01-87 "Несущие и ограждающие конструкции".

Нормы точности на геодезические работы (особенно в части отдельных измерительных операций), как правило, не приводятся в явном виде и могут быть получены расчетным путем, исходя из норм точности на монтаж.

Точность геометрических параметров в нормативных документах и чертежах указывается в виде симметричных допусков  $\Delta$ , которые определяют допустимую разность между наибольшим и наименьшим значением каждого параметра. Для расчетов пользуются разностью  $\delta$  между наибольшим или наименьшим значением параметра и его проектным значением, называемой допускаемым (предельным) отклонением (ошибкой)  $\sigma$ . Переход от допуска к предельному и среднему квадратическому отклонениям выполняют по формулам (5.8, 5.9):

$$\delta = \Delta / 2 \quad (5.8.)$$

$$\sigma = \delta / 3 = \Delta / 6 \quad (5.9.)$$

### Пример расчета необходимой точности геодезических измерений для плановой установки тех. оборудования заводского типа

Пусть, согласно проекту, требуется установить оборудование в створе технологической оси I-II (рис. 5.13).

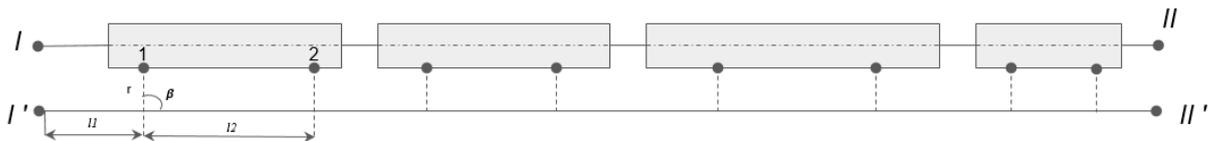


Рис. 5.13. Схема геодезических измерений

Схема геодезических измерений может быть представлена так:

- создается створ I'-II', параллельный створу I-II. На боковой поверхности каждой единицы оборудования устанавливается по два специальных геодезических знака 1 и 2, привязанных к технологической (или геометрической) оси оборудования. Установка оборудования осуществляется путем отложения разбивочных расстояний  $l$  и  $r$ , прямых углов  $\beta$ .

- для расчета необходимой точности геодезических измерений прежде всего определяют долю их суммарной ошибки из общей допустимой ошибки на отклонение от проектного положения.

Принято считать, что в основном ошибка  $\sigma_{\text{общ}}$  зависит от ошибок изготовления конструкций  $\sigma_{\text{и}}$ , ошибок геодезических построений  $\sigma_{\text{г}}$ , ошибок монтажных операций  $\sigma_{\text{м}}$  и ошибок, обусловленных деформационными воздействиями  $\sigma_{\text{д}}$  (осадки, изменения температуры, сварки и т.д.), возникающих в процессе монтажа. Можно написать (5.10.):

$$\sigma_{\text{общ}} = \sqrt{\sigma_{\text{и}}^2 + \sigma_{\text{г}}^2 + \sigma_{\text{м}}^2 + \sigma_{\text{д}}^2} \quad (5.10.)$$

Принимая принцип равных влияний всех источников ошибок, приняв  $\sigma_{\text{общ}}=5$  мм и учитывая (1), будем иметь (5.11.):

$$\sigma_{\text{г}} = \sigma_{\text{общ}}/6 = 0,83 \text{ мм.} \quad (5.11.)$$

Далее, ориентируясь на принятую технологию геодезических измерений, можно выявить ошибки отдельных измерительных операций:

- построение параллельного створа  $\sigma_1$ ;
- привязка геодезических знаков к технологической оси оборудования  $\sigma_2$ ;
- отложение разбивочного расстояния  $l$  по створу  $\sigma_3$ ;
- неточное отложение прямого угла  $\sigma_4$ ;
- отложение разбивочного расстояния  $\sigma_5$ .

Можно записать (5.12.):

$$\sigma_{\text{г}} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_4^2 + \sigma_5^2} \quad (5.12.)$$

Если принять, что построение параллельного створа и привязка знаков - процесс комплексный, включающий несколько операций, а отложение разбивочных элементов - процесс не сложный, то можно считать, что ошибки последних двух источников ( $\sigma_4$  и  $\sigma_5$ ) будут вдвое меньше ошибок первых двух (5.13.):

$$\sigma_3 = \sigma_4 = \sigma_5 = 2\sigma_1 = 2\sigma_2 = \sigma \quad (5.13.)$$

Тогда (5.14.):

$$\sigma_{\text{г}} = \sqrt{4\sigma^2 + 4\sigma^2 + 3\sigma^2} = \sqrt{11\sigma^2} \quad (5.14.)$$

Откуда (5.15.):

$$\sigma = \frac{\sigma_r}{\sqrt{11}} = \frac{0,83}{\sqrt{11}} = 0,25 \text{ мм}; \sigma_1 = \sigma_2 = 0,50 \text{ мм} \quad (5.15.)$$

Ошибку отложения прямого угла можно подсчитать по формуле (5.16.):

$$\sigma_\beta = \frac{\sigma\rho}{r} \quad (5.16.)$$

Приняв  $r = 2.0$  м, получим  $\sigma_\beta = 27''$ .

Из расчетов следует, что для обеспечения необходимой точности установки необходимо разбивать параллельный створ и осуществлять привязку геодезических знаков к технологической оси со ср. кв. ошибкой 0,5 мм, откладывать угол со ср. кв. ошибкой 27'', а разбивочные расстояния - с ошибкой 25 мм.

### **Передача отметок на монтажный горизонт**

При возведении многоэтажных зданий нередко возникают затруднения в устройстве или поддержании открытыми геодезических отверстий в межэтажных перекрытиях и метод прямого вертикального проецирования заменяют косвенным методом передачи разбивочных осей на монтажные горизонты - метод свободной станции.

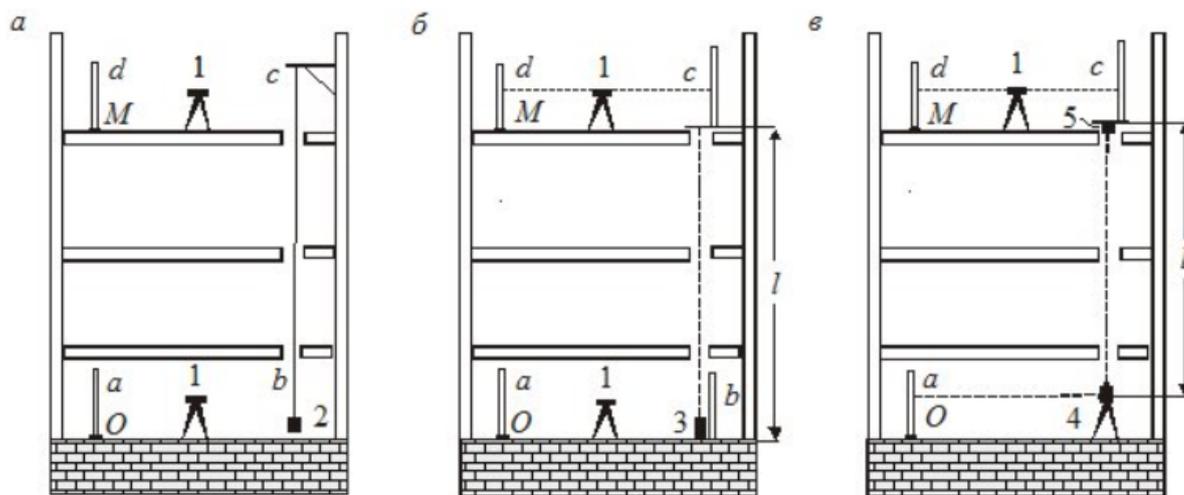
Для реализации метода:

- рассчитывают проектные плановые и высотные координаты исходных и, осевых и других разбивочных точек соответствующего монтажного горизонта;

- вокруг возводимого здания на расстояниях 200-400 м от него устанавливают светоотражающие марки и тахеометром определяют координаты каждой марки;

- в процессе возведения высотного здания тахеометр устанавливают на соответствующем монтажном горизонте, наводят зрительную трубу на каждую доступную марку (не менее двух), производят измерения расстояний, горизонтальных и вертикальных углов и, используя ПО тахеометра, решают обратную линейно-угловую засечку и получают координаты центра тахеометра.

Передача отметки должна производиться относительно репера, заложенного на уровне фундаментов внутри возводимого здания. Наиболее точный ( $\pm 2-3$  мм) способ передачи отметки — это способ вертикальной передачи сквозь лифтовые проемы или технологические отверстия межэтажных перекрытий при помощи лазерной рулетки или электронного тахеометра.



- а) с помощью рулетки;  
 б) лазерной рулетки;  
 в) электронного тахеометра.  
 1 - нивелир;  
 2 - груз;  
 3 - лазерная рулетка;  
 4 - электронный тахеометр;  
 5 - отражатель.

Рис. 5.14. Передача отметок на монтажный горизонт

Исполнительные съемки ведутся в процессе строительства по мере окончания его отдельных этапов и завершаются окончательной съемкой готового сооружения.

Исполнительную съемку выполняют с точностью, обеспечивающей надежное определение положения строительных конструкций и технологического оборудования. Для этого с.к.о.  $m$  контрольных измерений должна быть не более 0,2 величины отклонений  $\delta$ , допускаемых нормативными документами или проектом, т.е.  $m \leq 0,2\delta$ .

На этапе нулевого цикла исполнительную съемку выполняют для свайного поля, сооружений фундамента, стен и перекрытий технического подполья.

При монтаже монолитных фундаментов исполнительную съемку проводят после окончательного бетонирования и затвердения бетона. Для свайного поля съемку выполняют путем перенесения осей на оголовки свай, определяя тем самым положения их в плане, и нивелированием оголовков по высоте.

При возведении надземной части здания проводят поэтажную исполнительную съемку смонтированных конструкций. Для съемки в плане на фундаменты вновь переносят разбивочные оси, от которых измеряют положение фундаментов. По высоте нивелируют поверхность фундаментов в точках пересечения осей и между ними, примерно через 5 м. Аналогично проводят съемку сборных фундаментов. При съемке по высоте сборных фундаментов стаканного типа определяют отметки дна стаканов.

#### **5.4. Выверка конструкций и оборудования в плане**

##### **Способы выверки прямолинейности**

Выверка прямолинейности относится к работам по установке и контролю положения технологического оборудования. При этом имеется в виду установка в заданном створе фиксированных на оборудовании точек, совпадающих с геометрическими и технологическими осями.

К широко известным способам выверки прямолинейности – струнному и оптическому – относят также коллиматорный, автоколлимационный, дифракционный и лучевые способы.

##### **Струнный способ (рис. 5.17)**

Натянутую струну подвешивают в двух базовых точках, ее ось проектируют на осевые риски монтируемого оборудования с помощью отвесов, которые крепятся к струне в нужных местах. Для исключения погрешностей, возникающих из-за неоднозначности крепления отвесов, применяют один отвес, перемещаемый вдоль струны.

Принято считать, что при тщательной работе в закрытых помещениях общая погрешность струнного способа в среднем составляет 2 – 3 мм на 100 м длины створа.

Когда струна фиксирует параллель оси, то расстояние от нее до устанавливаемых элементов откладывают с помощью концевых приборов с микрометрами.

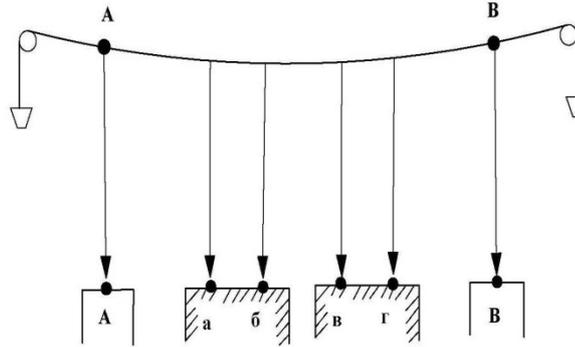


Рис. 5.17. Струнный способ

Струна имеет провес в вертикальной плоскости, максимальный посередине. Его можно подсчитать по формуле (5.17.):

$$f_{\text{верт}} = \frac{ql^2}{8F} \quad (5.17.)$$

где:  $q$ - масса одного метра струны, кг;

$l$ - длина створа, м;

$F$ - натяжение струны, кг.

Максимальное натяжение струны, составляющее 2/3 от разрывного усилия, может быть вычислено по приближенной формуле (5.18.):

$$F = 100d^2 \quad (5.18.)$$

где,  $d$  – диаметр струны, мм.

На струну также действует боковое давление воздуха, вызывающее отклонение струны от прямой в горизонтальной плоскости. Наибольшее отклонение в середине створа подсчитывают по формуле (5.19.):

$$f_{\text{гор}} = \frac{dv^2l^2}{64F} \quad (5.19.)$$

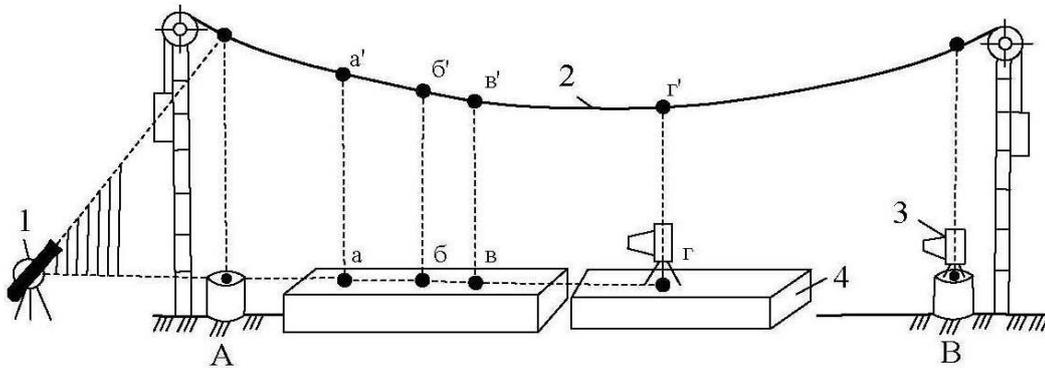
где,  $v$  – скорость ветра, м/с.

**Основные источники ошибок в этом способе:**

- неточность совмещения струны с монтажной осью в точках крепления;
- колебание струны в процессе работы из-за воздушных потоков и вибрации;
- проектирование струны отвесом на точки или грани деталей оборудование;
- постоянное боковое давление воздуха на струну.

**Струнно-оптическом способ (рис. 5.18)**

При этом способе монтажная ось задается натянутой струной, а проектирование ее на точки монтируемых конструкций осуществляется при помощи оптических приборов (теодолитов, приборов вертикального проектирования, специальных микроскопов на передвижном устройстве).



1 - теодолит, 2 - струна, 3 - прибор вертикального проектирования, 4 - оборудование

Рис. 5.18. Струнно-оптический способ

Струну натягивают выше устанавливаемого оборудования. При помощи теодолита или прибора вертикального проектирования струну поперечным движением совмещают с центрами знаков **A** и **B**, закрепляющих монтажную ось. Установленную таким образом струну принимают за монтажную ось.

Если установку выполняют с помощью теодолита, то оборудование перемещают и разворачивают так, чтобы точки **a**, **б**, **в**, **г** технологической оси оборудования попали в створ ориентированного по точкам **a'**, **б'**, **в'**, **г'** визирного луча теодолита. Если же используют приборы вертикального проектирования, то их устанавливают и центрируют на точках **a**, **б**, **в**, **г** оборудования, которое

затем перемещают до совпадения вертикальных лучей приборов с соответствующими точками  $a'$ ,  $b'$ ,  $v'$ ,  $z'$  струны.

Одновременно производят установку оборудования по высоте.

Для струнно-оптического способа характерны некоторые источники, характерные и для струнного способа:

- неточность разбивки и закрепления монтажной оси;
- отклонение струны в горизонтальной плоскости вследствие ветрового давления;
- колебания струны.

Кроме того, появляются следующие ошибки: установки струны в створ монтажной оси, проектирования струны оптическим прибором, из-за освещения струны.

Средняя квадратическая ошибка проектирования струны теодолитом в линейной мере может быть подсчитана по формуле (5.20.):

$$m_{\text{пр}} = \frac{h}{\rho''} \sqrt{(0,5\tau'')^2 + \left(\frac{20}{\Gamma^x}\right)^2} \quad (5.20.)$$

где,  $h$  - высота струны над прибором;

$\tau$  - цена деления уровня на алидаде горизонтального круга;

$\Gamma^x$  - увеличение зрительной трубы теодолита.

### **Способ оптического визирования.**

Монтаж производится при помощи зрительной трубы и визирных марок; монтажной осью служит линия визирования, задаваемая оптическим прибором или лазерным визиром. В начальном пункте монтажной оси устанавливается прибор, в конечном – опорная визирная марка. В створ линии последовательно вводят марки, установленные на соответствующих точках оборудования. Марки либо вводят в створ, перемещая их вместе с оборудованием, либо, сначала измерив отклонение технологической оси от створа, перемещают оборудование на измеренное отклонение.

### Коллиматорный способ

Применяют при выверке прямолинейности направляющих путей и конвейерных линий большой протяженности (до 400 м) или при установке оборудования в проектное положение по базовым точкам.

**Коллиматор** (от *collimo*, искажение правильного лат. *collineo* «направляю по прямой линии») — устройство для получения параллельных пучков лучей света или частиц. Коллиматорная система (рис. 5.20) состоит из зрительной трубы 1 с окулярным микрометром 2 и коллиматора 3, задающего параллельный световой пучок. Зрительную трубу (теодолита) устанавливают на одной из исходных точек, а коллиматор передвигают по выверяемой линии и устанавливают в промежуточных точках.

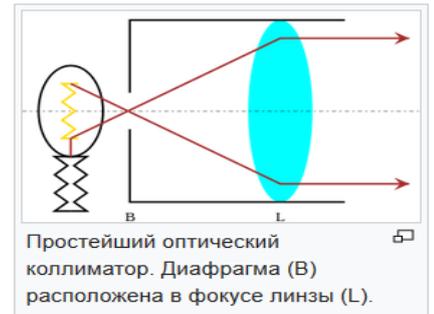


Рис. 5.19. Оптический коллиматор

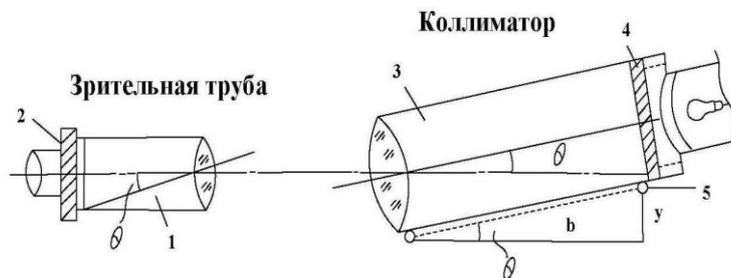


Рис. 5.20. Изменение положения зрительной трубы и коллиматора

В случае наклона или поворота коллиматора на некоторый угол  $\theta$  на этот же угол от визирной оси отклонится световой пучок, вызывая смещение изображения сетки коллиматора. Изображение освещенной сетки нитей коллиматора рассматривается в фокальной плоскости зрительной трубой, сфокусированной на бесконечность, и налагается на сетки нитей окулярного микрометра. При перемещении коллиматора параллельно визирной оси трубы световой пучок не будет изменять своего направления и изображение сетки коллиматора относительно сетки трубы будет оставаться неподвижным (рис. 5.20).

### Координатный способ монтажа

На примере установки конструкций фасада в проектное положение по четырём точкам при помощи электронного тахеометра.

В точке  $C$  геодезического обоснования с координатами  $X_c$ ,  $U_c$  устанавливается электронный тахеометр. Прибор центрируется и нивелируется, устанавливается режим разбивочных работ в координатах. Вводятся высота прибора над точкой, координаты точки стояния и точки ориентирования, координаты выносимых точек конструкции.

Отражатель (призма) устанавливается в соответствующей точке конструкции, и перемещениями самой конструкции добиваются её выставления в проектное положение. Отдельным фрагментом показана точка в углу несущей рамы монтируемой панели,

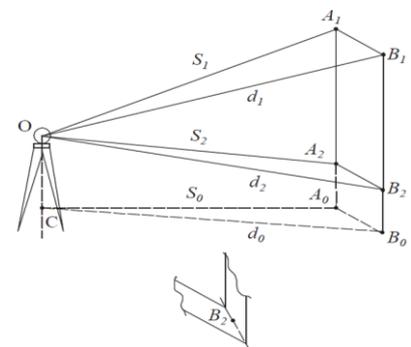


Рис. 5.21. Координатный способ монтажа

куда следует устанавливать призму (середина прямой, соединяющей две вершины уголка рамной конструкции).

Видно, что все точки, расположенные на одной вертикали от первого до последнего этажа, будут иметь равные горизонтальные проекции, следовательно, и координаты  $X$  и  $Y$  будут одни и те же. Различия будут касаться только высоты.

Данный способ монтажа значительно упрощает монтаж и сводится к линейным промерам расстояний от точки стояния прибора до контрольных точек монтируемых конструкций (рис. 5.22).

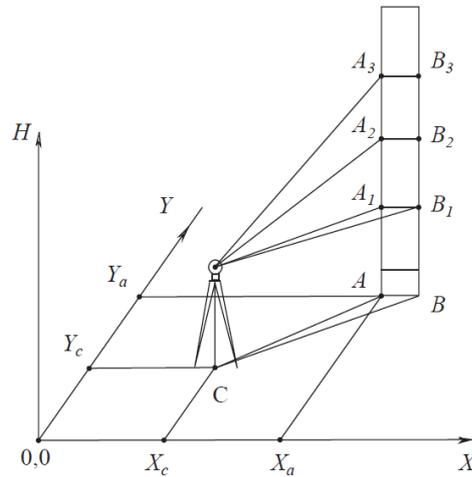


Рис. 5.22. Монтаж при координатном способе

При реализации данного способа следует учитывать:

- влияние неперпендикулярности визирной плоскости к плоскости монтируемой конструкции (угол), на точность производства монтажных работ;
- визирная плоскость образуется визирной линией при вращении зрительной трубы вокруг её горизонтальной оси вращения. Если эта плоскость пересекается с плоскостью монтируемой конструкции под углом, отличным от  $90^\circ$ , то перемещения монтируемых конструкций в направлении, перпендикулярном плоскости фасада, не будут пропорциональны изменению расстояний от точки стояния дальномера до монтируемой точки.

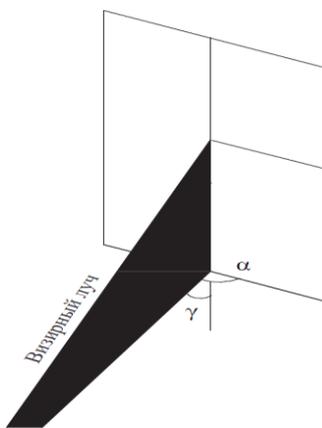


Рис. 5.23. Образование визирной плоскости

Кроме этого, в вертикальной плоскости визирная линия образует угол с плоскостью монтируемой конструкции. Этот угол с ростом этажности сооружения будет уменьшаться.

Только в случае  $\alpha = 90^\circ$  и  $\gamma = 90^\circ$  связь между перемещениями монтируемой конструкции и измеряемым расстоянием будет находиться в линейной зависимости.

При любых других значениях углов обозначенная связь носит сложный тангенциальный характер.

Считается, что угол не следует допускать меньше  $45^\circ$ .

Описанный координатный способ монтажа можно использовать в сочетании с другими способами и приёмами выставления конструкций.

Исходя из конструктивных особенностей крепления панелей, реализовать их установку в проектное положение по координатам четырёх точек возможно лишь для панелей первого, исходного пояса. Панели второго пояса своим нижним торцом входят в паз уже установленной панели нижнего пояса и, следовательно, их положение в своей нижней части фиксировано и обусловлено пространственным положением уже выставленной ранее конструкции.

### **Лучевые методы створных измерений**

Приборы для створных измерений с применением лазеров, визуальных и фотоэлектрических регистрирующих устройств объединены общим названием – лазерные створофиксаторы.

По принципиальным схемам построения створофиксаторы могут быть разделены на следующие типы:

- лучевые створофиксаторы, использующие в качестве опорной прямой ось коллимированного светового пучка;
- дифракционные створофиксаторы, основанные на принципиальной схеме опыта Юнга.

Основной схемой построения лучевых створофиксаторов является использование лазерных источников света, отличающихся узконаправленностью, высокой когерентностью и монохроматичностью. Кроме того, луч лазера строго поляризован. Для лазеров энергия в поперечном сечении распределена достаточно симметрично относительно оси светового потока, что позволяет строить в пространстве опорные базовые линии, по отношению к которым возможно осуществлять измерения положения контролируемых точек. Регистрация положения промежуточных (контролируемых) точек может выполняться визуально при помощи простых

экранов с координатной сеткой, но также могут быть использованы фотоэлектрические регистрирующие устройства.

Схемы (программы) створных измерений – целого створа, полуствора, четвертьствора.

В зависимости от размеров и конструктивных решений сооружений, наличия приборов, необходимой точности контроля перемещений, створные измерения выполняются по определенным схемам построения створных линий (в некоторых изданиях – программам), под которыми понимают определенную последовательность действий. В практике высокоточных створных измерений наибольшее применение находят схемы:

- полного створа
- четверть створа
- малых створов
- полигонометрического хода
- полуствора
- последовательных створов

**В схеме полного створа** (рис. 5.24) нестворность  $q$  каждой точки относительно общего створа определяется в прямом и обратном направлениях, т. е. дважды (при постановке прибора на обоих концах створа).

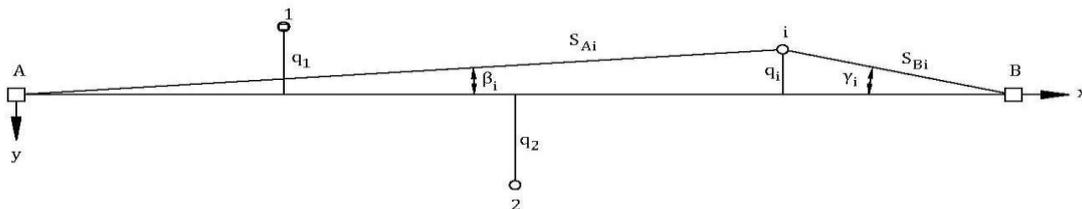


Рис. 5.24. Схема полного створа

Программа наблюдений состоит в измерении нестворности в каждой точке при КП и КЛ в ходах прямого и обратного направлений. Величину нестворности  $q$  любой точки, например точки  $i$ , определяют по формуле (5.21.):

$$q_i = \frac{q'_i P'_i + q''_i P''_i}{P'_i + P''_i} \quad (5.21.)$$

где,  $q'_i$  – величина нестворности, измеренная с точки А;

$q''_i$  – величина нестворности, измеренная с точки В;  
 $P'_i = \frac{1}{S_{Ai}}$ ;  $P''_i = \frac{1}{S_{Bi}}$  – веса измерений.

**К положительным сторонам программы** полного створа измерений следует отнести:

- относительную быстроту измерений, так как прибор переносят лишь один раз с одного опорного пункта на другой;
- и простоту обработки результатов измерений.

**К недостаткам программы** следует отнести:

- необходимость постоянной видимости по всему створу;
- низкую точность измерения отклонений при больших линиях визирования, что заставляет часто делать много приемов измерений;
- очень низкую точность взаимного положения соседних контрольных знаков, особенно в центральной области створа, так как отклонения каждого знака определяются независимо относительно общего створа. Поэтому данную программу применяют при небольших створах.

При измерениях **по программе полустворов** (рис. 5.25) работу начинают с определения нестворности центральной точки 4 из прямого и обратного ходов относительно створа А-В. Затем определяют нестворности точек 1, 2, 3 относительно полуствора А-4 и нестворности точек 5, 6, 7 относительно полуствора 4-В.

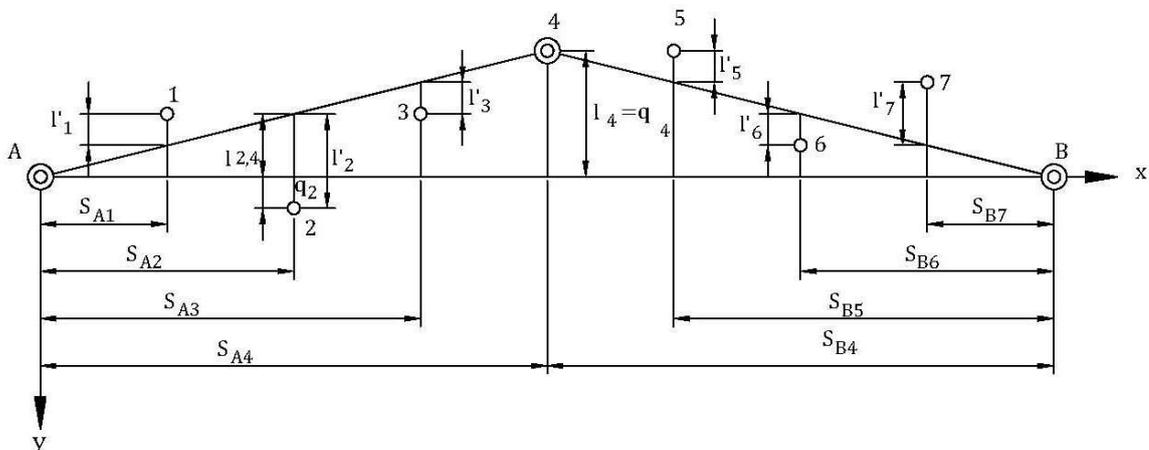


Рис. 5.25. Программа полустворов

Величину нестворности любой промежуточной точки, например 2, в схеме полуствора определяют по формуле (5.22.):

$$q_2 = l'_2 - l_{2,4} \quad (5.22.)$$

где,  $q_2$  - величина нестворности точки 2 относительно полного створа;

$l'_2$  - величина нестворности точки 2 относительно полуствора А-4, определяемая по формуле (5.23.):

$$l_{2,4} = l_4 \frac{S_{A,2}}{S_{A,4}} \quad (5.23.)$$

**В программе четвертьствора** (рис. 5.26), как и в программе полуствора, сначала определяют величину нестворности центральной точки 4 из прямого и обратного ходов относительно створа А-В. Затем по аналогичной программе определяют величины нестворностей центральных точек соответственно 2 и 6 относительно полустворов А-4 и В-4; затем определяют величины нестворностей промежуточных точек относительно четвертьстворов А-2, 2-4, 4-6, 6-В.

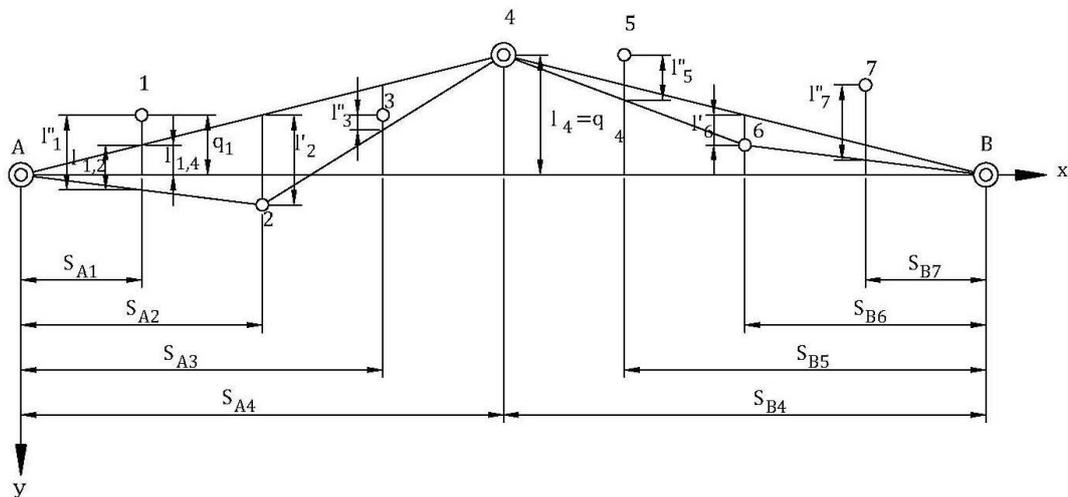


Рис. 5.26. Программа четвертьстворов

Величину нестворности  $q$  любой точки, например 1, в схеме четвертьствора определяют по формуле (5.24.):

$$q_1 = l''_1 - l_{1,2} + l_{1,4} \quad (5.24.)$$

где,  $q_1$  – величина нестворности точки 1 относительно створа А-В;

$l_1$  - величина нестворности точки 1 относительно четвертьствора А-2, вычисляемая по формуле (5.25.):

$$l_{1,2} = l_2 \frac{S_{A,1}}{S_{A,2}}; l_{1,4} = l_4 \frac{S_{A,1}}{S_{A,4}} \quad (5.25.)$$

Величину смещения определяют как разность нестворностей последующего и первого циклов измерений.

В рассмотренной программе увеличивается объем работы, связанный с дополнительными переносами прибора и увеличением числа измеряемых нестворностей, а также дополнительными вычислениями. Однако точность взаимного положения точек будет выше, чем в программе полного створа, что очень важно при контроле смещений сооружений и их частей.

### **Программа последовательных створов** (рис. 5.27)

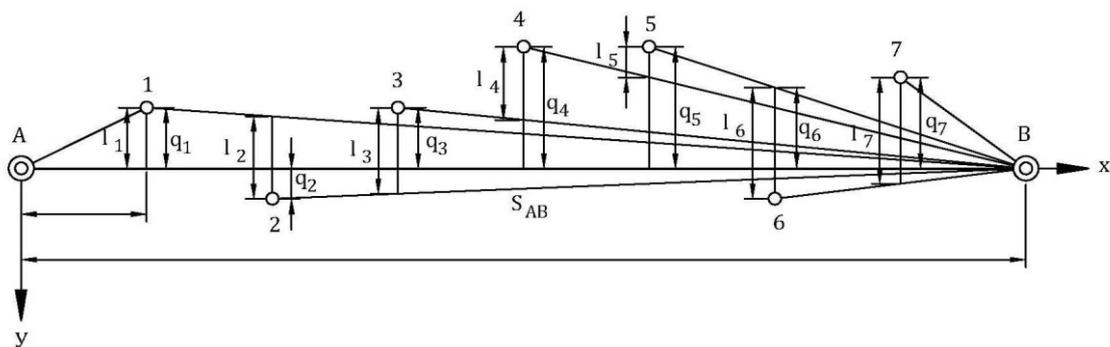


Рис. 5.27. Программа последовательных створов

В створе, разделенном на  $n$  примерно равных частей, устанавливают в начальном опорном пункте теодолит, в конечном пункте – визирную марку. От общего створа А-В измеряют при двух положениях круга только отклонение точки 1. Затем прибор переносят в эту точку, устанавливая его вместо марки, и относительно створа 1-В измеряют нестворность точки 2. Прибор переносят в точку 2 и от створа 2-В измеряют нестворность точки 3 и т. д. Дойдя до конечной точки, производят измерения в обратном направлении. Установив теодолит в пункте В, а визирную марку – в пункте А, относительно створа В-А наблюдают отклонение точки 7. Перейдя с прибором в эту точку, от створа 7-А находят нестворность точки 6 и т. д. Таким образом, в этой схеме прибор последовательно устанавливают на все наблюдаемые точки створа,

ориентируют по конечному наблюдательному пункту и относительно последовательно измеряемого створа измеряют нестворность ближайшей по ходу наблюдаемой точки.

**В схеме малых створов** (рис. 5.28) измерения сводятся к последовательному определению отклонений каждого пункта от створа двух соседних.

В прямом ходе прибор устанавливают в пункте А, визирную марку – в точке 2 и от створа А-2 измеряют отклонение точки 1. Прибор переносят в точку 1, визирную марку – в точку 3 и от створа 1-3 определяют нестворность точки 2. Соответственно от створа 2-4 измеряют отклонение точки 3 и т. д. Заканчивают прямой ход определением отклонения точки 7 от створа 6-В. В обратном ходе теодолит устанавливают на пункте В, визирную марку – в точке 6 и относительно створа В-6 измеряют нестворность точки 7, от створа 7-5 – точки 6 и так до пункта А.

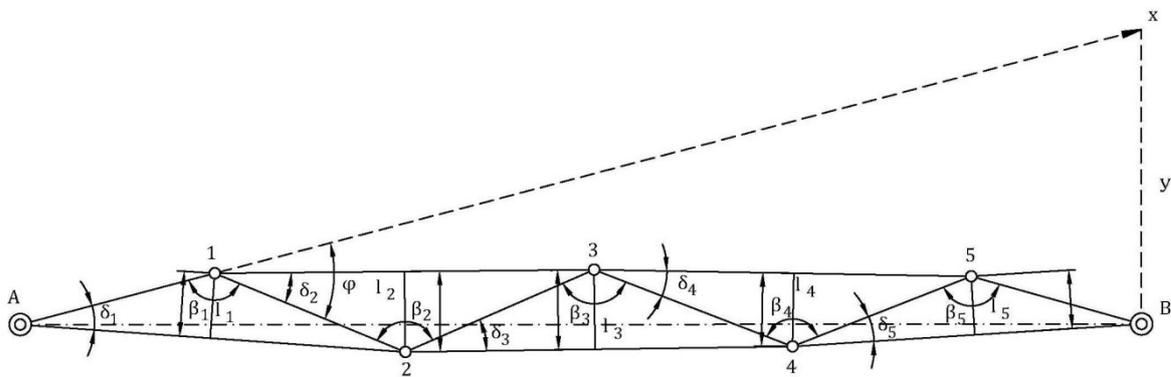


Рис. 5.28. Схема малых створов

При больших величинах нестворностей точек применяют способ малых углов, при незначительных отклонениях – метод подвижной марки. В случае применения способа подвижной марки в каждом вытянутом треугольнике, образованном из соседних пунктов, по величинам частных нестворностей вычисляют малые углы (5.26.):

$$\sigma_i = \frac{l_i \rho''}{S_{(i-l)i}}; \gamma_i = \frac{l_i \rho''}{S_{(i+l)i}} \quad (5.26.)$$

По малым углам в каждом вытянутом треугольнике вычисляют углы поворота створного хода (5.27.):

$$\beta_i = 180^\circ - (\sigma_i + \gamma_i) \quad (5.27.)$$

Принимают частную систему координат  $x'y'$ , начало которой совмещают с пунктом А, а ось  $x'$  направляют вдоль линии А-1. В этой системе сначала вычисляют дирекционные углы сторон (5.28.):

$$\alpha'_i = 360^\circ - (\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_i) \quad (5.28.)$$

и ординаты точек створа (5.29.):

$$\alpha'_i = \frac{1}{\rho} (S_{1,2}\alpha'_2 + S_{2,3}\alpha'_3 + \dots + S_{(i-1),i}\alpha'_i + \dots + S_{5,B}\alpha''_B) \quad (5.29.)$$

Вычисляют угол разворота створа А-В в системе  $x'y'$  (5.30.):

$$tg \alpha'_{A-B} = \frac{Y'_{A-B}}{X_{A-B}}; \alpha'_{A-B} = \varnothing; \quad (5.30.)$$

Переходят от системы координат к системе координат общего створа ху. Для этого перевычисляют сначала дирекционные углы (5.31.):

$$\alpha_i = 360^\circ - (\varnothing + \beta_1 + \beta_1 + \dots + \beta_{i-1}) \quad (5.31.)$$

а затем определяют ординаты точек хода, т. е. нестворности относительно общего створа (5.32.):

$$Y_i = \frac{1}{\rho} (S_{A,1}\alpha_1 + S_{1,2}\alpha_2 + \dots + S_{(i-1),i}\alpha_i) \quad (5.32.)$$

Для конечной точки створа В можно записать (5.33.):

$$Y_B = \text{невязке хода} = \frac{1}{\rho} (S_{A,1}\alpha_1 + S_{1,2}\alpha_2 + \dots + S_{(n-1),n}\alpha_n) \quad (5.33.)$$

Невязку хода сравнивают с допустимой, равной удвоенной средней квадратической погрешности, и разбрасывают пропорционально длинам линий.

Невязку хода сравнивают с допустимой, равной удвоенной средней квадратической погрешности, и разбрасывают пропорционально длинам линий.

В схеме малых створов происходит очень быстрое накопление погрешностей по створу, что является основным его недостатком. Однако незначительные погрешности взаимного положения соседних пунктов будут определены с меньшими значениями, чем в других рассмотренных схемах, что, несомненно, является большим его достоинством.

### **5.5. Высотная установка конструкций**

Включает в себя:

- геометрическое нивелирование;
- микронивелирование;
- гидронивелирование;
- индикаторный способ;
- использование уровней (ватерпасов).

#### **Геометрическое нивелирование**

При высотной установке конструкций в настоящее время больше применяют оптические нивелиры с компенсаторами, цифровые нивелиры, лазерные нивелиры.

При установке строительных конструкций, как правило, требуется сравнительно невысокая точность, соответствующая нивелированию III и IV классов. При этом используют нивелиры средней точности типа Н-3 и стандартные шашечные рейки. Отметки на конструкции переносят в виде карандашных рисок или открасок.

При выполнении строительного-монтажных работ наиболее высокие требования предъявляются к установке по высоте металлических конструкций и закладных деталей. Применяя те же методы нивелирования более высокой точности (порядка 1 мм), добиваются путем уменьшения расстояний от нивелира до реек (длин плеч).

Для производства геометрического нивелирования при монтаже технологического оборудования применяют наиболее точные приборы и методику нивелирования. Используют прецизионные нивелиры типа Н-05,

штриховые рейки с инварной полосой, специальные малогабаритные реечки или точные металлические линейки с миллиметровыми делениями. В этом случае способом геометрического нивелирования можно определять разности высот точек, расположенных на расстоянии 5–15 м, со средней квадратической ошибкой 0,02–0,05 мм и на несколько сотен метров – с ошибкой до 0,2 мм

### Геометрическое нивелирование коротким лучом

Для получения высоких результатов придерживаются следующих принципов:

1. применяются цифровые нивелиры, нивелиры с самоустанавливающейся линией визирования или с контактным цилиндрическим уровнем с ценой деления не более 8-10";
2. нивелир должен иметь оптический микрометр (кроме цифровых);
3. рейки должны быть оборудованы подпятником специальной конструкции. Наиболее целесообразно применять малогабаритные штриховые реечки (не для цифровых нивелиров);
4. нивелирование должно выполняться строго из середины. В этом случае ослабляется влияние вертикальной рефракции и почти полностью исключается влияние кривизны Земли и угла  $i$  нивелира;
5. допустимая длина визирного луча должна быть не более 20 м.

**Микронивелирование** используют для приведения в горизонтальное положение опорных плоскостей и точек строительных конструкций и технологического оборудования. Выполняется оно при помощи монтажного уровня или специального микронивелира.

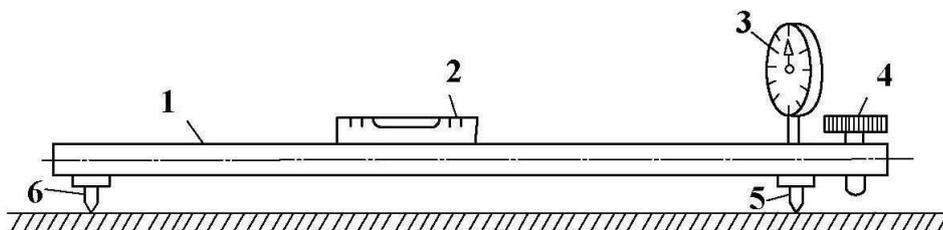


Рис. 5.29. Микронивелирование

Микронивелир состоит из подставки 1 с двумя опорами – подвижной 5 и неподвижной 6, с помощью которых он устанавливается на выверяемые точки.

Перемещение подвижной опоры по высоте определяется при помощи часового индикатора 3 с ценой деления 0,01 мм. Расстояние между опорами является базой микронивелира, обычно не превышающей 1,5 м. К подставке жестко крепится цилиндрический уровень 2 с ценой деления 5–8". Приведение пузырька уровня в нуль-пункт осуществляется при помощи подъемного винта 4.

Установив микронивелир на выверяемые точки, подъемным винтом приводят пузырек уровня в нуль-пункт и берут отсчет по индикатору. Переставив прибор в тех же точках на 180° и приведя вновь пузырек уровня на середину, берут второй отсчет по индикатору. Превышение на станции равно полуразности этих отсчетов (5.34.).

$$h = \frac{O_3 - O_П}{2} \quad (5.34.)$$

При помощи микронивелира можно определять превышения последовательно от одной точки выверяемой поверхности к другой, т. е. прокладывать микронивелирный ход. Ошибку передачи отметки в микронивелирном ходе (в мм) длиной L и базой прибора b можно подсчитать по формуле (5.35.):

$$m_{[h]} = 0.01 \sqrt{L/b} \quad (5.35.)$$

Одновременно с определением превышения на каждой станции определяют место нуля прибора.

Место нуля – это отсчет по индикатору, при котором ось уровня параллельна линии, соединяющей опоры микронивелира, и его значение может быть вычислено по формуле (5.36.):

$$MO = \frac{3+\Pi}{2} \quad (5.36.)$$

Место нуля прибора должно быть постоянным, непостоянство MO может колебаться в пределах 0,05 мм. Если же колебание MO превышает указанное значение, то это является свидетельством того, что прибор необходимо отъюстировать либо устранить неровности на нивелируемой поверхности.

## Гидронивелирование (рис. 5.30)

Различают гидростатическое, гидромеханическое и гидродинамическое нивелирование. Из всех способов гидронивелирования гидростатический является наиболее распространенным и пригодным для геодезических измерений при выполнении монтажных работ.

В местах неудобных для геометрического нивелирования из-за стесненных условий работ используется гидростатическое нивелирование. Точность измерений составляет 0,1 мм.

Переносная гидростатическая система Фрайберга состоит из двух сосудов – пьезометров 1, соединенных шлангом 2.

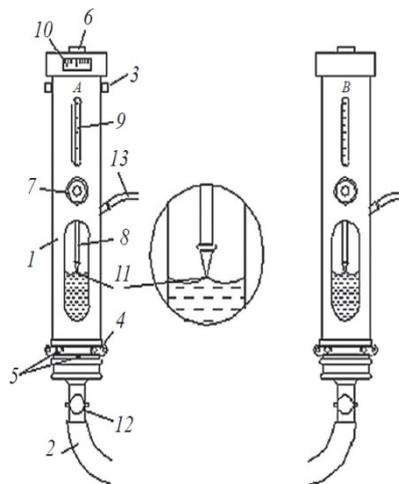


Рис. 5.30. Гидронивелирование

В процессе работ пьезометры навешиваются на специальные стенные реперы и фиксируются ручкой 3 и скобой 4. Вертикальность пьезометра обеспечивается регулировочными винтами 5 и круглым уровнем 6.

Измерение превышения осуществляется с помощью винтового микрометра, вращением штурвала 7 до момента соприкосновения острия измерительного штока 8 с мениском жидкости 11. Снятие отсчетов производится в окошке 9 (целые мм) и 10 (сотые доли мм). Для выключения системы при ее переносе служит кран 12. Для исключения влияния разности давлений гидростатическая система может быть герметизирована, для этого штуцеры 13 должны быть соединены воздушным шлангом.

Порядок производства наблюдений. Гидростатический прибор не требует каких-либо предварительных проверок. Работоспособность прибора проверяется изменением высоты одного из пьезометров, при этом изменится уровень

жидкости в обоих сосудах. Пьезометры подвешиваются на стенные реперы, и контролируется их вертикальность по круглому уровню 6.

Начинают наблюдения с открытия обоих кранов 12. После этого необходимо выждать 1,5-2 мин, чтобы вода в системе пришла в равновесие. Процесс измерений заключается в одновременном опускании штоков до момента контакта с мениском жидкости в обоих пьезометрах. Как уже говорилось, достигается это вращением в соответствующую сторону штурвала 7, делается это по команде одного из наблюдателей. Выполнив контактирование, наблюдатели берут отсчеты по шкалам обоих пьезометров и записывают результаты в журнал. После этого штоки приподнимают над менисками и, вновь опуская их, производят новое контактирование.

Таких контактов делается не менее трех. Если расхождения между результатами этих трех измерений оказываются в допустимых пределах, то наблюдатели закрывают краны 12 системы, откидывают скобы 4 и, освободив ручки 3, снимают пьезометры с реперов и меняют их местами. После подвешивания пьезометров открывают краны системы, контролируют правильность подвески по уровню 6 и, выждав положенные 2 минуты, процесс измерений повторяют.

Превышение на станции вычисляют с учетом того, что нули шкал в пьезометрах располагаются сверху, по формуле:  $H = \Pi - 3$ , где  $\Pi$  и  $3$  – соответственно отсчеты по переднему (по ходу) и заднему пьезометрам.

О контроле качества наблюдений судят по результатам измерений. Максимальные расхождения между тремя превышениями не должны быть более 0,07 мм. Место нуля прибора контролируется по формуле (5.37.):

$$MO = d_1 - d_2 = \frac{(\Pi-3)_{cp.1} - (\Pi-3)_{cp.2}}{2} \quad (5.37.)$$

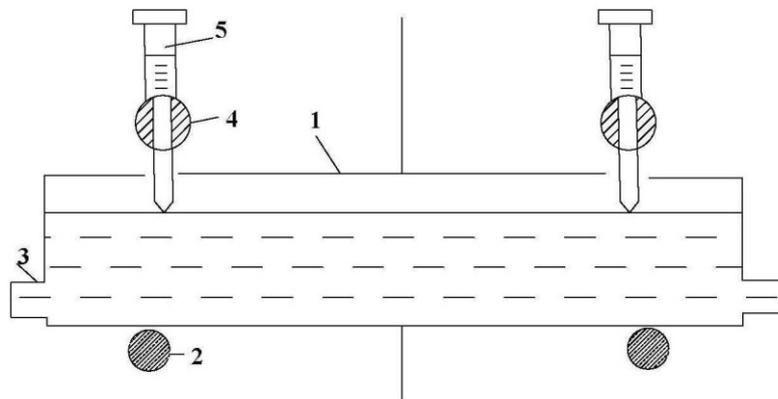
где,  $d_1$  и  $d_2$  – расстояния от нулей шкал пьезометров до точек их подвеса на реперах.

Колебания в значениях  $MO$  не должны превышать 0,15 мм.

**Гидромеханическое нивелирование** заключается в измерении давления столба жидкости в гидростатической системе, расположенной между нивелируемыми точками.

Превышение определяют как функцию избыточного давления или вакуума, создаваемого столбом жидкости в гидростатической системе.

Простейшая система, используемая на гидротехнических сооружениях, состоит из отрезков металлических труб, уложенных на стержнях, заделываемых в стену (рис. 5.31). Отрезки труб соединяются между собой шлангами.



*Стационарная гидростатическая система: 1 отрезок металлической трубы; 2 - стержень; 3 - шланг; 4 - марка; 5 - измеритель*

Рис. 5.31. Стационарная гидростатическая система

Над трубой в точках, между которыми систематически определяются превышения, в стену закладываются марки с посадочными втулками для переносного измерителя. При измерениях измеритель вставляется во втулку марки. Вращением микрометричного винта измерителя добиваются контакта острия штока с жидкостью, о чем свидетельствует загорание сигнальной лампочки. В этот момент берется отсчет по барабану микрометра. При привязке гидростатической системы к опорной нивелирной сети на марку вместо измерителя устанавливается нивелирная рейка. Существуют автоматизированные системы гидростатического нивелирования, в которых изменение положения уровня жидкости в сосудах определяется автоматически с помощью электрических или оптико-электронных датчиков.

Точность гидромеханического нивелирования зависит от величины измеряемого превышения, погрешностей измерения давления жидкости, определения ее температуры, плотности и др. Точность – 1 – 2 см.

**Ошибки, возникающие при гидростатическом нивелировании:**

1. Ошибка установки прибора на фиксированные базовые поверхности нивелирующих точек. Ошибка зависит от качества нивелируемых поверхностей. Перед работой следует выполнять их зачистку;

2. Ошибка за наклон головки гидростатического прибора. Для уменьшения ошибки приборы снабжены круглыми уровнями;

3. Ошибка за счет влияния капиллярных сил. Для устранения этой ошибки следует пользоваться сосудами диаметром более 40 мм, а в случае использования капилляров их внутренние диаметры должны быть строго равны между собой;

4. Ошибки за температурные деформации отдельных узлов гидростатического нивелира. Ошибка уменьшается при уменьшении габаритов прибора и изготовления основных узлов из материалов с близкими коэффициентами линейного расширения;

5. Ошибка за изменение температуры жидкости. Для уменьшения влияния градиента температур в системах незначительной протяженности и при отсутствии интенсивных локальных источников теплового излучения перед измерением жидкость делают однородной путем ее переливания из одного сосуда в другой;

6. Ошибки за изменение атмосферного давления. Для избежания данной ошибки необходимо создать закрытую систему, где уравнивание давлений в различных сосудах происходит через соединительные шланги;

7. Ошибки гидродинамического характера. Обусловлены движением жидкости в процессе установления равновесия в системе. Необходимо снимать отсчеты в момент, когда нет колебаний жидкости в сосудах;

8. Ошибки за вибрацию жидкости. Могут быть вызваны образованием волн в сосудах.

**Индикаторный способ** применяют для окончательной установки выверяемых точек на проектную отметку, если из предварительных измерений известны точные фактические отметки этих точек.

Над выверяемыми точками оборудования, например, А и В, устанавливают индикаторное устройство, состоящее из подставки со стойкой, передвижного мостика с уровнем и часового индикатора.

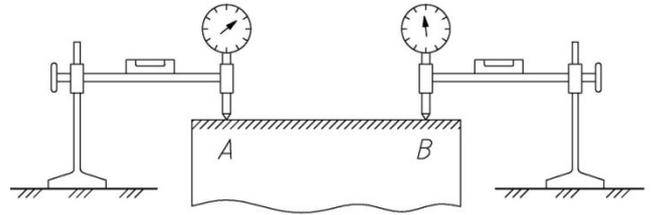


Рис. 5.32. Индикаторный способ

Если к отсчету по индикатору при его опирании на выверяемую точку прибавить разность между проектной и фактической отметками, то получится отсчет, до величины которого надо поднять или опустить оборудование, чтобы его фиксированная точка находилась на проектной отметке.

Установку оборудования в вертикальной плоскости проверяют при помощи нивелиров и слесарных уровней, у которых цена деления в  $1^\circ$  соответствует уклону 0,1 мм/м.

### 5.5. Выверка конструкций и оборудования по вертикали

**Высотное здание:** многоэтажное здание жилого назначения высотой от 75 до 100 м включительно, общественного и многофункционального назначения высотой от 50 до 200 м включительно.

**Высота здания** – разность отметок от поверхности проезжей части ближайшего к зданию проезда до отметки пола верхнего этажа, не считая технического.

Выбор технологий для геодезического обеспечения строительства высотных сооружений зависит от конкретных производственных условий. Во всех случаях нужно использовать не менее двух методов измерений, дополняющих друг друга и позволяющих выполнять двойной независимый контроль полученных результатов.

Плановое и высотное положение элементов, конструкций и частей здания, их вертикальность определяют от знаков внутренней разбивочной основы или ориентиров, которые использовались при выполнении строительно-монтажных работ.

**К сведению:** при воздействии ветра на высотное здание, помимо прямого ветрового потока, возникают потоки повышенной скорости – турбулентные потоки и завихрение воздуха. Вихри с высокой скоростью вызывают круговые восходящие потоки и всасывающие струи вблизи здания, из-за чего возникают небольшие ощущаемые колебания здания.

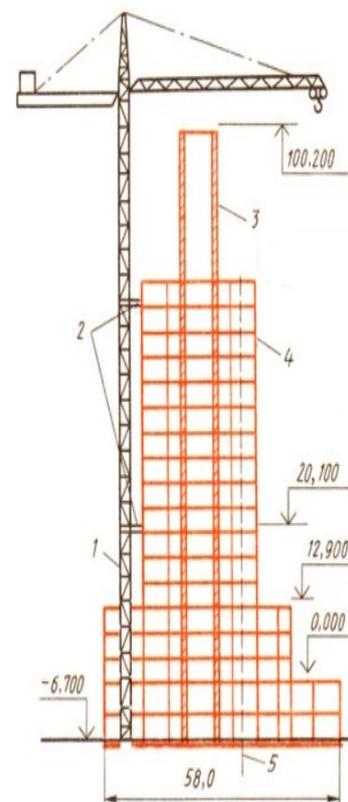
При выполнении геодезических разбивочных работ следует учитывать, что строения высотой до 50 м при скорости ветра менее 15 м/сек не значительно реагируют на ветровые нагрузки и геодезические измерения допускается производить в стандартном режиме работ.

При возведении объектов с отметкой более 50 м измерения должны корреспондироваться с данными метеостанций (на отметках свыше 200 м скорость ветра может достигать 125 км/час).

В составе проектной документации приводится специальная оценка ветрового режима и аэродинамических показателей объекта строительства.

В большинстве высотных зданий предусмотрено ядро жёсткости (рис. 5.33), которое воспринимает горизонтальные нагрузки от примыкающих частей здания, ветра, вибраций от действующего оборудования и обеспечивает устойчивость и пространственную жёсткость всего здания в процессе монтажа и эксплуатации.

Данный элемент, а точнее – совокупность элементов, является “позвоночником” здания, обеспечивающим его долговечность и устойчивость к внешним воздействиям.



1 - приставной кран, 2 - крепление крана к каркасу,

Рис. 5.33. Ядро жёсткости

Ядра жёсткости обычно выполняют из железобетона, хотя в металлических каркасах ядро может быть стальным.

Устройство ядра жёсткости опережает монтаж (или бетонирование) каркаса на несколько ярусов – не менее двух, но не более восьми.

У каркасных зданий ядром жесткости являются: лестничные клетки, лифтовые шахты или вертикальные коммуникационные каналы из кирпича, монолитного или сборного железобетона.

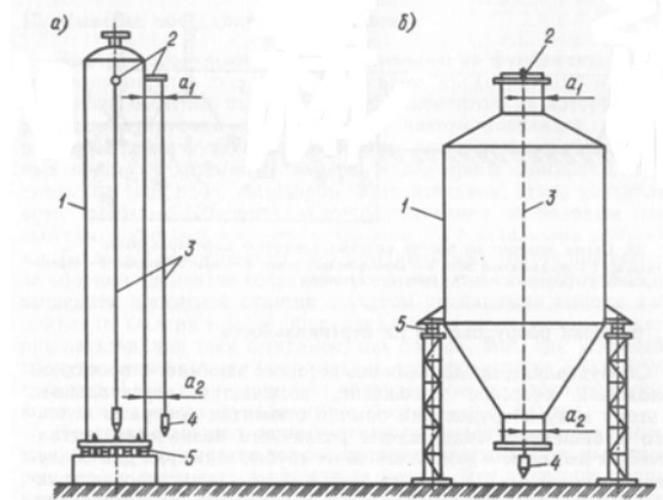
Выверка конструкций и оборудования по вертикали:

- способ отвесов;
- наклонным лучом;
- способ бокового нивелирования;
- способ оптической вертикали;
- автоколлимации.

**Способ отвесов** (рис. 5.34) применяется в основном для предварительной установки и при работах сравнительно невысокой точности.

Обычно используют тяжелые отвесы, погруженные в жидкость (в воду или в масло) для уменьшения их колебаний.

Ошибка этого способа характеризуется величиной  $0,001h$ , где  $h$  – высота конструкции. Для автоматизации и повышения точности измерений применяют электронный центрир, в котором вертикаль задается стальной струной, а отклонение от нее выверяемой конструкции измеряется при помощи индуктивного датчика, жестко связанного с этой конструкцией.



*а – по двум струнам, б – по одной струне;  
1- аппарат, 2- кронштейны, 3- струны  
отвесов, 4 – груз, 5 – опорный элемент*

Рис. 5.34. Способ отвесов

**Способ проектирования наклонным лучом** (рис. 5.35) (наклонного визирования) применяют при установке строительных конструкций. Например, при вертикальной установке колонн здания. Выполняют при помощи теодолита.

Перед установкой колонны выполняют ее разметку: намечают осевые риски вверху и внизу конструкции, которые определяют положение геометрической оси. Теодолит устанавливают на некотором расстоянии от конструкции (не менее ее высоты), по направлению перпендикулярному одной из плоскостей колонны, и тщательно горизонтируют. Вертикальный штрих сетки нитей теодолита совмещают с риской в нижнем сечении колонны.

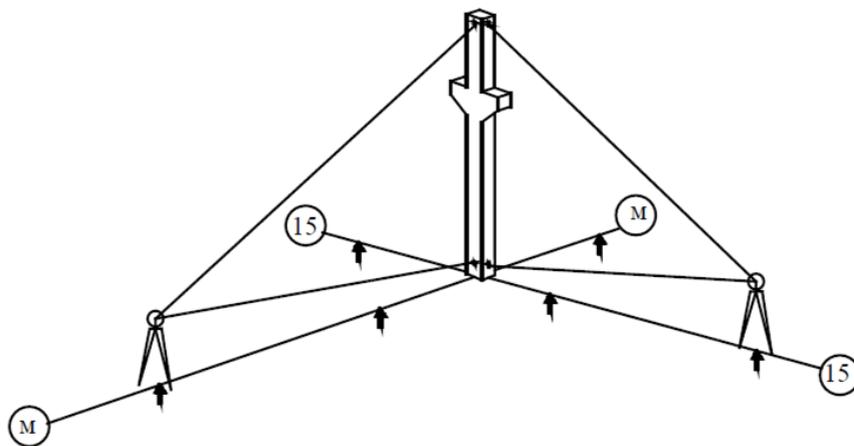


Рис. 5.35. Способ проектирования наклонным лучом

Трубу теодолита поднимают до уровня верхней риски. Наклоняя колонну, добиваются совмещения верхней риски с вертикальным штрихом сетки. Совмещение верхней и нижней рисок с этим штрихом свидетельствуют о вертикальности колонны. Аналогичные действия выполняют по другому направлению, перпендикулярному первому.

Основные источники погрешностей этого способа: наклон вертикальной оси вращения теодолита, погрешность визирования и нестворность установки теодолита.

Наклон вертикальной оси вращения теодолита – наиболее существенный источник погрешностей, не устраняемый визированием при двух положениях

вертикального круга. В линейной мере погрешность за наклон  $m_t$  определяется из выражения (5.38.):

$$m_t = \frac{0.5 \cdot \tau^* \cdot h}{\rho''} \quad (5.38.)$$

где,  $t$  – цена деления уровня на алидаде горизонтального круга теодолита;  
 $h$  – высота конструкции.

### **Способ бокового нивелирования** (рис.5.36)

Теодолит ориентируют по марке, установленной в конце створа параллельного технологической оси (створ организуют на расстоянии 1 – 2 м от оси).

Отсчеты берут по переносной нивелирной рейке или линейке, устанавливаемой сначала в нижнем, а затем в верхнем сечении колонны.

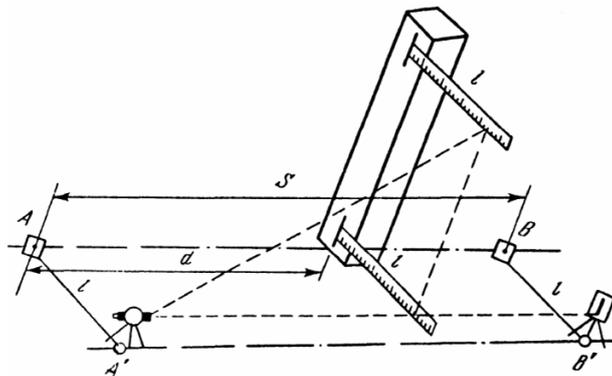


Рис. 5.36. Способ бокового нивелирования

Рейка устанавливается перпендикулярно к ее боковой поверхности. Разность отсчетов по рейке внизу и вверху колонны характеризует ее поперечный наклон в линейной мере (5.39.)

$$\Delta l = b - a \quad (5.39.)$$

Точность установки колонны по вертикали способом бокового нивелирования будет в основном зависеть от погрешностей неперпендикулярности рейки к направлению визирования теодолитом, отсчета по рейке и погрешности за наклон вертикальной оси теодолита.

Погрешность неперпендикулярности рейки к направлению визирной оси может быть подсчитана по формуле (5.40.):

$$m_H = \frac{lv^2}{2\rho^2} \quad (5.40.)$$

где,  $l$  – отсчет по рейке;

$\nu$  – угол отклонения рейки от перпендикулярного направления.

Если колонны будут установлены вертикально, то продольные и поперечные оси пройдут через центр их оголовков, а при наклоне колонн будут отмечены смещения геометрических центров от проектных точек пересечения осей. При помощи составленной исполнительной схемы устанавливают размеры этих смещений и при необходимости положения колонн рихтуют (рис. 5.37).

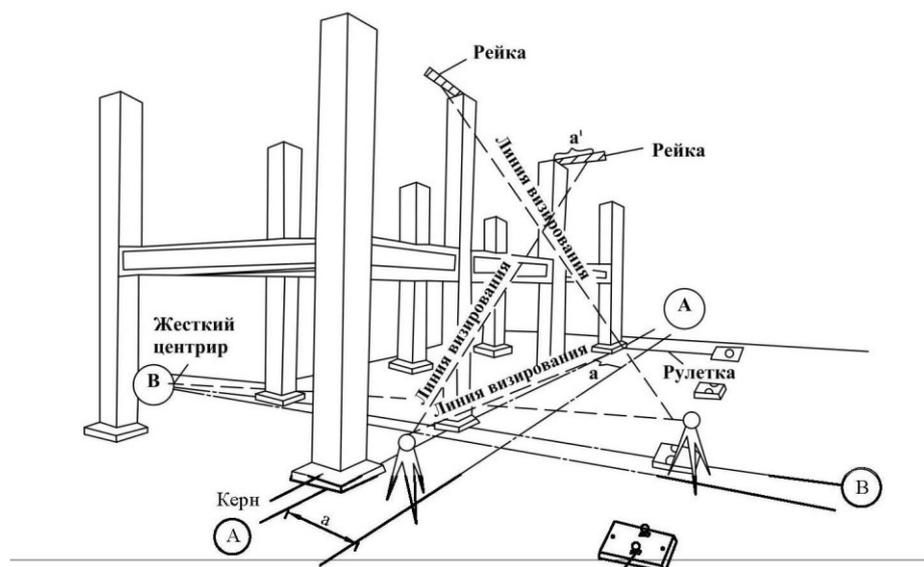


Рис. 5.37. Установление размеров смещения положения колонн

**Погрешность отсчета по рейке** можно вычислить по формуле (5.41.):

$$m_0 = 0,03t + 0,2 \frac{S}{\Gamma x} \quad (5.41.)$$

где,  $t$  – цена деления рейки;

$S$  – расстояние от теодолита до рейки, м.

**Погрешность за наклон вертикальной оси** теодолита подсчитывается по формуле (5.42.):

$$m_\tau = \frac{0,5 \cdot \tau'' \cdot h}{\rho''} \quad (5.42.)$$

где,  $\tau$  – цена деления уровня на алидаде горизонтального круга теодолита;

$h$  – высота конструкции.

Итоговая погрешность складывается из суммы трех рассмотренных погрешностей.

При большой, высоте конструкций или повышенных требованиях к установке используют **способ оптической или лазерной вертикали**. Этот способ предусматривает применение различного рода оптических проектирующих приборов с уровнем или компенсатором.

В практике монтажа каркасов котлов, стеллажей и этажерок вертикальность колонн можно контролировать приборами, навешенными непосредственно на устанавливаемые конструкции.

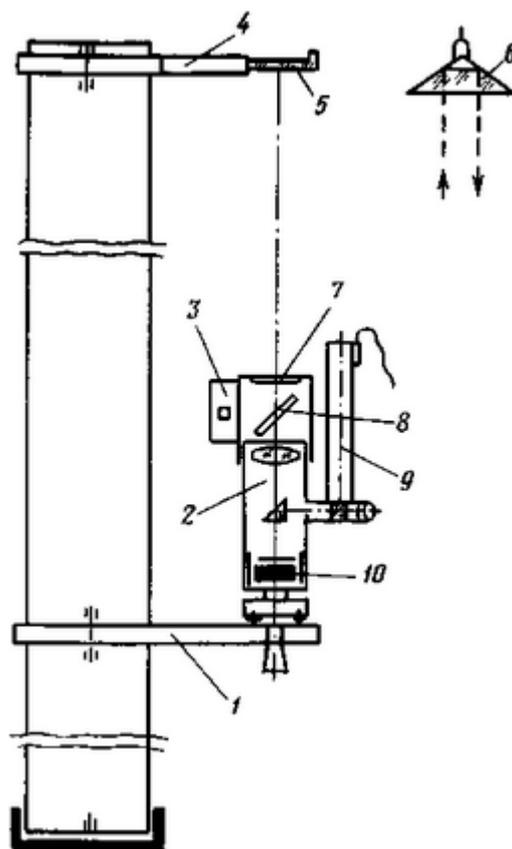


Рис. 5.38. Способ лазерной вертикали

Навесной прибор содержит датчик вертикали 10, зрительную трубу 2 и приемное устройство 5, размещенные на одинаковых кронштейнах 1, 4, обеспечивающих параллельность линии визирования и оси конструкции.

Визирную марку с координатной палеткой устанавливают на кронштейне до подъема конструкции краном, а прибор вертикального визирования после приведения и временного закрепления колонны — примерно в отвесном положении. После закрепления прибора на кронштейне приводят его по круглому уровню в рабочее положение, когда вступает в действие датчик вертикали. Визируя зрительной трубой на марку, определяют элементы крена и координируют положение колонны. После этого вторично измеряют элементы крена и при необходимости доводят ось колонны в отвесное положение. В лазерном исполнении тот же прибор вертикального визирования оборудуется насадкой, включающей источник лазерного излучения 9, отражатель 5,

полупрозрачное зеркало 8, защитное стекло 7, фотодетектор 3. При необходимости фотодетектор снабжают усилителем и мультивибратором, подающим звуковой сигнал об отвесном положении конструкции.

Луч лазера сначала подается на светоделительную куб - призму -сетки нитей трубы, направляется на отклоняющую призму, жидкостный компенсатор, объектив трубы, полупрозрачное зеркало, защитную пластинку и отражатель. Затем он проходит защитную пластинку, падает на полупрозрачное зеркало и, отражаясь от него, входит в фотодетектор.

Выверка вертикальности ионизационных каналов. Ионизационные каналы (ИК) АЭС предназначены для проверки радиоактивности вокруг реактора при помощи опускаемых в них ионизационных приборов. Составные трубы И К должны быть расположены вертикально с погрешностью не более 1—2 мм на всю высоту (до В процессе монтажа вертикальность труб ИК контролируют обычными средствами: теодолитом или отвесом. Основная трудность состоит в исполнительной съемке труб до и после укладки бетона, так как в процессе бетонирования возможны нарушения в их положении.

Так как съемку производят по отдельным сечениям, расположенным по вертикали через 1 м, то наиболее эффективным является редуционный способ.14 м).

В основу этого способа положено использование самоцентрирующейся визирной марки (рис. 5.39) (центроискателя) 4 и прибора вертикального визирования типа PZL 7, установленного на редуционной подставке 9.

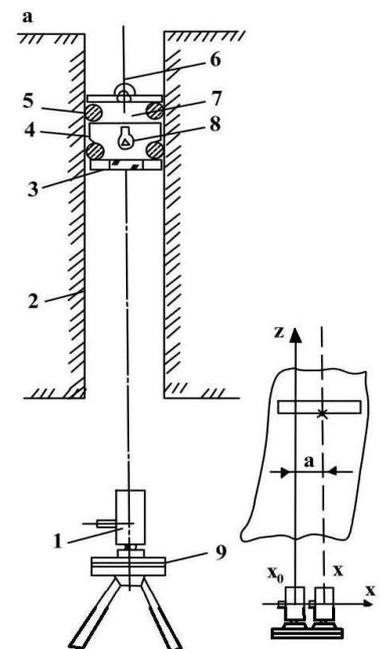


Рис. 5.39. Использование самоцентрирующейся визирной марки

Центроискатель состоит из цилиндрического корпуса, в нижней и верхней части которого установлено по три подпружиненных шарика 5, обеспечивающих совмещение и фиксацию оси корпуса центроискателя с осью ИК. В нижней части корпуса закреплена визирная цель 3, подсвечиваемая электролампочкой 8 от батареи 7.

В ионизационном канале 2 центроискатель подвешивают на заданной высоте при помощи рулетки 6, которая одновременно используется для фиксации отметки измеряемого сечения. Прибор типа PZL устанавливают на редукционную подставку 9, которая позволяет перемещать его в двух взаимно перпендикулярных направлениях, отсчитывая величины перемещений  $a = x - x_0$  и  $b = y - y_0$  на координатных шкалах подставки, где  $x_0, x$  и  $y_0, y$  — отсчеты на шкалах подставки, соответствующие исходному положению прибора (основанию трубы ИК) и положению прибора при съемке текущей точки сечения.

По измеренным смещениям  $a$  и  $b$  можно вычислить общее смещение  $c$  центра сечения ИК в текущей точке относительно основания ИК и его условный азимут  $e$  (5.43.):

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad e = \arctg \frac{b}{a} \quad (5.43.)$$

**Основными ошибками способа оптической вертикали являются:**

- центрирования прибора над исходным пунктом;
- приведения линии визирования в вертикальное положение;
- визирования на марку или отсчета по штрихам палетки;
- фиксирования точки;
- влияние внешних условий.

Из опыта установлено, что инструментальная точность приборов вертикального проектирования с компенсатором характеризуется средней квадратической ошибкой 0,5...1 мм на 100 м высоты.

Для выверки вертикальности конструкций может быть применен и **способ автоколлимации** (рис.5.40)

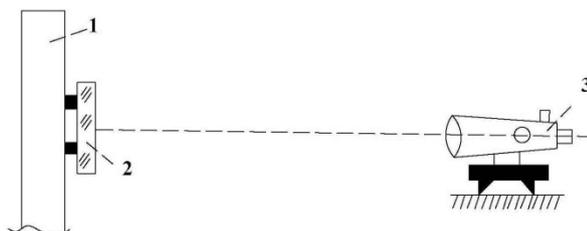


Рис. 5.40. Способ автоколлимации

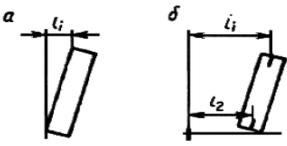
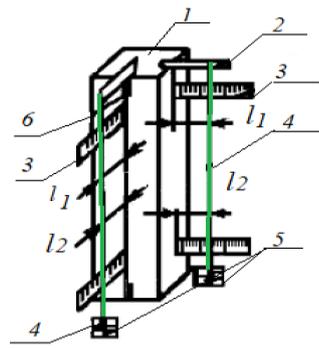
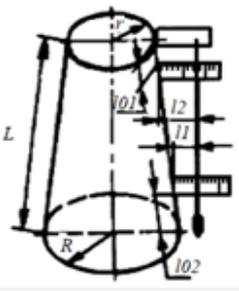
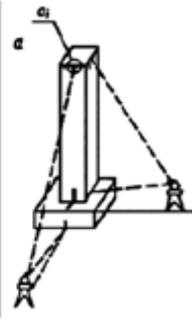
К устанавливаемой в вертикальное положение конструкции 1 крепится хорошо шлифованное плоское зеркало 2.

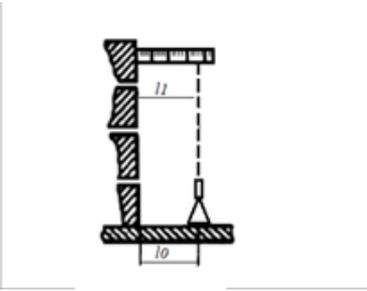
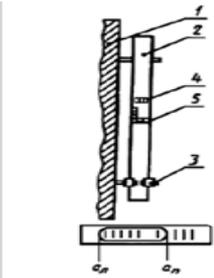
На некотором расстоянии от зеркала устанавливают и приводят в горизонтальное положение нивелир 3, снабженный автоколлимационным окуляром. Выверяемую конструкцию вместе с зеркалом наклоняют до тех пор, пока в поле зрения трубы нивелира не совпадут прямое и отраженное от зеркала изображения светового горизонтального индекса. Для исключения ошибки за непараллельность плоскости зеркала выверяемой плоскости конструкции зеркало поворачивают на  $180^\circ$  так, чтобы его опорные поверхности поменялись местами. После этого выверку вертикальности повторяют вновь. При поэлементном контроле геометрической точности монтажа строительных конструкций выверяется их положение относительно разбивочных осей, вертикальность или соблюдение заданного наклона, величины зазоров, площадок опирания.

В таких работах используются несложные механические устройства.

Монтажные измерения отклонений от отвесной линии колонн, стеновых панелей, стен и др. конструкций и их элементов по ГОСТ 26433.2-94, пункт 5.

Таблица 5.1.

Вид измерения	Схема отклонения	Формулы для расчета
1. Наклон поверхности грани (ребра) конструкции		
2. Измерение наклона с помощью отвеса и линейки относительно боковой грани конструкции		<p>1 - колонна; 2 - консоль для подвески отвеса;          3 - линейка;          4 - отвес;          5 - сосуд с вязкой жидкостью;          6 - ориентир оси конструкции (установочная риска)</p>
3. Относительно боковой грани конструкции, имеющей переменное сечение по высоте		$\delta x_i = l_1 - l_2 + c,$ <p>где <math>c</math> - поправка, учитывающая закон изменения размеров сечения. Для колонны, имеющей форму усеченного конуса</p> $c = \frac{R-r}{L}(L - l_{01} - l_{02})$
4 Измерение с помощью теодолита и линейки: а) теодолит установлен на разбивочной сети		<p>а) <math display="block">\delta x_i = \frac{1}{2}(a_1 + a_1');</math></p> <p>где <math>a_1, a_1'</math> - отсчеты, полученные при двух положениях вертикального круга</p> <p>Примечание - Особое внимание следует уделять тщательности юстировки уровня горизонтального круга и приведению его пузырька в нуль-пункт</p> $\delta x_i = l_0 - l_i$

Вид измерения	Схема отклонения	Формулы для расчета
5. Измерение оптическим центриром и рейкой		$\delta x_i = l_0 - l_i$
6. Измерение рейкой с уровнем: а) по шкале на уровне	 <p>1 – контролируемая конструкция; 2 – рейка с уровнем; 3 – регулируемый упор; 4 – уровень для контроля правильной установки рейки; 5 – уровень для измерения угла наклона контролируемой поверхности</p>	$\delta x_i = \frac{1}{2} (a_л - a_{П} + a'_л + a'_{П}) \tau H;$ <p>где <math>a_л</math>; <math>a'_л</math>; <math>a_{П}</math>; <math>a'_{П}</math> - отсчеты по левому и правому концам пузырька уровня, взятые при прямом и обратном (развернутом на 180°) положении рейки, соответственно;</p> <p><math>a</math>, <math>a'</math> - отсчеты по подвижному упору при прямом и обратном (развернутом на 180°) положении рейки, соответственно;</p>

### 5.6. Геодезические работы при монтаже подкрановых путей

В промышленных зданиях часто используются так называемые мостовые краны, позволяющие перемещать тяжелые грузы внутри помещения, как в вертикальном, так и в продольном направлении. Мостовые краны перемещаются по рельсам, уложенным на подкрановые балки, установленные на консолях колонн каркаса здания (рис. 5.41). Укладка рельсов должна быть выполнена как можно точнее и в плане, и по высоте. Требования, предъявляемые к установке рельсов, сводятся к их:

- прямолинейности;
- горизонтальности;
- и обеспечению одинакового проектного расстояния между рельсами.

При эксплуатации кранов осуществляется геодезический контроль за положением подкрановых путей.

Требования, предъявляемые при укладке рельсовых путей мостового крана (по головке) СНиП 3.03.01-87:

- разность отметок на соседних опорах  $\pm 15$  мм;
- разность отметок на опорах в пролете  $\pm 20$  мм;
- отклонение в расстоянии между рельсами  $\pm 10$  мм;
- отклонение рельса от прямой линии на участке длиной 40 м (мостового крана)  $\pm 15$  мм;
- геодезическое обеспечение устройства подкрановых путей;
- разбивки осей подкрановых путей на консолях колонн;
- нивелирования опорных поверхностей консолей;
- выверки планово-высотного положения подкрановых балок;
- контроля монтажа рельсов;
- планово-высотной съёмки подкрановых путей.

### Разбивка осей подкрановых путей

#### Вариант I.

Оси рельсов разбивают от основных осей сооружений (оси колонн или оси пролета – продольной оси симметрии подкрановых путей) и выносят на боковую поверхность колонн или на специальные кронштейны над балками. На рисунке (рис. 5.41) показана схема разбивки осей рельсов внизу от оси пролета.

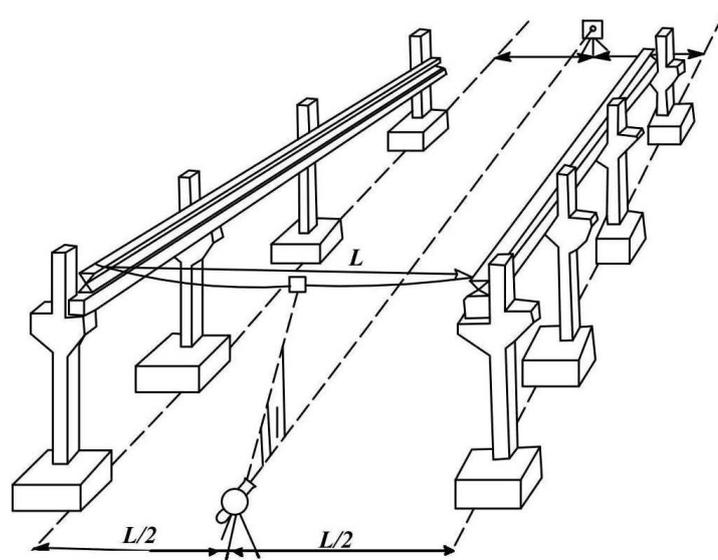


Рис. 5.41. Вариант 1 разбивки осей подкрановых путей

Перпендикулярно от оси пролета откладывают проектное расстояние  $l/2$  между осью рельса и осью пролета. Разбивку точек оси проводят равномерно вдоль подкранового пути, не реже чем через 50-60 м. Точки полученной оси закрепляют и выносят на монтажный горизонт, где закрепляют на колоннах или на кронштейнах.

### Вариант II.

Рулеткой от продольных осей крайних колонн внутрь пролета откладывают отрезок **a**, равные проектному расстоянию от оси рельса до оси колонны, и получают точки А, А1, В, В1, фиксирующие оси подкрановых путей на полу цеха. Обычно ось подкрановой балки совпадает с осью рельса. Проверяют расстояние  $L$  между А и В, А и В (рис. 5.42).

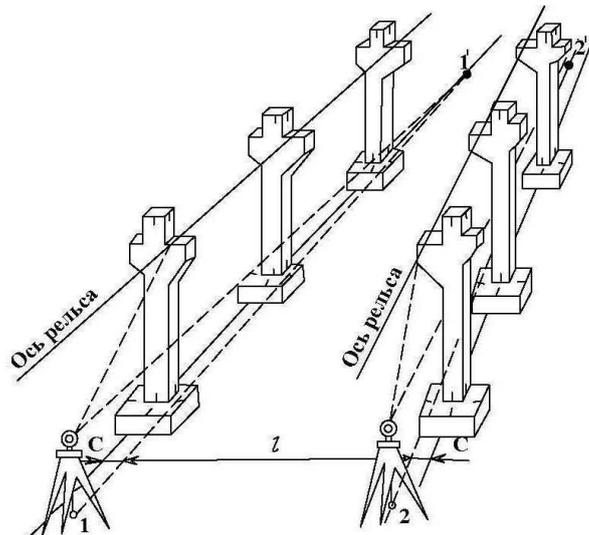


Рис. 5.42. Вариант 2 разбивки осей подкрановых путей

Устанавливают теодолит последовательно в точках А, В и визируют на противоположные осевые точки А1, В1. Затем при двух положениях трубы проектируют оси на скобы, предварительно замоноличенные в торцевых стенах цеха, и на поверхности консолей крайних и промежуточных колонн по каждому ряду. Аналогично работают с точек А1 и В1 в другом конце пролета цеха. Оси путей на скобах и консолях тщательно фиксируют тонкими рисками.

## Нивелирования опорных поверхностей консолей

Для определения высотного положения рельсов чаще всего используют метод геометрического нивелирования. Нивелир устанавливают на полу, а на конструкциях мостового крана подвешивают отвес с прикрепленной к нему шкалой с миллиметровыми делениями (в одной или двух точках).

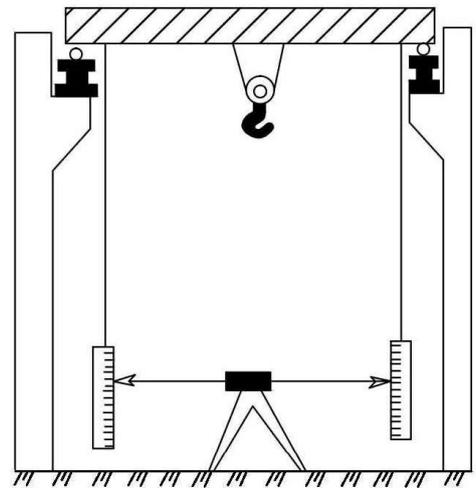


Рис. 5.43. Нивелирование опорных поверхностей консолей

При прокатке крана берут отсчеты и составляют профили, по которым судят о высотном положении головок рельсов.

Отметку одной из консолей определяют относительно ближайшего репера методом передачи отметки на высокую точку с помощью рулетки и нивелира, а отметки остальных – по результатам нивелирования.

В случаях, когда установить нивелир невозможно и когда определяют плановое положение рельсов используют тригонометрическое нивелирование. На каждой станции определяют вертикальные и горизонтальные углы.

**Выверку планово-высотного положения подкрановых балок** (рис. 5.44) выполняют по окончании их монтажа и временного закрепления.

На верхний пояс подкрановых балок переносят ось рельсов рассмотренным выше способом. Определяют фактическое положение оси подкрановых балок относительно оси рельсов.

Прямолинейность рельсов выверяют струной, натянутой между конечными точками

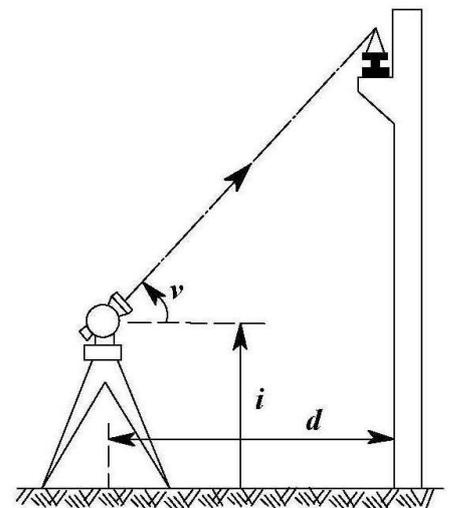


Рис. 5.44. Выверка планово-высотного положения подкрановых балок

пути, или с помощью теодолита. Его центрируют непосредственно над начальной точкой оси рельса, наводят трубу на её конечную точку и определяют отклонение рельсов от визирной линии на каждой консоли. Плановое расположение второй оси рельсов выверяют промерами от первой оси рельсов. Смещение оси рельса относительно оси балки допускают до 15 мм. При необходимости, подкрановые балки рихтуют. Горизонтальность рельсов обеспечивают металлическими подкладками под рельсы.

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

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

По данным планово-высотной съёмки составляют схему планового положения осей балок, профиля балок и определяют толщину подкладок для обеспечения монтажного горизонта под рельсы.

В настоящее время проверку прямолинейности рельсов производят с помощью лазерных приборов (метод оптического створа или оптической струны). Лазер устанавливают на одном из концов рельсового пути и наводят световое пятно на центр экрана с делениями, установленного на другом конце. При прокатке экрана отклонение рельса в горизонтальном направлении фиксируется непосредственно на экране. Лазерный пучок, направленный на некоторой высоте вдоль оси подкранового рельса, является базисной линией, относительно которой с помощью экрана-марки определяется правильность монтажа и деформации головки рельса как в плане, так и по высоте.

## 6. Исполнительные съемки

### 6.1. Задачи исполнительных съемок

- обеспечение систематического контроля и учета объемов выполненных строительно-монтажных работ;
- по результатам геодезических измерений осуществляют оперативный контроль за ходом земляных и монтажных работ, укладкой коммуникаций;
- выявление соответствия строительно-монтажных работ проектным данным с целью своевременного устранения отклонений;
- определение степени точности перенесения проекта в натуру и выявление всех отклонений от проекта;
- установление фактического положения зданий, сооружений и инженерных коммуникаций после завершения строительства.

По результатам контрольных измерений определяют величину отклонения от строительных допусков и принимают соответствующие дальнейшие решения в соответствии с требованиями СН 1.03.02-2019.

**8.1.1** Исполнительные геодезические съемки выполняют организации, осуществляющие строительно-монтажные работы или по их заказу другие организации, имеющие соответствующие аттестаты соответствия.

**8.1.2** Места, точки, параметры, методы, порядок проведения и объем исполнительных съемок устанавливают в ППР (ППГР) в соответствии с проектной документацией.

В состав исполнительных съемок входят следующие виды работ:

- создание съемочного обоснования;
- горизонтальная съемка;
- планово-высотная детальная съемка элементов сооружений, их узлов и отдельных конструкций, поэтажная съемка;
- планово-высотная съемка наземных и подземных коммуникаций, проездов, площадей;
- составление планов, профилей и разрезов.

**8.1.3** В качестве исходной геодезической основы для исполнительной съемки принимают знаки геодезической разбивочной основы для строительства, знаки закрепления осей, монтажные риски на конструкциях. До начала съемки проверяют неизменность положения знаков исходной основы.

**8.1.4** Для составления исполнительных схем используют чертежи проектной документации (планы этажей, коммуникаций, профили и т. п.), на которые наносят данные исполнительной съемки.

Точность результатов исполнительной съемки не должна быть ниже точности разбивочных работ. Результаты исполнительных съемок подлежат выборочному контролю. Съемку подземных частей здания и подземных трубопроводов производят до засыпки их землей. Съемку надземных частей производят после окончания строительства.

Исполнительной съемке при возведении зданий и сооружений подлежат:

- зазоры между элементами;
- длины поверхностей опирания монтируемых элементов на ранее уложенные;
- несоносность стыкуемых элементов, несовпадения поверхностей элементов;
- невертикальность отвесно монтируемых элементов или их отклонения от проектных наклонов.

**8.1.5** По результатам исполнительных съемок, при необходимости, допускается производить оценку точности в соответствии с СТБ 1941. В качестве характеристик точности применяют среднее арифметическое и среднее квадратическое  $S$  отклонения малой или объединенной выборки, а при ограниченном количестве измеренных отклонений — их размах  $R$ , т. е. разность между максимальным и минимальным измеренными отклонениями.

$$R = \delta_{max} - \delta_{min}$$

**8.1.6** При распределении действительных отклонений, близких к нормальным, и определении характеристик точности  $S$  допускается их сравнение с допуском  $\Delta$  по следующему условию:

$$\Delta \geq 2tS$$

где  $t$  — коэффициент, принимаемый в зависимости от значения приемочного уровня дефектности  $q$ . При  $q = 0,25\%$   $t = 3$  и при  $q = 0,65\%$   $t = 2,7$ . Во всех остальных случаях измеренные отклонения

сравнивают с допусками и допускаемыми отклонениями, предусмотренными действующими строительными нормами и правилами.

**8.1.7** При объеме выборки, равном 5–10, размах необходимо сравнивать с величиной  $S$  с учетом выражения  $R \leq AS$

где,  $A$  — коэффициент, который выбирается из таблицы 6.1.:

Таблица 6.1.

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

В зависимости от конструктивных особенностей здания или сооружения при осуществлении строительного-монтажных работ составляют разные исполнительные схемы (таблица 6.2.).

Таблица 6.2.

Исполнительные схемы	Содержание работ
Исполнительные схемы на разбивочные работы	<ul style="list-style-type: none"> <li>– разбивка и закрепление основных осей;</li> <li>– детальная разбивка осей на монтажных горизонтах;</li> <li>– разбивка осей инженерных коммуникаций, контуров котлована.</li> </ul>
Исполнительные схемы по подземной части зданий и сооружений	<ul style="list-style-type: none"> <li>– готового котлована, земляного полотна дорог и других земляных сооружений;</li> <li>– свайных полей и всех видов фундаментов;</li> <li>– стен подвала, фундаментов под оборудование (анкерных болтов, закладных деталей, колодцев).</li> </ul>
Исполнительные схемы надземной части зданий и сооружений	<ul style="list-style-type: none"> <li>– планово-высотной съёмки колонн, оголовков, и консолей колонн, подкрановых балок и путей;</li> </ul>

Исполнительные схемы	Содержание работ
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– монтажа балок и ферм, зданий и сооружений в кирпичном, крупноблочном и крупнопанельном исполнениях;</li> <li>– высотной съёмки полов, а также плит перекрытий и покрытий промышленных зданий, лифтовых шахт, подъездных путей, благоустройства территории.</li> </ul>

## 6.2. 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.

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.

## 6.3. Исполнительные съемки 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.

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

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

На втором этапе определяют полученные размеры и отметки после доведения их до проектных значений. Для технологического оборудования фундаменты устраивают с отметкой на 50-60 мм ниже проектной отметки опорной поверхности оборудования, поэтому исполнительную съёмку

первого этапа производят до подливки, а второго - после подливки основания бетоном.

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

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

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

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

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

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

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

- в расстояниях между опорами, связями вертикальных поддерживающих конструкций на 1 м длины и на весь пролет с интервалом через 1 м.;
- осей перемещаемой или переставляемой опалубки относительно осей сооружения;
- осей опалубки фундаментов, стен, колонн, балок, прогонов, арок;

- расстояний от вертикали или относительно линий проектного наклона плоскости опалубки на всю высоту конструкции с интервалом не реже 1 м;
- внутренних размеров опалубок балок, колонн, стен от проектных размеров;
- в положении стоек домкратных рам и осей домкратов от вертикали.

#### **6.4. Исполнительная съёмка возведенных конструкций**

При исполнительной съемке монолитных железобетонных конструкций снимают и на схемах показывают: отклонения плоскостей и линий их пересечения от вертикали или от проектного наклона конструкций фундаментов, стен, колонн, горизонтальных плоскостей.

Съемку выполняют на всю высоту или плоскость участка. Интервал между точками съемки ограничивают одним метром если иные требования не оговорены проектом.

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

Отклонения габаритов и отметок от проектных значений сравнивают с величинами допусков, указанных в СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции».

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

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

В промышленных зданиях с подъемно-транспортным оборудованием исполнительной съемке подлежат:

- в плане - расстояния от колонн до оси балки, смещения по оси рельсовой нитки от оси балки;

- по высоте - отклонения балок и головок рельсов от проектных.

Каркасные здания — это здания, у которых главный несущий элемент - металлический каркас. Металлический каркас может быть выполнен из колонн с фермами покрытия или из сварных балок переменного сечения.

В каркасных зданиях производят исполнительную съемку в плане (рис. 6.1) - колонн, ригелей, балок, распорных плит, диафрагм жёсткости. По высоте определяют горизонтальность опорных плоскостей (оголовков) колонн в пределах между температурными швами, навесных панелей наружных стен.

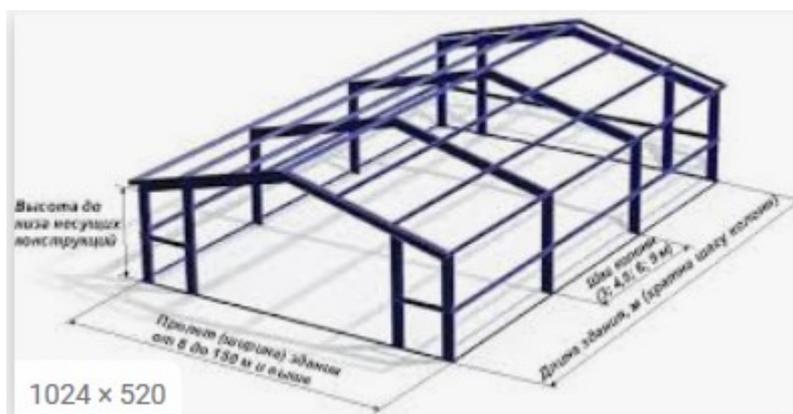


Рис. 6.1. Пример каркасного здания

### 6.5. Исполнительная съемка подземных инженерных сетей

Исполнительная съемка подземных инженерных сетей должна быть выполнена до засыпки траншей и котлованов участков трассы. Исполнительные съемки инженерных сетей и сооружений выполняют относительно плановых и высотных знаков геодезической или разбивочной сети строительной площадки и притрассовой полосы местности. Съемки в плане допускаются относительно ближайших существующих зданий, показанных на инженерно-топографическом плане.

По каждому отдельному виду подземных инженерных сетей и сооружений съемке подлежат:

- по канализации, водостоку, дренажу — оси трасс, колодцы, углы поворота, изломы сетей в профиле, места присоединений и выпусков;

- по газопроводу — ось трассы, углы поворота, камеры, места подключений, вводы, изломы в профиле;
- по водопроводу (нефтепроводу) — ось трассы, колодцы, вводы, аварийные выпуски, артезианские скважины, изломы в профиле;
- по теплосети — ось трассы, камеры, углы поворота, компенсаторы, места подключений, вводы;
- по телефонным сетям — ось трассы, колодцы, распределительные шкафы, места ввода и подключений;
- по силовым кабельным сетям — ось трассы (независимо от способа укладки), колодцы, тоннели и коллекторы, трансформаторные подстанции с их собственными номерами.

При производстве геодезических работ следует применять соответствующую проектной документации порядковую нумерацию колодцев, камер, углов поворота и др. При обнаружении дополнительных аналогичных элементов сооружения им по нарастающей присваивается номер ближайшего предшествующего элемента, помеченный знаком «штрих» или буквой русского алфавита.

У круглых люков смотровых колодцев отображается (фиксируется) центр крышки люка, у люков прямоугольной формы — два угла.

Плановое положение всех подземных инженерных сетей и относящихся к ним сооружений может быть определено:

- на застроенной территории — от исходных точек капитальной застройки, от пунктов геодезической или разбивочной сети и съемочного обоснования, от точек специально проложенных полигонометрических или теодолитных ходов;
- на незастроенной территории — от точек съемочного обоснования, пунктов геодезической сети или от точек специально проложенных полигонометрических или теодолитных ходов.

Выходы подземных инженерных сетей и углы их поворота на незастроенной территории координируются.

Координирование колодцев и точек углов поворота на застроенной территории производится только по дополнительному заданию заказчика.

Исполнительная съемка планового положения элементов подземной инженерной сети производится одним из следующих способов:

- *способом линейных засечек* с помощью рулетки или лазерной рулетки не менее чем от трех твердых точек, причем длина линий засечки не должна превышать длину рулетки (20–50 м), углы между пересекающимися линиями в определяемой точке не должны быть меньше 30 и больше 120;
- *способом перпендикуляров* длиной не более 4 м от линий, соединяющих точки съемочного обоснования, полигонометрических или теодолитных ходов или капитальной застройки, а также от линий, продолжающий их створ, длина продолжения створа не должна превышать половины расстояния между конечными точками створа, но не должна быть больше 60 м;
- *полярным способом* с пунктов опорной геодезической сети, с точек съемочного обоснования и теодолитных ходов или вспомогательных точек, надежно определенных геодезической засечкой.

Нуль лимба прибора ориентируется на соседнюю точку геодезической сети, отстоящую от прибора не ближе, чем на 50 м. При съемке электронным тахеометром длина полярного направления принимается не больше 500 м. При съемке теодолитом и рулеткой длина полярного направления не должна быть больше 30 м; с применением лазерной рулетки — до 100 м в зависимости от интенсивности освещенности.

Высотное положение элементов подземной инженерной сети определяется до засыпки траншей техническим нивелированием относительно реперов городской нивелирной сети в соответствии с требованиями СНБ 1.02.01. Высотное положение пола проходных коллекторов может определяться нивелирными ходами, проложенными внутри них.

Запрещается определение высотных координат подземных инженерных сетей от условного начала.

### 6.6. Исполнительная съемка анкеров

Исполнительная съемка анкеров, заключается в точном определении координат каждого болта. Имея на проектной чертеже координаты всех геодезических главных осей, **исполнительная съемка анкерных болтов** делает возможным установить, как линейные, так и высотные привязки анкеров к осям и высотным реперам. По этим координатам можно в нужное время определить забетонированы ли закладные детали по проекту и станет ли на них металлоконструкция, которая сделана, как правило, до заливки фундамента.

Исполнительные съемки анкерных фундаментов используются при контроле строительной организации, как самой себя, так и при смене подрядчиков, когда компания, бетонировавшая площадку, передает ее монтажникам металлоконструкций либо оборудования.

Плановую исполнительную съемку анкерных болтов производят от окрасок (рисок) осей на фундаментальных блоках.

При съемке компарированную рулетку с миллиметровыми делениями укладывают в створ анкерных болтов и последовательно производят отсчеты по рискам осей и центрам (осям) болтов. Так для съемки одного ряда болтов на фундаментальных блоках полотно рулетки укладывается по линии  $MN$  и последовательно производят отсчеты по левому блоку  $A1$  ( $a_1^n$ ), риске оси  $1-1$  на блоке  $a_1$  и правому болту блока  $A1$  ( $a_1^n$ ), затем по левым ( $a_i^n$ ) и правым ( $a_i^n$ ) болтам блоков ряда  $A-A$ ; и, наконец, по левому болту ( $a_n^n$ ), риске оси  $n$  и правому болту ( $a_n^n$ ) последнего болта. Обычно производят три таких измерения, вычисляют среднее значение, вводят в отсчеты поправки делений рулетки за компарирование и полученные результаты выписывают в журнал исполнительной съемки. Обработку результатов осуществляют в два этапа.

## 6.7. Исполнительные съемки колонн

### Плановая исполнительная съемка колонн (рис. 6.3)

Плановую исполнительную съемку колонн производят от рисок осей на перекрытиях этажа (яруса) отдельно для продольных и поперечных осей здания в нижнем и верхнем сечениях. Съемку осуществляют методом бокового нивелирования.

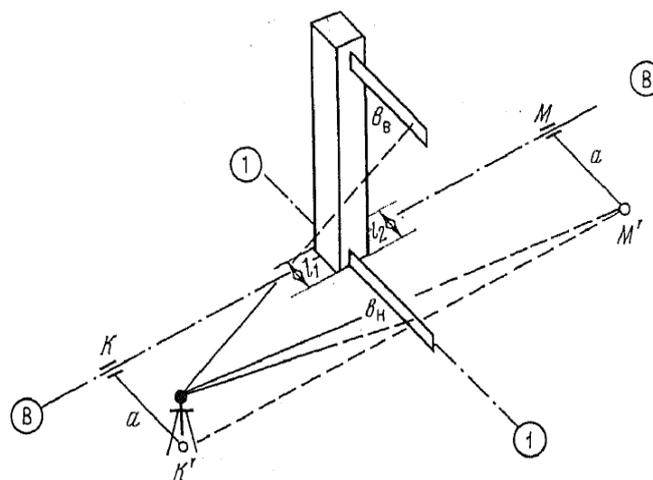


Рис. 6.3. Плановая исполнительная съемка колонн

Для этого от рисок К и М оси В-В откладывают перпендикулярно к этой оси равные отрезки  $KK' = MM' = a$ . Над одной из точек параллели  $K' M'$ , например, над точкой  $K'$ , устанавливают теодолит и визируют на точку  $M'$ . Далее, по горизонтально установленным рейкам в нижней и верхней частях колонны берут отсчеты  $b_v$  и  $b_n$ . Отсчеты производят по черной  $b^ч$  и красной  $b^к$  сторонам рейки. Контроль правильности отсчетов осуществляют вычислением разности  $PO = b^к - b^ч$  и сравнивают ее с теоретическим значением  $P_{от}$ .

Для определения отклонений от проектного расстояния измеряют ширину колонны  $l_1$  и  $l_2$  с двух сторон, параллельных поперечной оси здания.

Результаты всех измерений записывают в журнал исполнительной съемки. Отсчеты по черной и красной сторонам рейки в верхней части колонны выписывают над чертой, в нижней части колонны – под чертой в мм.

Обработку результатов исполнительной съемки начинают с составления схемы, которую составляют в произвольном масштабе.

Обработку результатов исполнительной съемки начинают с составления схемы, которую составляют в произвольном масштабе (рис. 6.4).

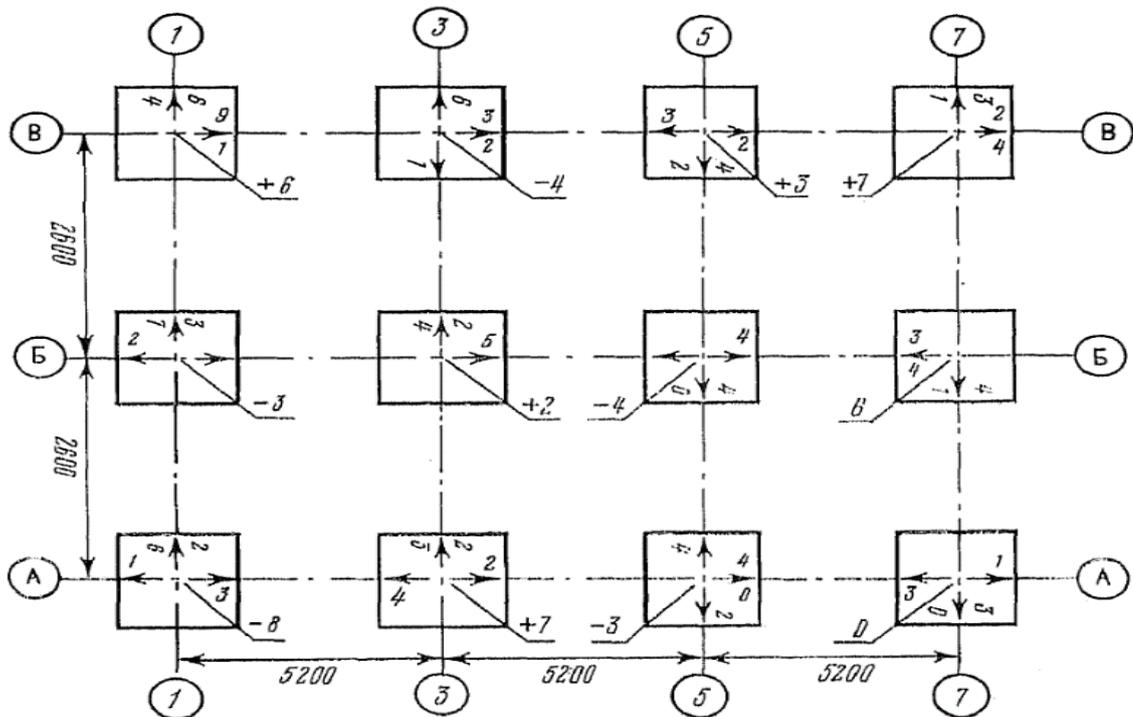


Рис. 6.4. Пример исполнительной съемки колонн зданий

### Высотная исполнительная съемка колонн (рис. 6.5)

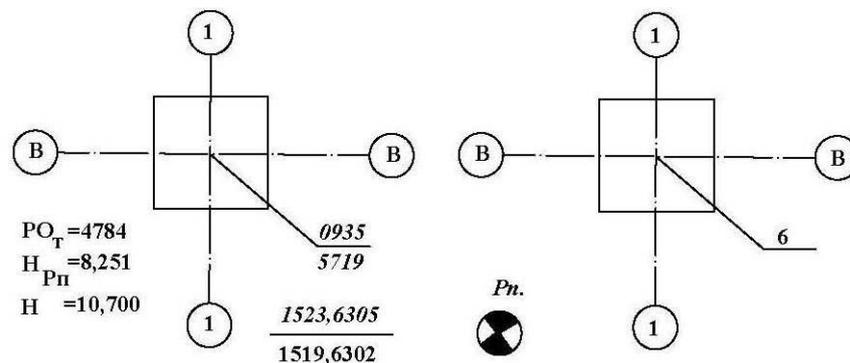


Рис. 6.5. Высотная исполнительная съемка колонн

При высотной исполнительной съемке колонн определяют отметки опорных поверхностей (колонны) (верхней поверхности колонны или поверхности консоли), вычисляют отклонения этих поверхностей от

проектного положения по высоте и выписывают их на исполнительный чертеж.

Отметки опорных поверхностей определяют геометрическим нивелирование от рабочего репера на монтажном горизонте. На каждой нивелирной станции работу начинают и завершают отсчетами по рейке, установленной на репере.

Отсчеты по черной  $a_H^Ч$  и красной  $a_H^K$  сторонам рейки в начале наблюдений записывают в журнал исполнительной съемки у обозначения репера в числителе, а отсчеты  $a_K^Ч$  и  $a_K^K$  в конце работы на станции – в знаменателе.

Отсчеты по черной  $b_i^Ч$  и красной  $b_i^K$  сторонам рейки на данной  $i$ -ой колонне записывают в журнал исполнительной съемки у соответствующей конструкции.

Результаты обработки выписывают на исполнительный чертеж. Обычно для плановой и высотной исполнительных съемок конструкций зданий составляют один объединенный чертеж. Результаты высотной исполнительной съемки выписываются на выносках из центра колонн.

На рис. 6.6 показана схема определения отметки верхней поверхности консоли. При этом заднюю рейку 3 устанавливают на строительный репер  $R_p$  1, а переднюю рейку 2 подвешивают с помощью кронштейна 1 нулевым делением вверх на консоль колонны.

При обработке вычисляют горизонт прибора (6.1.):

$$\Gamma\Pi = H_{Rp} + a \quad (6.1.)$$

и отметку консоли (6.2.):

$$H_i = \Gamma\Pi + b \quad (6.2.)$$

где,  $H_{Rp}$  – отметка строительного репера.

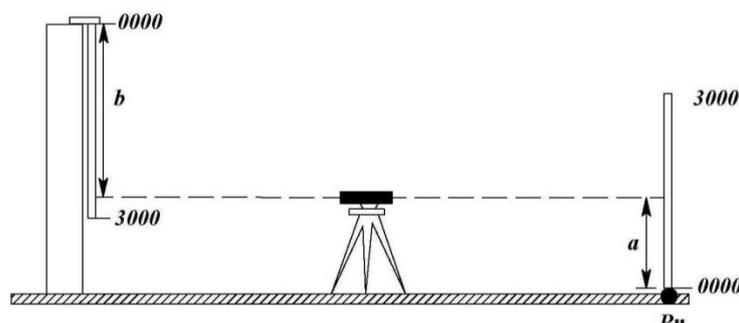


Рис. 6.6. Схема определения отметки верхней поверхности консоли

### 6.8. Документация, составляемая по результатам исполнительной съемки

В состав документации входят:

- по инженерным сетям - исполнительные чертежи, каталоги координат, схемы сварных стыков трубопроводов, полевые геодезические материалы исполнительной съемки;
- по остальным элементам - исполнительные схемы и полевые геодезические материалы
- исполнительной съемки;
- по объектам производственного назначения - дополнительно исполнительные генпланы.

В документации отражают значения геометрических параметров, требования к точности которых установлены в действующих ТНПА и проектной документации.

Исполнительную схему подписывают:

- 1) исполнитель,
- 2) ответственный производитель работ по объекту
- 3) руководитель или уполномоченное лицо монтажной организации.

В случае выполнения исполнительной съемки сторонней организацией схема должна быть подписана также руководителем данной организации или уполномоченным им лицом.

Исполнительная схема геодезической разбивочной основы содержит:

- схему вынесения в натуру точек, осей и установленных знаков закрепления с необходимыми привязками;
- сведения о способе закрепления точек и конструкции знаков.

Оригиналы документации, за исключением документации на подземные инженерные сети, хранятся организацией-исполнителем работ вместе с полевыми материалами исполнительных съемок в соответствии с правилами архивного хранения.

Оригиналы исполнительных чертежей, продольных профилей и каталогов координат подземных сетей хранятся территориальными организациями — держателями геодезических фондов в соответствии с правилами архивного хранения.

Оригиналы схем сварных стыков трубопроводов подземных сетей хранятся эксплуатирующими организациями.

Оригиналы документации на подземные инженерные сети подлежат хранению до перекладки или реконструкции данных сетей и составления новой документации.

Полевые материалы исполнительных схем подземных сетей хранятся организацией-исполнителем съемок или передаются ею организации-производителю строительно-монтажных работ.

Копии исполнительной геодезической документации передаются эксплуатирующим, контролирующим, изыскательским и другим заинтересованным организациям.

Правильность выполнения разбивки трассы в плане определяют материалами исполнительной съемки относительно точек красных линий, оси проездов, от существующих четких контурных точек, от пунктов притрассового теодолитного хода и от ближайших пунктов городских и государственных геодезических сетей.

При исполнительных съемках плановое и высотное положение элементов, конструкций и частей зданий, их вертикальность, положение

анкерных болтов и закладных деталей следует определять от знаков внутренней разбивочной сети зданий или ориентиров, которые были использованы при выполнении работ, а инженерных сетей — от знаков разбивочной сети строительной площадки, разбивочной сети трассы.

Фактическое размещение зданий, сооружений и инженерных сетей следует наносить на исполнительном генеральном плане.

Исполнительные съемки инженерных сетей и сооружений выполняют относительно плановых и высотных знаков геодезической или разбивочной сети строительной площадки и притрассовой полосы местности. Съемки в плане допускаются относительно ближайших существующих зданий, показанных на инженерно-топографическом плане.

Запрещается определять высотные координаты подземных инженерных сетей от условного начала.

## 7. Геодезические наблюдения за перемещениями и деформациями зданий и сооружений

### 7.1. Виды деформаций и их причины

Под термином *деформация* понимают изменение формы объекта наблюдений.

В геодезической же практике принято рассматривать деформацию как изменение положения объекта относительно какого-либо первоначального положения.

Выделяют следующие виды деформаций:

- вертикальные перемещения: Осадки, Просадки, Набухание и усадки;
- крены;
- горизонтальные перемещения: Сдвиги, Перекос, Прогиб.

**Осадки** - смещение сооружения в вертикальной плоскости. Происходят в результате уплотнения грунтов основания под воздействием внешних нагрузок. Развиваются без коренного изменения грунтов.

**Оседание** - деформации земной поверхности, вызванные подземными работами (разработка полезных ископаемых, некачественное возведение подземных сооружений), а также резким изменением гидрологических условий территории.

**Просадки** - быстро протекающая осадка сооружения при коренном изменении структуры пористых и рыхлых грунтов. Происходит в результате уплотнения и коренного изменения структуры грунтов основания под воздействием как внешних нагрузок, так и собственного веса.

**Сдвиг** - смещение сооружения в горизонтальной плоскости.

**Крен** - неравномерная осадка сооружения.

Сооружения в целом и их отдельные элементы испытывают различного вида деформации вследствие разных причин (рис. 7.1):



Рис. 7.1. Причины деформаций

## 7.2. Оценка деформаций

Оценка деформации:

- абсолютная или полная осадка;
- средняя осадка;
- неравномерность осадки;
- относительная неравномерность осадки;
- горизонтальное смещение;
- относительный прогиб;
- угол закручивания сооружения.

### Абсолютная или полная осадка

Абсолютной или полной осадкой  $S$  определенного фундамента или строительного блока называют разность абсолютных высот (отметок) начального и текущего цикла наблюдений, определенных относительно исходной точки (7.1.):

$$S = H_{\text{нач}} - H_{\text{тек}} \quad (7.1.)$$

### Средняя осадка (наибольшая и наименьшая)

Средняя осадка  $s_{cp}$  всего сооружения или отдельных его частей вычисляется как среднее арифметическое из суммы осадок всех  $n$  его точек, т.е. (7.2.)

$$S_{cp} = \sum_1^n \frac{s}{n} \quad (7.2.)$$

Одновременно со средней осадкой для полноты общей характеристики указывают наибольшую  $S_{наиб}$  и наименьшую  $S_{наим}$  осадки точек сооружений.

#### Неравномерность осадки

Неравномерность осадки (относительный крен) может быть определена по разности осадок  $\Delta s$  каких-либо двух точек 1 и 2, т. е. (7.3.)

$$\Delta S_{1,2} = S_2 - S_1 \quad (7.3.)$$

Крен или наклон сооружения определяют как разность осадок двух точек, расположенных на противоположных краях сооружения, или его частей вдоль выбранной оси.

Наклон в направлении продольной оси называют завалом, а в направлении поперечной оси – перекосом.

Величина крена, отнесенная к расстоянию  $l$  между двумя точками 1 и 2, называется относительным креном  $K$ , который вычисляется по формуле (7.4.):

$$K = (S_2 - S_1) / l \quad (7.4.)$$

Горизонтальное смещение  $q$  отдельной точки сооружения характеризуется разностью ее координат  $x_{тек}$ ,  $y_{тек}$  и  $x_{нач}$ ,  $y_{нач}$ , полученных в текущем и начальном циклах наблюдений. Положение осей координат, как правило, совпадает с главными осями сооружения. Вычисляют смещения в общем случае по формулам (7.5.):

$$q_x = x_{тек} - x_{нач}; \quad q_y = y_{тек} - y_{нач} \quad (7.5.)$$

Аналогично можно вычислить смещения между предыдущим и последующим циклами наблюдений. Горизонтальные смещения определяют и по одной из осей координат.

Относительный прогиб или выгиб здания или сооружения оценивается отношением стрелы прогиба или выгиба к длине прогнувшейся части здания и кривизной изгибаемого участка и определяется по формуле (7.6.):

$$\frac{f}{L} = \frac{(2S_2 - S_1 - S_3)}{2L} \quad (7.6.)$$

где,  $S_1$  и  $S_3$  - осадки в краях фундаментов;

$S_2$  - наибольшая или наименьшая осадка фундамента;

$L$  - длина фундамента.

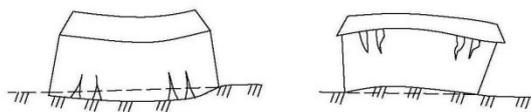


Рис. 7.2. Относительный прогиб или выгиб здания

### Угол закручивания сооружения (рис. 7.3)

Кручением здания называют сложную деформацию, представляющую собой поворот поперечных сечений сооружения вокруг продольной его оси в разных направлениях и на разные углы.

Кручение плоских элементов сооружения возникает в случае, когда их параллельные стороны испытывают противоположные по знаку деформации.

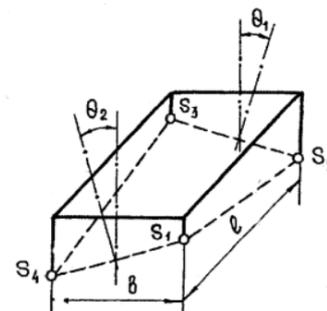


Рис. 7.3. Угол закручивания сооружения

Кручение относительно вертикальной оси характерно в основном для сооружений башенного типа.

Оно определяется как изменение углового положения радиуса фиксированной точки, проведенного из центра исследуемого горизонтального сечения.

Трещины представляют собой разрывы в отдельных конструкциях сооружения, и возникающие вследствие неравномерности осадок и дополнительных напряжений.

Изменение величины деформации за выбранный интервал времени характеризуется средней скоростью деформации  $V_{cp}$ . Так, например, средняя скорость осадки исследуемой точки за промежуток времени между  $m$ -ым и  $n$ -ым циклами измерений будет равна (7.7.):

$$V_{cp} = \frac{S_n - S_m}{t} \quad (7.7.)$$

Различают **среднемесячную скорость**, когда период  $t$  выражен числом месяцев, **среднегодовую**, когда  $t$  выражено числом лет, и т. д.

### 7.3. Организация наблюдений за деформациями

Основной целью наблюдений является определение величин деформации для оценки устойчивости сооружения и принятия своевременных профилактических мер, обеспечивающих нормальную работу сооружения.

#### Решаемые задачи:

- определение абсолютных и относительных величин деформаций и сравнения их с расчетными; выявление причин возникновения и степени опасности деформаций для нормальной эксплуатации зданий и сооружений;
- принятие своевременных мер по борьбе с возникающими деформациями или устранению их последствий;
- уточнение методов расчета и установления предельных допустимых величин деформаций для различных грунтов оснований и типов зданий и сооружений;
- получение необходимых характеристик устойчивости оснований и фундаментов;
- уточнение расчетных данных физико-механических характеристик грунтов.

Для наблюдений за деформациями оснований и сооружений применяют как геодезические, так и не геодезические методы измерений.

К не геодезическим методам относят приборы, с помощью которых определяют взаимные перемещения по высоте или в плане двух соседних наблюдаемых марок объекта. Для подобных измерений, приборы закрепляют

вблизи сооружения (глубинные реперы) либо на самом сооружении или внутри него так, чтобы они перемещались вместе с сооружением.

К ним относят: отвесы, клинометры, деформометры, измерители перемещений, щелемеры, микрокренометры, прогибомеры, стационарные гидростатические системы, скобы, уклонометры, маяки и всякого рода датчики, работающие дискретно или непрерывно в полуавтоматическом или автоматическом режимах и др. Геодезические методы являются основными при наблюдениях за деформациями. Они позволяют одновременно охватить почти все наблюдаемые марки объекта. По результатам геодезических измерений можно определить как взаимное перемещение двух любых наблюдаемых марок основания и сооружения, так и смещение каждой марки в отдельности относительно исходных координат практически стабильного опорного пункта или репера на объекте.

Кроме того, геодезические методы измерений и специальные приемы математической обработки их результатов позволяют в пределах заданной вероятности контролировать и выявлять значимую нестабильность опорных пунктов и реперов.

В практике наблюдений за деформациями наибольшее применение находят следующие высокоточные инженерно-геодезические методы:

- геометрическое нивелирование для определения вертикальных открытых перемещений и легкодоступных точек сооружений;
- тригонометрическое нивелирование для определения вертикальных открытых перемещений, но труднодоступных точек;
- гидростатическое и гидродинамическое нивелирование для определения вертикальных перемещений закрытых труднодоступных точек, расположенных примерно на одном горизонте;
- микро nivelирование для определения вертикальных перемещений от легкодоступных точек прецизионных агрегатов и технологического оборудования, размещенных примерно на одном горизонте ( $\pm 2$  мм);

- створные измерения для определения горизонтальных смещений открытых и доступных точек основания и сооружения, закрепленных вблизи створа, в направлении, перпендикулярном к створу;
- метод угловой или линейно-угловой микротриангуляции (включая геодезические четырехугольники без диагоналей, угловые и линейно-угловые засечки) для определения горизонтальных смещений открытых труднодоступных точек;
- метод полигонометрии для определения горизонтальных смещений открытых и легкодоступных точек оснований и сооружений.

Выбор метода измерения вертикальных и горизонтальных перемещения и крена (например, фундамента) устанавливается в зависимости от требуемой точности измерения, инженерно-геологической и гидрогеологической характеристик грунтов основания, конструктивных особенностей фундамента, возможности применения и экономической целесообразности метода в данных условиях.

Согласно П1-2019 ТКП 45-1.03-313-2018:

**12.14.** Требуемую точность комплексных измерений вертикальных и горизонтальных перемещений особо значимых зданий и сооружений выполняют в зависимости от ожидаемых величин перемещений, установленных проектной документацией.

Для типовых зданий и сооружений при отсутствии данных о расчетных величинах смещений и деформаций точность измерения вертикальных и горизонтальных перемещений устанавливают соответственно следующим величинам их допустимых погрешностей:

- для зданий, длительное время находящихся в эксплуатации, а также возводимых на скальных грунтах, — 1 и 2 мм;
- для зданий в процессе возведения на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах — 2 и 5 мм;
- для зданий и сооружений в процессе возведения на насыпных, просадочных, заторфованных и других сильно сжимаемых грунтах — 5 и 10 мм;

➤ для земляных сооружений — 10 и 15 мм.

**12.15** Методы и средства измерения вертикальных перемещений принимают в зависимости от требуемой точности результатов. Измерения осадки с допустимой погрешностью от 1 до 2 мм и более производят методами геометрического и гидростатического нивелирования, с допустимой погрешностью 5 мм и более — геометрического и тригонометрического нивелирования, фотограмметрическими методами.

**12.16** Геометрическое нивелирование применяют в качестве основного метода измерения вертикальных перемещений. Технические характеристики и допуски для геометрического нивелирования следует принимать в соответствии с таблицей 7.1.

Таблица 7.1.

Условия геометрического нивелирования	Основные технические характеристики и допуски для геометрического нивелирования			
	I	II	III	IV
Применяемые нивелиры	Н-0.5 и равноточные		Н-3 и равноточные	
Применяемые рейки	РН-05 (односторонние штриховые с инвентарной полосой и двумя шкалами)		РН-3 (двусторонние, шашочные)	
Число станций замкнутого хода, не более	2	3	5	8
Визирный луч: Длина, м, не более Высота над препятствием, м, не более	25 1,0	40 0,8	50 0,5	100 0,3
Неравенство плеч на станции, м, не более	0,2	0,4	1,0	3,0
Неравенство плеч в замкнутом ходе, м, не более	1	2	5	10
Допустимая невязка в замкнутом ходе, мм, при числе станций $n$	$\pm 0,15\sqrt{n}$	$\pm 0,5\sqrt{n}$	$\pm 1,5\sqrt{n}$	$\pm 5\sqrt{n}$

Способ проведения работ следует принимать для нивелирования классов:

I — двойным горизонтом, способ совмещения, в прямом и обратном направлении или замкнутый ход;

II, III — одним горизонтом, способ совмещения, способ наведения, замкнутый ход;

IV — одним горизонтом, способ наведения.

**12.17** Тригонометрическое нивелирование применяют для измерения вертикальных перемещений фундаментов (и выше расположенных конструкций), если невозможно использовать геометрическое нивелирование и

другие точные методы. При тригонометрическом нивелировании длину визирных лучей ограничивают до 100–150 м, применяют точные (Т2, Т5 и равноточные) и высокоточные (Т0,5; Т1 и равноточные) теодолиты, а также электронные тахеометры соответствующей точности.

**12.18** Гидростатическое нивелирование (переносным штанговым прибором или стационарной гидростатической системой) используют для измерения относительных вертикальных перемещений большого числа точек, труднодоступных для измерений другими методами, а также в случаях, когда нет условий для применения нивелира или на месте производства измерительных работ невозможно пребывание человека по условиям безопасности труда.

Наблюдения за деформациями оснований фундаментов производят в следующей последовательности:

1. разработка программы измерений;
2. выбор конструкции, места расположения и установка исходных геодезических знаков высотной и плановой основы;
3. осуществление высотной и плановой привязки установленных исходных геодезических знаков;
4. установка деформационных марок на зданиях и сооружениях;
5. инструментальные измерения величин вертикальных и горизонтальных перемещений и кренов;
6. обработка и анализ результатов;

#### **7.4. Программа наблюдений за деформациями**

Программа проведения измерений составляется организацией, производящей измерения, на основе технического задания, выдаваемого проектно-изыскательской или научно-исследовательской организацией по согласованию с организациями, осуществляющими строительство или эксплуатацию.

В программе проведения измерений деформаций оснований фундаментов зданий и сооружений кроме данных, приведенных в техническом задании, указывают (согласно П1-2019 ТКП 45-1.03-313-2018):

- части зданий, за которыми будут проводиться наблюдения,
- расчетные величины деформаций,
- этапы выполнения строительных работ;
- для эксплуатируемых зданий:
- наличие трещин и места закладки маяков,
- сведения о наличии пунктов геодезической сети, а также знаков, установленных для строительных целей,
- данные о системе координат и высотных отметок,
- сведения о ранее выполненных работах по измерению деформаций и связь их с последующими работами,
- описание мест закладки геодезических знаков,
- обоснование выбора типа знаков,
- предварительную схему сети,
- расчет точности измерений деформаций,
- методы измерений и применяемые приборы,
- порядок обработки результатов измерений.

#### **7.5. Основные типы геодезических знаков, используемых для наблюдения за деформациями, и их размещение**

Применяемые для наблюдений геодезические знаки различают по назначению:

- опорные: Опорные знаки служат исходной основой, относительно которой определяются смещения деформационных знаков. Закрепляются они с расчетом на устойчивость и длительную сохранность.
- вспомогательные: вспомогательные знаки являются связующими в схеме измерений и используются для передачи координат от опорных знаков к деформационным.

- деформационные (осадочные) марки: это контрольные геодезические знаки, размещаемые на зданиях и сооружениях, для которых определяются вертикальные перемещения.

Деформационные (осадочные) марки закрепляются непосредственно на исследуемом сооружении и, перемещаясь вместе с ним, характеризуют изменение его положения в пространстве.

Опорные репера (не менее трех) размещают:

- в стороне от проездов, подземных инженерных сетей, складских и других территорий;
- вне зоны распространения деформаций грунтового массива от давления на него здания;
- вне зон влияния оползневых склонов, нестабилизированных насыпей, осадки земной поверхности от извлечения подземных твердых и жидких полезных ископаемых, карстовых образований и других неблагоприятных инженерно-геологических и гидрогеологических воздействий;
- на расстоянии от здания не менее тройной толщины слоя просадочного грунта;
- в местах, где исключены влияния вибраций грунта от транспортных средств, машин, механизмов на устойчивость репера;
- в местах, где в течение всего периода наблюдений возможен беспрепятственный и удобный подход к реперам для нивелирных работ.

Конкретное расположение и конструкцию реперов определяет организация, выполняющая измерения, по согласованию с проектной, строительной или эксплуатирующей организацией, а также с соответствующими службами, имеющими в данном районе подземное хозяйство (кабельные, водопроводные, канализационные и другие инженерные сети).

После установки опорного репера на него должна быть передана высотная отметка от ближайших пунктов геодезической сети. При значительном (более 2 км) удалении пунктов геодезической сети от устанавливаемых реперов

допускается принимать условную систему высот. На каждом репере обозначают наименование установившей его организации и порядковый номер знака.

Установленные реперы сдают на сохранение строительной или эксплуатирующей организации по актам.

### 7.6. Разработка методики наблюдения

Под методикой понимают совокупность действий для определения единицы измерения: превышения на станции, угла на пункте, длины пролета и т.д.

Каждому классу измерения соответствует своя методика. Основной характеристикой класса, а тем самым и методики является средняя квадратическая погрешность единицы измерения. В общем виде основными этапами разработки методики наблюдений являются:

- составление схемы сети;
- подсчет погрешности единицы измерения;
- выбор класса измерений или разработки методики;
- выбор инструмента и оборудования.

Надлежащая точность измерений определяется в первую очередь теми задачами, которые должны быть решены в ходе изучения деформационного процесса. При необоснованном завышении точности измерений возрастает стоимость работ, усложняются приборы и методы производства наблюдений и, напротив, снижение требований к точности может привести к потере информации об изучаемом объекте и лишить результаты измерений их практической ценности.

Исходя из установившихся в геодезической практике принципов средняя квадратическая погрешность измерения геометрического параметра  $m$  и допустимое (предельное) отклонение контролируемого параметра  $\delta$  должны находиться в следующей зависимости:

$$m_{\text{изм}} \leq 0,25\delta_k \quad (7.8.)$$

Поскольку предельная и средняя квадратическая погрешности при доверительной вероятности 0,95 связаны посредством коэффициента 2,5, то формулу (7.8.) можно записать как (7.9.):

$$m_{\text{изм}} \leq 0,5\delta m_k \quad (7.9.)$$

Другими словами, средняя квадратическая погрешность измерения геометрического параметра должна быть по крайней мере в два раза меньше средней квадратической погрешности контролируемого параметра.

Расчетные величины деформаций, установленные проектом, являются исходными для назначения точности измерений как вертикальных, так и горизонтальных перемещений (таблицы 7.2., 7.3.).

Таблица 7.2.

Расчетная величина вертикальных или горизонтальных перемещений, предусмотренная проектом, мм	Допускаемая погрешность измерения пересечений в период строительства, мм, для грунтов	
	Песчаных	Глинистых
До 50	1	1
Св. 50 до 100	2	1
100-250	5	2
250-500	10	5
500	15	10

Таблица 7.3.

Допустимые погрешности измерения перемещений по классам точности

Класс точности измерений	Допустимая погрешность измерения перемещений, мм	
	Вертикальных	Горизонтальных
I	1	2
II	2	5
III	5	10
IV	10	15

При отсутствии данных по расчётным величинам деформаций оснований фундаментов класс точности измерений перемещений допускается устанавливать следующим образом:

- I – для уникальных зданий и сооружений, длительное время (более 50 лет)
- находящихся в эксплуатации, а также для сооружений, возводимых на скальных и полускальных грунтах;

- II – для зданий и сооружений, возводимых на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах;
- III – для зданий и сооружений, возводимых на насыпных, просадочных, заторфованных и других сильно сжимаемых грунтах;
- IV – для земляных сооружений.

Таким образом, для того чтобы установить класс точности измерений, необходимо знать расчётные величины перемещений или назначить класс точности исходя из характеристик грунтов оснований и возраста самого сооружения.

На рис. 7.4. показана примерная схема организации наблюдений за осадками здания, в стены которого заложены деформационные марки М1...М8. Реперы геодезической основы Рр1...Рр5 размещены вне зоны распространения давления от контролируемого сооружения и в стороне от подземных коммуникаций, вне пределов влияния осадочных явлений и подземных выработок.

На схеме по каждой линии хода геометрического нивелирования выписано количество установок (станций) нивелира.

Три репера Рр1, Рр2, Рр3 образуют так называемый куст из одинаковых по конструкции реперов, расположенных на расстоянии в 30 – 50м друг от друга в вершинах треугольника таким образом, чтобы все превышения можно было получить с одной установки нивелира.

Периодичность наблюдений зависит в первую очередь от ожидаемых деформаций и должна быть определена на этапе разработки и согласования технического задания на производство работ. Программой работ должен быть предусмотрен анализ получаемых деформационных характеристик и возможность изменения периодичности в случае появления деформаций, превышающих предельно допустимые для данного объекта мониторинга.

Найдём класс нивелирования для схемы измерений, приведенной на рисунке. Пусть по техническому заданию для этого сооружения необходимо организовать натурные наблюдения с цикличностью в 1 месяц. Здание

возводится на глинистых грунтах, а ожидаемая (расчетная) величина осадки составляет 180 мм.

По таблице 7.1. определим допустимую среднюю квадратическую погрешность измерения вертикальных перемещений, которая составит 2 мм, а по таблице 2 определяется класс точности измерений – II.

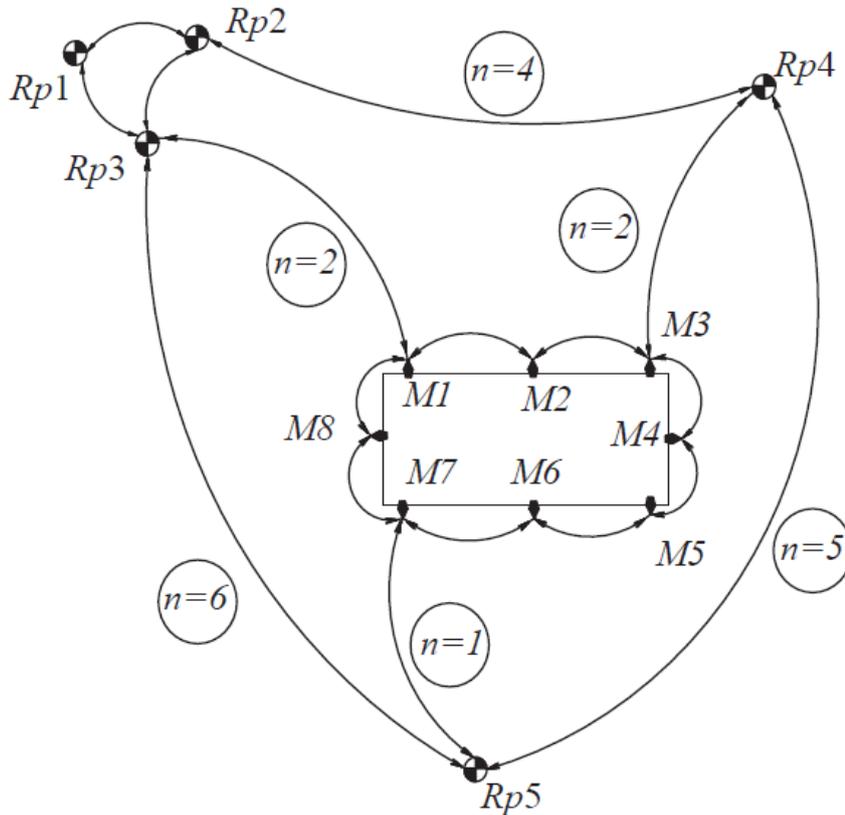


Рис. 7.4. Примерная схема организации наблюдений за осадками здания

Средняя квадратическая погрешность суммарных превышений по ходу (7.10.):

$$m_s = m_H \sqrt{2} \quad (7.10.)$$

Тогда (7.11.):

$$m_H = \frac{m_s}{\sqrt{2}} = \frac{2}{1.4} = 1.4 \text{ мм} \quad (7.11.)$$

Если нивелирование на станциях выполняется примерно с одинаковой точностью, то при незначительном влиянии систематических ошибок можно записать (7.12.):

$$m_H = m_h \sqrt{K} \quad (7.12.)$$

где,  $m_h$  – средняя квадратическая ошибка измеренного превышения на станции;

$k$  – число станций от исходного репера до наблюдаемой марки.

Подставив полученное значение  $m_h$  в формулу (7.10), получим (7.13.):

$$m_s = m_h \sqrt{2K} \quad (7.13.)$$

Приняв для наиболее слабого места (7.14.):

$$k = \frac{n}{2} \quad (7.14.)$$

Получим (7.15.):

$$m_s = m_h \sqrt{n} \quad (7.15.)$$

Если предположить, что самая удаленная марка хода М4 (4 станции от Рр5 или 3 станции от Рр4), и что Рр 5 может быть забракован, то слабой маркой окажется марка М6, до которой необходимо 5 установок нивелира. Таким образом, нами найдено значение  $n = 5$  и известно  $m_s = 2$  мм. Средняя квадратическая ошибка измерения превышения  $m_h$  на станции нивелирного хода – 0,89 мм.

Таблица 7.4.

Показатели нивелирных ходов

Класс нивелирования	Длина плеч, м	Число линий	Число ходов	Допуст. Невязка	С.К.О. превышения на станции, мм
I	50	4	2	$3\sqrt{L}$	0,32
II	65	2	2	$5\sqrt{L}$	0,42
III	75	2	2	$10\sqrt{L}$	0,92
IV	100	1	1	$20\sqrt{L}$	3,0
Техническое нивелирование	125	1	1	$50\sqrt{L}$	8,3

Из таблицы видно, что для реализации требований технического задания геометрическое нивелирование по приведённой схеме необходимо производить по программе нивелирования II класса.

Вертикальные перемещения оснований фундаментов измеряют одним из следующих методов или их комбинированием:

- Метод тригонометрического нивелирования – для исследования деформаций сооружений прямолинейной формы.

- Метод гидростатического нивелирования – если невозможно закрепить створ.
- Метод геометрического нивелирования – для определения смещения по двум координатам.
- Метод фотограмметрии.

Для решения таких задач как: измерение прогиба стропильных ферм; мониторинг развития трещин способом проективного преобразования одиночной линии; определение вертикальности высоких сооружений (опоры телевизионные башни).

### 7.7. Обработка результатов наблюдений

В ходе камеральной обработки результатов измерений для каждого цикла выполняются следующие операции:

- проверка полевых журналов и контроль выполнения установленных допусков;
- уравнивание высотной сети опорных знаков и контроль стабильности исходных реперов;
- уравнивание сети деформационных знаков и вычисление высот и осадок деформационных марок;
- составление отчёта.

Из наблюдений каждого цикла вычисляют отметки каждой осадочных марок, по которым вычисляют:

- абсолютную осадку;
- скорость протекания осадки;
- крен сооружения;
- прогиб сооружения;
- вычерчивают графики осадок.

Графики осадок марок строят по результатам наблюдений в каждом цикле. По этим графикам (рис. 7.5) можно судить, например, о примерном времени стабилизации сооружения.

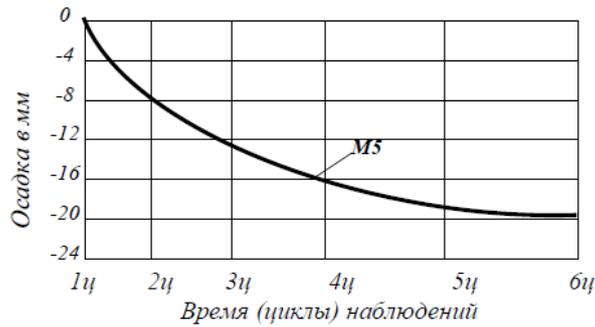


Рис. 7.5. Результаты наблюдений

## 7.8. Определение горизонтальных смещений

При изучении горизонтальных перемещений перед началом измерений перед началом измерений производятся следующие подготовительные работы:

- устанавливаются надежные и стабильные в плановом отношении опорные знаки, часто снабженные принудительными центрировочными приспособлениями;
- на исследуемом объекте на внешних или внутренних его конструкциях закрепляются контрольные геодезические знаки - деформационные марки;
- разрабатываются методы контроля стабильности опорных знаков (программы наблюдения ориентирных пунктов);
- разрабатываются методы наблюдений деформационных марок, обеспечивающие необходимую точность определения координат.

Горизонтальные перемещения фундаментов зданий и сооружений могут быть измерены одним из следующих методов или их комбинированием (рис. 7.6):

- Метод угловых построений;
- Метод створных наблюдений;
- Метод отдельных направлений;
- Метод лазерного сканирования.

### Метод угловых построений

Применяют для измерения горизонтальных перемещений объектов, возводимых в пересеченной или горной местности, а также при невозможности обеспечить устойчивость концевых опорных знаков створа. Величина и

направление перемещения деформационной марки определяются по изменениям ее координат за промежуток времени между циклами наблюдений.

Система координат может быть принята условной, а координатные оси развернуты перпендикулярно или параллельно осям сооружения.

Линейно-угловые построения могут быть одноступенчатыми, когда в единую сеть включают исходные пункты, принимаемые за неподвижные, и деформационные марки на сооружении. При двухступенчатом построении сначала создают опорную сеть, которая может состоять из опорных и вспомогательных знаков.

Повторные измерения в такой сети позволяют контролировать устойчивость опорных знаков и определять координаты вспомогательных знаков, относительно которых производят наблюдения за положением деформационных марок на сооружении.

### **Метод створных наблюдений**

Створные наблюдения широко применяют для исследования деформаций сооружений прямолинейной формы, когда смещения достаточно знать по одному направлению, перпендикулярному линии створа. При этом координатную систему выбирают так, чтобы с направлением смещений совпадала ось ординат, а с направлением створа – ось абсцисс.

Разность значений текущего и исходного положения точки сооружения называют **нестворностью**.

Нестворность может быть определена как по отношению к начальному (исходному) циклу наблюдений, так и при сравнении положения точки в двух любых циклах.

Створную линию задают либо стальной струной, концы которой закрепляют на неподвижных опорных реперах, либо оптическим способом, используя в качестве линии створа визирную ось зрительной трубы теодолита, нивелира и др. (рис. 7.6)

При оптическом задании створа прибор центрируют над неподвижным опорным репером, а на другом конце линии, также над опорным репером, центрируют визирную марку (цель).

Нестворности  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$  и т.д. могут быть вычислены (7.16), если измерены расстояния  $s$  до деформационной марки и малые углы:

$$\Delta = s \cdot \sin\beta = \frac{s \cdot \beta}{\rho} \quad (7.16.)$$

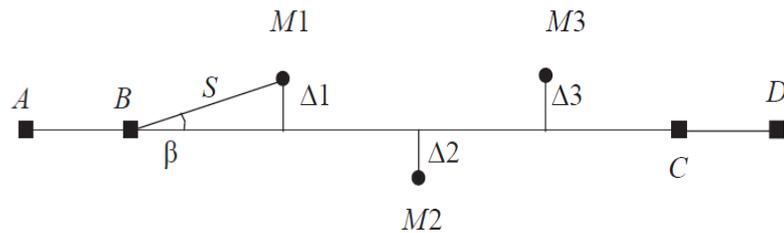


Рис. 7.6. Створный метод

Расстояние  $s$  от пункта стояния до деформационной марки проще всего измерять электронными тахеометрами. Число приемов измерения расстояний и горизонтальных углов рассчитывается исходя из предписанной точности измерения перемещений.

Другой способ створного метода (рис. 7.7) заключается в том, что на контрольную точку  $M$  устанавливают визирную цель, положение которой фиксируется отсчетом по шкале. Установив теодолит, например, в точке  $P_1$ , ориентируют визирную ось зрительной трубы по линии  $P_1P_2$  и микрометрическим винтом визирной цели совмещают ее с перекрестием сетки нитей. По разности отсчетов по шкале визирной цели судят о смещении контрольной точки  $M$  относительно линии  $P_1P_2$ . Аналогичным образом определяют горизонтальные смещения других контрольных точек.

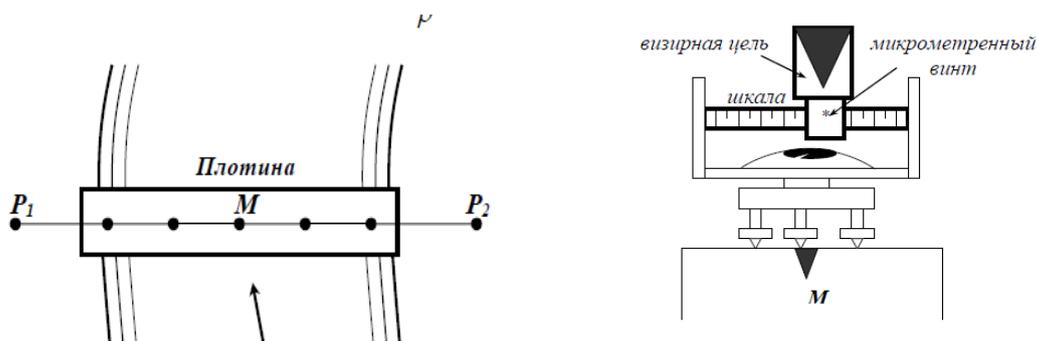


Рис. 7.7. Створный метод

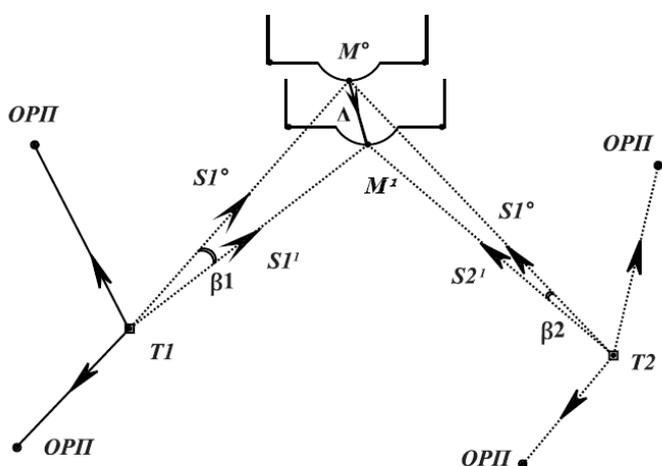
Для створов значительной протяженности и с большим количеством контрольных точек могут применяться способы последовательных и частных створов (см. тему 5.3. Выверка конструкций и оборудования в плане).

### Метод отдельных направлений

Метод отдельных направлений применяют для измерения горизонтальных перемещений зданий и сооружений при невозможности закрепить створ или обеспечить устойчивость концевых опорных знаков створа.

При использовании этого метода необходимо закрепить за пределами зоны деформаций ряд опорных знаков (Т1, Т2 и т.д.) и неподвижные ориентирные пункты (ОРП) (рис. 7.8).

Величина горизонтального перемещения деформационной марки М определяется с каждого опорного знака по расстоянию S от опорного знака до марки и по изменению направления между ориентирным знаком и



деформационной маркой в двух циклах измерений по формуле (7.17):

$$\Delta = \frac{\beta \cdot S}{\rho} \quad (7.17.)$$

Рис. 7.8. Метод отдельных направлений

## 7.9. Методы наблюдения за кренами

Крен – вид деформации, свойственный сооружениям башенного типа.

Появление крена может быть вызвано как неравномерностью осадки сооружения, так и изгибом и наклоном верхней его части из-за одностороннего температурного нагрева и ветрового давления. В связи с этим полную информацию о кренах и изгибах можно получить лишь по результатам совместных наблюдений за положением фундамента и корпуса башенного сооружения. В зависимости от вида и высоты сооружения, технических требований и условий наблюдений для определения крена применяют различные способы:

### Способ вертикального проектирования

Под этим способом (рис. 7.9) понимается вертикальное проектирование наклонным визирным лучом теодолита хорошо заметной верхней точки сооружения, например, на горизонтальную рейку, закрепленную внизу сооружения.

Проектирование в каждом цикле осуществляется теодолитом с двух опорных пунктов 1 и 2 по двум взаимно перпендикулярным направлениям и при двух положениях вертикального круга теодолита.

Периодически снося эту точку вниз и

отмечая ее проекции, определяют увеличение крена от цикла к циклу

Величину  $K$  полного крена можно найти по формуле (7.18):

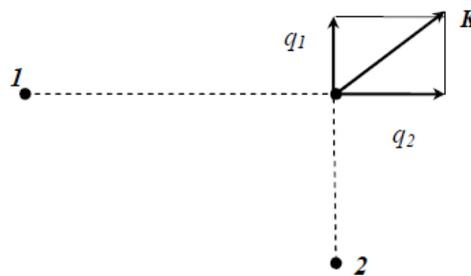


Рис. 7.9. Способ вертикального проектирования

$$K = \sqrt{q_1^2 + q_2^2} \quad (7.18.)$$

где,  $q_1$  и  $q_2$  – векторы крена, определенные соответственно с пункта 1 и с пункта 2.

**Методика вертикального проектирования применима и для башен треугольной формы** (рис. 7.10) путем определения линейных смещений  $q_{1,2,3}$  вершин верхнего треугольника  $abc$  с соответствующих осей сооружения.

Так, линейные смещения  $q_1$ ,  $q_2$  и  $q_3$  могут быть определены непосредственно способом вертикального проектирования теодолитом точек  $a$ ,  $b$  и  $c$  верхнего треугольника на горизонтальные рейки, закрепленные в точках  $A$ ,  $B$  и  $C$  нижнего треугольника. Причем, если смещения точек  $a$ ,  $b$  и  $c$  происходят по часовой стрелке, то  $q_i$  будут считаться положительными, если против часовой стрелки – отрицательными.

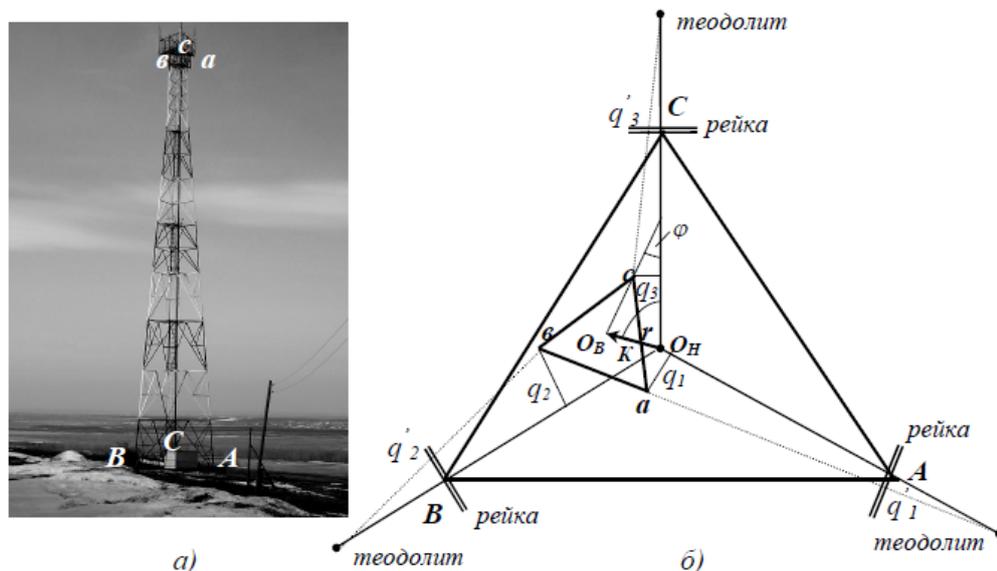


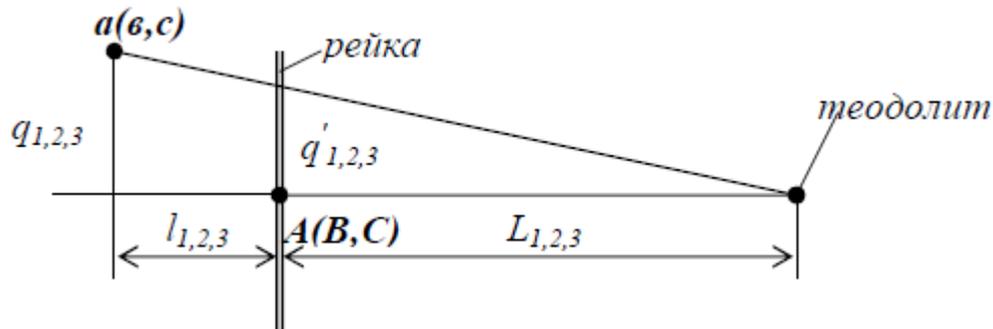
Рис. 7.10. Определение крена для башен треугольной формы

Так смещения  $q_1$  и  $q_2$  положительные, а  $q_3$  – отрицательное.

В результате линейных смещений нижний  $OН$  и верхний  $OВ$  ортоцентры треугольников не будут находиться на одной вертикали. Смещение  $OВ$  относительно  $OН$  характеризует величину крена  $K$  башни и его направление, а угол между соответствующими медианами верхнего  $abc$  и нижнего  $ABC$  треугольников является углом скручивания башни.

Вычислять линейные смещения (рис. 7.11)  $q_{1,2,3}$  следует по формуле (7.19):

$$q = q' \left(1 + \frac{l}{L}\right) \quad (7.19.)$$



где,  $L_{1,2,3}$  -расстояний от теодолита до реек;

$l_{1,2,3}$  - расстояний от реек до визируемых точек а, в и с.

Рис. 7.11. Измерение линейных смещений

Так, например, у стандартной башни высотой 72,5 м сторона нижнего треугольника равна 10,5 м, верхнего – 2,5 м, поэтому, расстояние между точками  $Aa = Bb = Cc$  4,6 м. Исследования показывают, что точность определения линейных смещений практически не зависит от расстояний  $l_{1,2,3}$ , поэтому в формуле (24) отношением  $l/L$  можно пренебречь.

По значениям линейных смещений  $q_1$ ,  $q_2$  и  $q_3$  можно определить крен, его направление и угол скручивания башни различными способами: графическим, аналитическим и графоаналитическим.

Графический способ определения величины и направления крена башни треугольной формы заключается в следующем:

Отложив от осей башни в крупном масштабе соответствующие отрезки  $q_1$ ,  $q_2$  и  $q_3$ , проводят линии, параллельные осям башни. Точки пересечения этих линий сформируют равносторонний треугольник  $a'v'c'$ , ортоцентр которого  $ОВ$  совпадает с ортоцентром верхнего треугольника башни  $авс$ . Отрезок  $ОНОВ$  будет соответствовать величине крена  $K$  башни, а угол  $r$  (румб) – направлению крена относительно оси  $X$  условной системы прямоугольных координат  $ХОНУ$ .

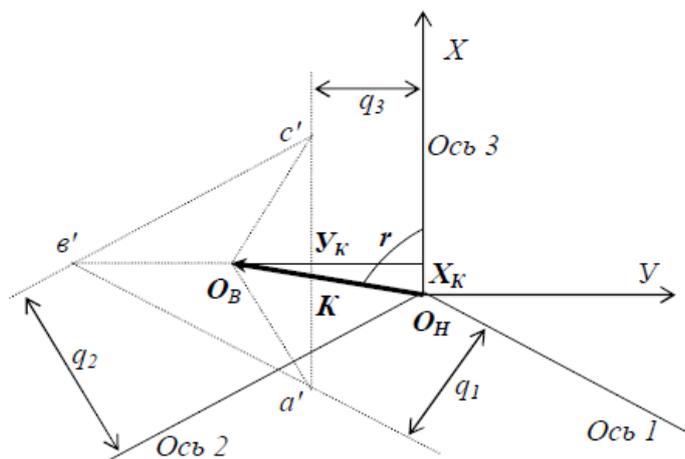


Рис. 7.12. Графический способ определения величины и направления крена

Аналитический способ основан на использовании условной системы координат ХОНУ, в которой ось абсцисс совпадает с одной из осей башни. Тогда  $K = \sqrt{X_K^2 + Y_K^2}$ , а по значениям координат  $X_K$  и  $Y_K$  можно вычислить румб  $r$  или дирекционный угол направления крена в этой условной системе координат.

Графоаналитический способ предусматривает построение (в крупном масштабе) полигона  $OH-1-2-3$ , стороны которого равны величинам  $q_{1,2,3}$  смещений, а направления этих сторон перпендикулярны соответствующим осям сооружения.

Угол скручивания башни представляет собой угол между соответствующими медианами или соответствующими сторонами нижнего  $ABC$  и верхнего  $abc$  треугольников. Его можно вычислить по формуле (7.20.):

$$\sin\varphi = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{d\sqrt{3}} \quad (7.20.)$$

где,  $d$  – длина стороны верхнего треугольника  $abc$ .

В эту формулу необходимо подставлять  $q_{1,2,3}$  со своим знаком «плюс» или «минус».

Полученное по формуле (7.20.) положительное значение угла означает скручивание башни по часовой стрелке, отрицательное – против часовой стрелки.

**Способ горизонтальных углов**

Он предусматривает наблюдения верхней точки В сооружения с двух закрепленных на местности опорных точек 1 и 2 в двух взаимно перпендикулярных ( $\gamma = 90$ ) направлениях.

В первом цикле измеряют горизонтальные углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  на точку В. Во втором цикле вновь измеряют горизонтальные углы  $\beta_1'$  и  $\beta_2'$ , находят разности  $\Delta\beta_1 = \beta_1' - \beta_1$  и  $\Delta\beta_2 = \beta_2' - \beta_2$  и вычисляют приращения крена и его полную величину в данном цикле (7.21.):

$$q_1 = \frac{\Delta\beta_1'' L_1}{\rho''}, q_2 = \frac{\Delta\beta_2'' L_2}{\rho''}, K = \sqrt{q_1^2 + q_2^2} \quad (7.21.)$$

где,  $L_1$  и  $L_2$  – горизонтальные расстояния от опорных точек до наблюдаемой точки В.

**7.10. Наблюдения за трещинами**

Для выявления трещин применяют специальные маяки, которые представляют собой плитки из гипса, алебаstra и т. п. Маяк крепится к конструкции поперек трещины в наиболее широком ее месте. Если через некоторое время трещина появляется на маяке, то это указывает на активное развитие деформации.

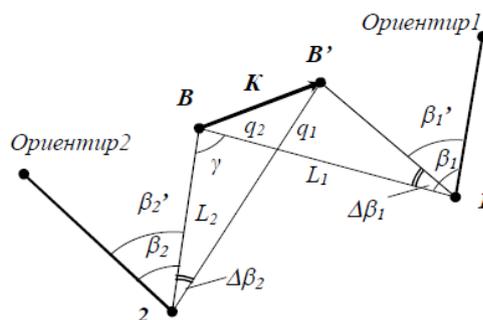


Рис. 7.13. Наблюдение за трещинами

В простейшем случае ширину трещины измеряют линейкой. Применяют также специальные приборы: деформометры, щелемеры, измерительные скобы

Простейшие измерения. Простейшие измерения предусматривают периодическую фиксацию длины трещины при помощи штрихов, наносимых на конструкцию, и измерение ширины трещины миллиметровой линейкой. Точность таких измерений составляет 0,3-0,5 мм.

Наблюдения за раскрытием температурно-осадочных швов и трещин на вертикальных или горизонтальных поверхностях сооружений можно также производить по схеме на рис. 7.14.

По обе стороны шва или трещины закрепляют три наблюдательных марки А, В и С и измеряют между ними расстояния  $a$ ,  $b$  и  $c$ , а также превышения  $h_{AC}$  и  $h_{BC}$ .

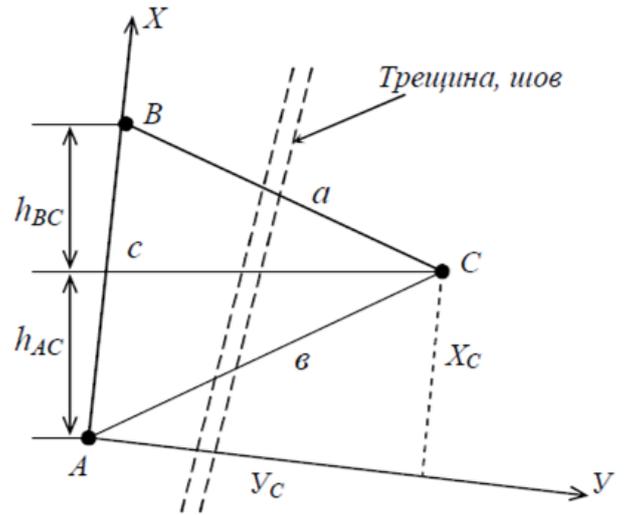


Рис. 7.14. Схема наблюдений за раскрытием швов и трещин

Вычисляют исходные условные координаты и отметку марки С по формулам (7.22):

$$X_c = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2c}, Y_c = \sqrt{b^2 - X_c^2}, H_c = H_a + h_{AC} = H_A + h_{AB} - h_{BC} \quad (7.22)$$

В последующих циклах измеряют расстояния  $a$ ,  $b$  и  $c$ , и превышения  $h_{AC}$  и  $h_{BC}$  и вычисляют условные координаты и отметку марки С по тем же формулам. Изменения координат и отметки точки С между циклами наблюдений характеризуют величину и направление подвижки наблюдаемых элементов сооружения.

Применение маяков. Маяки изготавливают из цемента с примесью песка (для наружных конструкций), алебастра или гипса (для внутренних конструкций). Средние размеры маяков 150x80x10 мм.

На каждую трещину рекомендуется устанавливать два маяка: один в наиболее широком месте, другой у ее конца. Перед установкой маяка на конструкции по обе стороны трещины необходимо сделать насечку. На маяке указывают его номер, дату установки, а в журнале отмечают местоположение и ширину трещины.

Осмотр маяков производят через неделю после их установки, а затем периодически по мере развития трещины. Если трещина активна, то на маяке

через некоторое время образуется разрыв. Дату его появления фиксируют в журнале, а трещину перекрывают новым маяком, и так до тех пор, пока развитие трещины не прекратится. Такие маяки предназначены, в основном, для фиксации факта активности (или неактивности) наблюдаемой трещины.

Пластинчатый раздвижной маяк предназначен для получения количественной характеристики поведения трещины. Он состоит из двух металлических пластинок толщиной 0,5 мм, одну из которых перед установкой на трещину закрашивают красной краской (№). После плотного наложения пластинок друг на друга и закрепления их на разных сторонах трещины, их совместно закрашивают белой краской (рис. 7.15).



Рис. 7.15. Пластинчатый раздвижной маяк

Если трещина активна, то на нижней пластинке через некоторое время появятся красные полосы. Их ширину периодически измеряют с помощью циркуля и масштабной линейки по двум направлениям: вдоль и поперек трещины. Точность способа 0,1 мм.

Деформометры, щелемеры, отсчетные микроскопы также позволяют определять расстояние между марками на конструкциях с точностью 0,01–0,001 мм.

Результаты наблюдений за трещиной наносят на график хода ее раскрытия (рис. 7.16)



Рис. 7.16. График раскрытия трещин

## 7.11. Прогнозирование осадок. Общие принципы и методы прогнозирования

Прогнозирование - есть научно-обоснованное предсказание повторения процесса или явления при определенных идентичных условиях. Оно невозможно без знания закономерностей изучаемого явления.

Методы прогнозирования в науке и технике, в том числе и осадок сооружений и их оснований:

- Метод экспериментирования - основан на компрессионных испытаниях грунтов (по пробам грунта определяют его сжатие и по известным зависимостям делают прогноз осадки сооружения);
- Метод физического моделирования - основан на создании физической модели объекта и модели процесса, изменением параметров добиваются желаемого результата, а затем внедряют в производство (например, на уменьшенной модели плотины, определяют будущие смещения и осадки ее в целом и отдельных частей).
- Метод экстраполяции - зная базу экстраполяции, прогнозируют по определенным законам поведение объекта в будущем.

**Метод экспериментирования.** Из многочисленных наблюдений за осадками и компрессионных испытаний для ряда грунтов устанавливается функциональная зависимость между временем, нагрузкой и осадкой.

Так абсолютные величины осадок сооружений зависят:

- от пористости грунта основания,
- нагрузки на основание,
- от формы и размеров фундамента.
- Протекание осадок во времени (консолидация грунтов) зависит:
  - от структуры частиц грунта,
  - от коэффициента фильтрации, который представляет собой скорость распространения или выжимания воды из грунта.

На основе изучения закономерностей поведения грунтов получают их деформацию в виде графиков и формул и далее, распространяют эти зависимости для подобных идентичных условий, т.е. прогнозировать явления. Прогнозирование будет тем ближе приближаться к реальности, чем точнее и полнее будут изучены и обработаны результаты исследований, а также описаны закономерности явлений.

**Метод физического моделирования.** Модели сооружения строятся из гипса или другого материала с известными свойствами в масштабах от 1:10 до 1:100. На модель, как и в натуре производят необходимые нагрузки и воздействия. От жесткой базы в характерных точках модели производят измерения перемещений и деформаций. Зная масштаб модели и коэффициенты упругости материалов модели и будущего сооружения вычисляют ожидаемые осадки и деформации объекта и сравнивают с расчетными значениями при проектировании.

Примеры:

- Прогнозирование деформаций на модели плотины Саяно-Шушенской ГЭС (фильм «Исполин на Енисее»);
- Прогнозирование деформаций на модели вантового покрытия театра «Глобус»;
- Прогнозирование деформаций фундамента турбоагрегата К-1200 МВт для Костромской ГРЭС на модели в лаборатории.

**Метод экстраполяции.** Применяется при наличии имеющихся результатов наблюдений за объектом.

Прогнозирования состоит в расчете ожидаемой осадки или другого вида деформации объекта в будущем. Задача сводится к подбору функции (эмпирической формулы), наиболее правильно описывающей осадку или деформацию объекта. А затем, зная параметры эмпирической формулы можно задаваясь временем  $t$  на будущий период определить на него осадку или деформацию.

Общего метода для подбора наиболее лучшего вида зависимости не существует.

Сначала строят графики осадок во времени по данным измерений и определяют общий вид функции. Для этого необходимо иметь для сравнения графики различных функций (обычно это показательная функция, степенная функция, парабола).

Когда подбор кривой сделан, приступают к нахождению коэффициентов функциональной зависимости, после чего по подобранному уравнению вычисляют предполагаемые осадки сооружения в будущем.

Подбор можно производить различными способами. Наиболее часто и наиболее точно коэффициенты можно получить по методу наименьших квадратов.

## 8. Геодезическое обеспечение кадастровых и землеустроительных работ

### 8.1. Общие сведения

**Кадастр** - систематизированный свод сведений, составляемый периодически или путем непрерывных наблюдений над соответствующим объектом.

Геодезические работы, выполняемые для ведения кадастров, имеют много общего с традиционными геодезическими измерениями и построениями. Но задачи, решаемые при ведении кадастров, имеют определенную специфику методов проведения измерений, обработку и представление их результатов. Так же имеют определенную специфику расчеты, связанные с обоснованием необходимой точности измерений и с выбором сбора метрической информации о земельных участках, топографических планов оптимальных масштабов. Традиционный подход к таким расчетам не всегда оправдан.

**Основные принципы** ведения государственных кадастров – объективность и полнота сведений, непрерывность ведения и принцип экономичности

**Основой информационных систем кадастра** является достоверная и точная топографическая информация. Точность и актуальность топографической информации – это залог будущего развития и использования системы ресурсов республики.

Согласно Постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 20 апреля 1993 года № 248 «О государственных кадастрах природных ресурсов», в соответствии с Законом Республики Беларусь "Об охране окружающей среды" в республике ведутся следующие государственные кадастры природных ресурсов:

- государственный климатический кадастр;
- государственный земельный кадастр;
- государственный водный кадастр;
- государственный кадастр атмосферного воздуха;

- государственный лесной кадастр;
- государственный кадастр недр;
- государственный кадастр животного мира;
- государственный кадастр растительного мира;
- государственный кадастр торфяного фонда;
- государственный кадастр отходов.

Государственный земельный кадастр ведется Комитетом по земельным ресурсам, геодезии и картографии при Совете Министров Республики Беларусь, на который возлагается:

- оформление юридической документации;
- экономическая оценка сельскохозяйственных угодий всех землепользователей;
- съемка;
- поддержание кадастровых данных на уровне современности;
- обновление и корректировка планово-картографических материалов;
- оформление кадастровой документации.

Для характеристики земельного участка Кодекс Республики Беларусь о земле выделяет следующие юридически значимые признаки:

1. часть поверхности земли определенной площади и со своим местом расположения;
2. земельный участок должен быть ограничен в натуре, иметь установленные границы;
3. земельный участок должен иметь свой статус, а также другие характеристики, которые должны быть зафиксированы государственным земельным кадастром и документами регистрации.

**Особо важное внимание уделяется установлению границ земельного участка.** Согласно статье 18 Кодекса Республики Беларусь о земле:

*«Граница земельного участка есть линия и проходящая по этой линии вертикальная плоскость, разделяющая землепользования и землевладения».*

В соответствии с действующим законодательством границы земельного участка определяются с использованием документов, выдаваемых собственнику, владельцу, пользователю на основании решений Президента Республики Беларусь, Совета Министров Республики Беларусь, соответствующих исполнительных и распорядительных органов в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь.

## **8.2. Принципы ведения земельного кадастра**

Ведение земельного кадастра основано на принципах:

- единства системы для всей территории республики;
- объективности сведений земельного кадастра, при которой находят точное отражение фактические размеры и качество земель;
- полноты сведений (совокупности сведений о природном, хозяйственном и правовом положениях земель);
- сбора данных обо всех землях независимо от того, кому они предоставлены в пользование;
- непрерывности ведения (изменения в природном, хозяйственном и правовом положениях земель должны постоянно учитываться и отражаться в кадастровой документации);
- наглядности земельно-кадастровых сведений (необходимость отражения их не только в текстовых документах, но на планово-картографических материалах);
- экономичности;
- централизованного руководства.

### 8.3. Состав геодезических работ для кадастра

Подготовительные работы. В процессе подготовительных работ собирают и анализируют следующие материалы: проект землеустройства; постановление административного органа об отводе земельного участка; договора о купле-продаже или аренде земельного участка; выписки из книги регистрации земельного участка; чертеж границ или топографический план земельного участка; схемы и списки координат пунктов государственной или местной геодезических сетей; сведения об использовании земель.

Полевое обследование пунктов опорной геодезической сети. Выполняют с целью проверки сохранности пунктов и выбора наиболее выгодной технологии проведения геодезических работ.

Составление технического проекта. Геодезические работы выполняют по заранее составленному техническому проекту, который включает: текстовую часть, графические материалы и смету затрат.

Кадастровые съемки. В зависимости от назначения кадастра производят в тех же масштабах, теми же способами и с той же точностью что и топографические. Базовым является масштаб 1:500, наиболее широко используемым - 1:2000, обзорно-справочным - 1:10000 и мельче. Кадастровые карты и планы могут не содержать информацию о рельефе местности.

Установление и согласование границ земельных участков на местности. Границы земельных участков выносят на местность по координатам характерных точек от пунктов геодезического обоснования и закрепляют специальными межевыми знаками. В случае, когда границы каким-то образом закреплены ранее, определяют координаты закрепленных точек.

Определение площадей земельных участков. Площади земельных участков вычисляют в основном аналитическим методом по координатам межевых знаков. В отдельных случаях используют картографические материалы.

Составление чертежей границ земельных участков. Чертежи границ земельных участков составляют в масштабе основного кадастрового плана

(или крупнее) по результатам установления на местности и согласования границ.

Контроль и регистрация результатов кадастровых работ. Результаты кадастровых работ подлежат обязательному полевому контролю для устранения возможных ошибок и несогласованностей. Также контролируют соблюдение требований технического задания и соответствующих инструкций на производство топографо-геодезических работ. Полученная в результате работ информация переносится в специальные реестры и отображается на кадастровых картах или планах.

Ведение базы данных. Наличие баз данных предусматривает не только хранение информации, но и оперативную выдачу ее потребителю.

#### **8.4. Геодезическая основа кадастровых работ**

Геодезической основой земельно-кадастровых планов и работ по установлению (восстановлению) границ земельных участков являются:

- государственная геодезическая сеть (ГГС);
- геодезические сети сгущения в виде пунктов триангуляции, полигонометрии и трилатерации 1 и 2 разрядов;
- пункты сгущения планово-высотного обоснования в сельских населенных пунктах, созданные для целей землеустройства;
- закрепленные на местности межевые знаки, пункты плановой привязки аэроснимков и съемочной основы, в том числе точки поворота границ земельных участков, совмещенные с капитальными заборами, ограждениями и колодцами.

Пункты геодезических сетей сгущения должны обеспечить проведение следующих мероприятий:

- учет земель сельскохозяйственных предприятий, административных районов и областей;
- выдачу новых государственных актов на право пользования землей;

- восстановление утраченных и проложение новых границ землепользований в порядке межхозяйственного землеустройства;
- отвод земель предприятиям и организациям для создания подсобных и садовых хозяйств;
- топографическую съемку участков местности в крупных масштабах для проектирования мелиоративных, культур технических, противоэрозионных и других мероприятий;
- перенесение в натуру проектов землеустройства и мелиорации;
- обновление и корректировку картографических материалов наземными методами;
- привязку опознаков при периодических аэросъемках местности.

Опорные межевые знаки устанавливают группами по три-четыре знака (рис. 8.1) и определяют с точностью, соответствующей геодезическим сетям сгущения. Целесообразность установки групп из трех-четырех знаков обусловлена тем, что в случае утраты одного-двух из них, оставшиеся могут быть использованы в качестве исходных пунктов для проложения теодолитных ходов с целью решения различных геодезических задач.

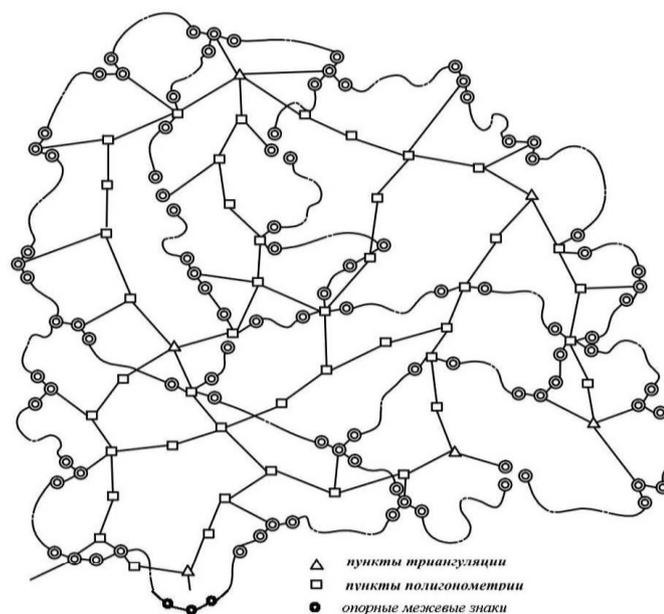


Рис. 8.1. Сеть опорных межевых знаков

Положение опорных межевых знаков, в зависимости от физико-географических условий местности и наличия в районе работ пунктов государственной геодезической сети, может быть определено с применением электронных тахеометров:

- полигонометрическими ходами 4 класса (1:25000) – 1 разряда (1:10000), непосредственно прокладываемыми по границам землепользований, включая в ходы только опорные межевые знаки.
- полярным или лучевым способами с пунктов полигонометрии 4 класса – 1 разряда, прокладываемой вдоль границ землепользований между пунктами триангуляции;
- теми же способами с пунктов триангуляции, расположенных поблизости (1-3 км) от границ землепользований в открытых всхолмленных районах;
- комбинациями построений из перечисленных способов.

Остальные межевые знаки (звенья границ) в промежутках между опорными определяют тремя методами:

- графически, путем вставки звеньев границ, определяемых по фотопланам и государственным актам на право пользования землей, между опорными межевыми знаками, если геодезические данные по границам отсутствуют;
- аналитически, путем перевычисления геодезических данных прошлых лет в единую систему координат с использованием координат опорных межевых знаков в качестве исходных;
- инструментально, проложением теодолитных ходов между опорными межевыми знаками, если возникает необходимость восстановления в натуре межевых знаков (например, в спорных случаях, при проложении новых границ), а также при выдаче государственных актов хозяйствам с особо ценными сельскохозяйственными угодьями.

**Согласно «Инструкции по установлению, восстановлению и закреплению границ земельных участков», (в ред. постановлений Комзема при Совмине от 02.09.2003 N 10, от 02.05.2005 N 15, от 20.04.2006 N 13,**

Госкомитета по имуществу от 27.07.2006 N 16, от 11.01.2008 N 1) контролем измерений служит сходимость координат в пределах графической точности масштаба кадастрового плана. В качестве окончательных координат принимают их среднее значение или значение, полученное из совместного уравнивания всех результатов измерений.

**80.** Средняя погрешность положения межевых знаков относительно ближайших пунктов государственной геодезической сети и сетей сгущения, а также пунктов, определенных спутниковыми методами, не должна быть больше 0,10 мм в масштабе создаваемого кадастрового плана на застроенной территории и в открытой местности и 0,15 мм - в закрытой растительностью местности.

**81.** При опознавании устанавливаемых или восстанавливаемых границ на фотоплане (плане) средняя погрешность положения межевых знаков и закрепленных точек границ земельных участков относительно бесспорно опознанных смежных объектов и элементов ситуации допускается не более 0,20 мм в масштабе плана для равнинной и 0,25 мм - для пересеченной местности.

При непосредственном определении границ на фотоплане (плане) способом промеров от четких контуров средняя погрешность положения точек поворота границ земельных участков относительно четко выраженных контуров ситуации допускается не более 0,30 мм для равнинной и 0,40 мм - для пересеченной местности.

Межевой план представляет собой документ, который составляется на основе кадастрового плана соответствующей территории или кадастровой выписки о соответствующем земельном участке и в котором воспроизведены определенные внесенные в государственный кадастр недвижимости сведения и указаны сведения об образуемых земельном участке или земельных участках, либо о части или частях земельного участка, либо новые, необходимые для внесения в государственный кадастр недвижимости сведения о земельном участке или земельных участках.

Межевой план состоит из графической и текстовой частей. В графической части межевого плана воспроизводятся сведения кадастрового плана соответствующей территории или кадастровой выписки о соответствующем земельном участке, а так же указываются местоположение границ образуемого земельного участка или земельных участков, либо границ части или частей земельного участка, либо уточняемых границ земельных участков, доступ к образуемым земельным участкам (проход или проезд от земельных участков общего пользования), в том числе путем установления сервитута.

К графической части межевого плана относятся схема геодезических построений, схема расположения земельных участков и их частей, чертежи земельных участков и их частей, абрисы узловых точек границ земельных участков.

В текстовой части межевого плана указываются необходимые для внесения в государственный кадастр недвижимости сведения о земельном участке или земельных участках, а также сведения о согласовании местоположения границ земельных участков в форме акта согласования местоположения таких границ.

Погрешности определения координат и взаимного положения точек поворота фиксированных границ земельных участков (таблица 8.1.).

Таблица 8.1.

Территория, масштаб	Средняя погрешность определения на местности координат точек поворота относительно ближайших пунктов государственной геодезической сети, м	Предельная погрешность определения на местности координат точек поворота относительно ближайших пунктов государственной геодезической сети, м	Средняя квадратическая погрешность определения на местности координат точек поворота относительно ближайших пунктов государственной геодезической сети, м	Предельная погрешность определения длин линий фиксированной границы земельного участка, м	Предельное допустимое расхождение точек поворота фиксированных границ смежных земельных участков, установленных геодезическим способом, м	Предельная относительная погрешность определения площади	Допустимая относительная невязка инструментального хода
Земли в границах г. Минска и областных центров, земли промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иных назначений (М 1:500)	0,05	0,10	0,07	0,20	0,07	1:1000	1:3000

8. Геодезическое обеспечение кадастровых и землеустроительных работ

Территория, масштаб	Средняя погрешность определения на местности координат точек поворота относительно ближайших пунктов государственной геодезической сети, м	Предельная погрешность определения на местности координат точек поворота относительно ближайших пунктов государственной геодезической сети, м	Средняя квадратическая погрешность определения на местности координат точек поворота относительно ближайших пунктов государственной геодезической сети, м	Предельная погрешность определения длин линий фиксированной границы земельного участка, м	Предельное допустимое расхождение точек поворота фиксированных границ смежных земельных участков, установленных геодезическим способом, м	Предельная относительная погрешность определения площади	Допустимая относительная невязка инструментального хода
Земли в границах других городов и поселков городского типа, сельских населенных пунктов, садовых товариществ, дачных кооперативов (М 1:2000)	0,20	0,40	0,28	0,40	0,28	1:700	1:2000
Территории не указанные в строках 1-2 (М 1:10 000)	1,00	2,00	1,40	2,00	1,40	1:300	1:1000

## 9. Геодезические работы в транспортном строительстве

### 9.1. Общие сведения об автомобильных дорогах

Основные требования, предъявляемые к дорожным трассам – это плавность и безопасность движения с заданными скоростями.

Поэтому на железных и автомобильных дорогах строго регламентируются максимальные (руководящие) уклоны и минимальные радиусы кривизны.

Категории а/д (по расчетной перспективной интенсивности движения):

I (а и б) > 7 000 авто/сутки

II от 3 000 до 7 000 а/с

III от 1 000 до 3 000 а/с

IV от 100 до 1 000 а/с

V до 100 а/с

- I-а -магистральные а/д государственного значения – многополосные с разделительными полосами, с пересечениями а /д и ж/д любого значения в разных уровнях – с путепроводами и тоннелями.
- I-б и II – а/д государственного, республиканского, областного(краевого) значения с пересечениями в разных уровнях с а/д II и III категории с ж/д. а/д I -б – многополосные с разделительными полосами, II – двухполосные без разделительных полос.
- а/д III и IV категории - двухполосные республиканского, областного (краевого)и местного значения.

Комплекс сооружений а/д:

- развязки движения в разных уровнях с путепроводами и эстакадами;
- мостовые переходы (большие и средние мосты и регуляционные сооружения; малые мосты, трубы, насыпи, кюветы, лотки, канавы, дренаж);
- сооружения инженерного обустройства (остановки, площадки отдыха, знаки, разметка, ограждения, освещение, лесонасаждения);

- здания и сооружения автотранспортной службы V категории – местного значения с 1-2 полосами.

А/Д имеет 3 проекции: план, продольный и поперечный профили.

Трасса – ось а/д. План трассы (рис. 9.1) – проекция оси трассы а/д на горизонтальную плоскость – ломаная линия с вписанными в УП круговыми кривыми.

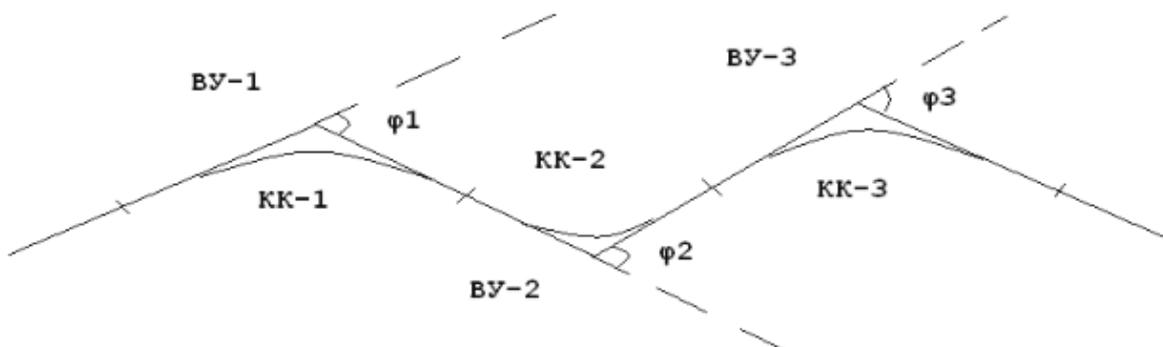


Рис. 9.1. План трассы

Элементы круговой кривой: Т – тангенс, К – длина кривой, Б – биссектриса, Д – домер.

Простые закругления (**круговые кривые**) (рис. 9.1) применяют при больших R:  $R > 3000$  м на а/д I категории; при  $R > 2000$  м на а/д II – V категории.

Главными точками круговой кривой являются (рис. 9.2):

начало круговой кривой (НК), конец круговой кривой (КК) и середина круговой кривой (СК).

Элементы круговой кривой:

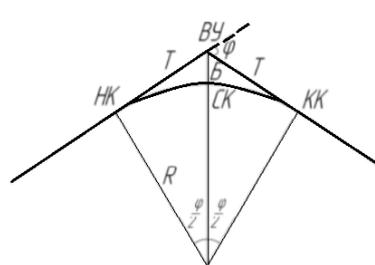
- угол поворота трассы ( $\varphi$ );
- радиус круговой кривой (R);
- тангенс Т - расстояние от вершины

угла поворота (ВУ) до начала или конца кривой;

- длина кривой, расстояние от ее начала до ее конца (К);

– биссектриса (Б) - расстояние от вершины угла поворота до середины кривой;

– домер, показывающий, на сколько путь от начала до конца кривой по касательной больше, чем по кривой (Д).



$$T = R \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$$

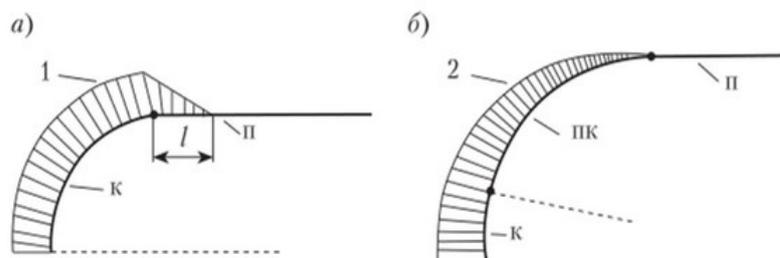
$$K = \frac{\varphi \pi R}{180}$$

$$D = 2T - K$$

$$B = \frac{R}{\frac{1}{\cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)} - 1}$$

Рис. 9.2. Круговая кривая

При переходе с прямолинейного участка на криволинейный на автомобиль теоретически мгновенно, а практически в пределах участка длиной  $l$  (рис. 9.3 а) начинает действовать **центробежная сила**.



а — при непосредственном сопряжении прямой и круговой кривых; б — при введении переходной кривой; П — прямая; К — круговая кривая; ПК переходная кривая; 1 эпюра центробежной силы без переходной кривой; 2 эпюра центробежной силы при наличии переходной кривой

Рис. 9.3. Переход с прямолинейного участка на криволинейный

Выход: сопряжение прямых участков а/д с круговыми кривыми (КК) **переходными кривыми** (ПК). Длина переходной кривой требуется тем большая, чем выше скорость движения и меньше радиус кривой.

## 9.2. Общие сведения о железных дорогах

Таблица 9.1.

Категория железнодорожных линий	Назначение железных дорог	Расчетная годовая приведенная грузонапряженность нетто в грузовом направлении на десятый год эксплуатации, млн. т./км
Скоростные	Железнодорожные магистральные линии для движения пассажирских поездов со скоростями свыше 160 до 200 км/ч	-
Особогрузонапряженные	Железнодорожные магистральные линии для большого объема грузовых перевозок	Свыше 50
I	Железнодорожные магистральные линии	Свыше 30 до 50
II	Железнодорожные магистральные линии	Свыше 15 до 30

Категория железнодорожных линий	Назначение железных дорог	Расчетная годовая приведенная грузонапряженность нетто в грузовом направлении на десятый год эксплуатации, млн. т./км
III	Железнодорожные магистральные линии	Свыше 8 до 15
IV	Железнодорожные линии	До 8
IV	Внутристанционные соединительные и подземные пути	Независимо от грузонапряженности

Максимальные скорости движения пассажирских поездов предусматриваются: на скоростных линиях — до 200 км/ч, на особо-грузонапряженных линиях — до 120 км/ч (при соответствующем обосновании допускается скорость свыше 120 км/ч но не более 160 км/ч), на линиях I и II категорий — до 160 км/ч, III категории — до 120 км/ч и IV категории — до 80 км/ч (таблица 9.1.).

Действие центробежной силы неблагоприятно сказывается на комфортабельности езды пассажиров по железной дороге, а также боковом износе наружной рельсовой нити.

Центробежная сила создает опрокидывающий момент и одновременно прижимает колеса к наружному рельсу (рис. 9.4).

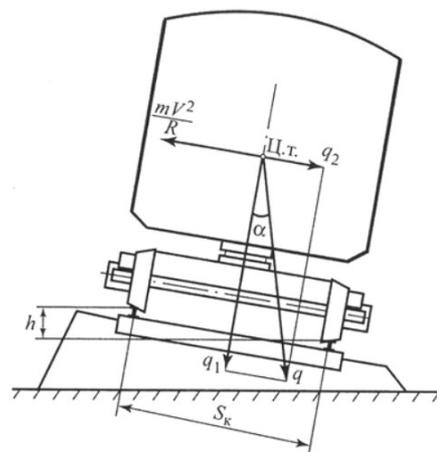


Рис. 9.4. Опрокидывающий момент

Для уравновешивания центробежной силы наружному рельсу придается возвышение  $h$  над внутренним рельсом, что создает горизонтальную составляющую силу тяжести (9.1.):

$$q_2 = q \operatorname{tg} \alpha = \frac{qh}{S_k} = \frac{mV^2}{R} \quad (9.1.)$$

направленную противоположно центробежной силе.

где,  $m$  – масса экипажа (кг),  
 $v$  – скорость движения (м/с);  
 $R$  – радиус кривой (м).

Максимальная величина возвышенности наружного рельса  $h$  ограничена условиями не опрокидывания подвижного состава и определена отечественными нормативными документами на уровне  $h_{\max} = 150$  мм.

Практически возвышение наружного рельса в пределах криволинейного участка обеспечивается большей толщиной балластного слоя под шпалами под наружной рельсовой нитью.

Непосредственное сопряжение прямых участков пути с круговой кривой приводит к тому, что во время движения поезда в направлении от прямого участка пути к кривой в месте сопряжения внезапно возникает центробежная сила.

Для плавного перехода подвижного состава из прямой в круговую кривую или из круговой кривой одного радиуса с другим возвышением в круговую кривую другого радиуса с другим возвышением наружного рельса устраиваются переходные кривые (рис. 9.5), в пределах которых условия движения экипажей не должны испытывать резких изменений.

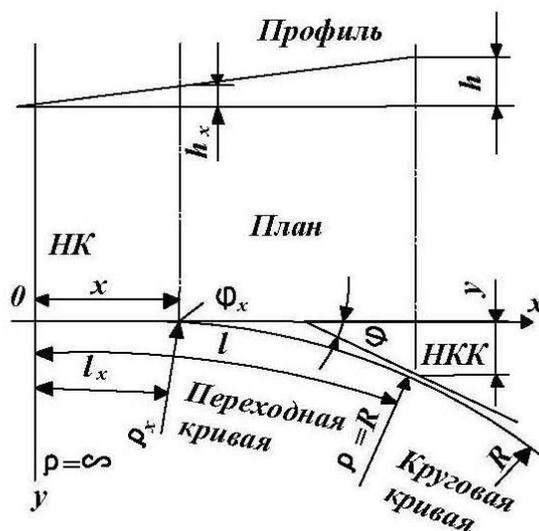


Рис. 9.5. Переходная кривая

В начале переходной кривой ее радиус должен быть бесконечно большим, чтобы это начало сливалось с прямой. В конце переходной кривой ее радиус должен быть равен радиусу примыкающей круговой кривой.

На всем протяжении переходной кривой ее радиус должен непрерывно изменяться, кроме этого, на протяжении переходной кривой должен осуществляться постепенный подъем наружной нити рельсов, и по этой причине переходная кривая имеет пространственную кривизну как в плане, так и в профиле.

### 9.3. Инженерно-технические изыскания автомобильных дорог

Состав и объем инженерно-геодезических изысканий железных и автомобильных дорог должны устанавливаться программой изысканий в соответствии со стадией проектирования, природными условиями и характером проектируемого объекта.

В состав инженерно-геодезических изысканий входят:

- сбор и анализ имеющихся топографо-геодезических материалов на район (участок) изысканий;
- камеральное трассирование и выбор конкурентоспособных вариантов проектных решений для полевых изысканий и обследований;
- создание планово-высотной геодезической основы;
- топографическая съемка местности в масштабах 1:5000 - 1:500, включая съемку подземных и надземных сооружений и коммуникаций, пересечений линий электропередач (ЛЭП), линий связи (ЛС) и магистральных трубопроводов;
- полевое трассирование линейных сооружений;
- специальные работы (съемки плана существующего железнодорожного пути, продольных и поперечных профилей, наружные обмеры зданий, сооружений и устройств, координирование основных элементов сооружений, определение полных и полезных длин железнодорожных путей на станциях, габаритов приближений строений, типов рельсов и т.п.);
- геодезическое обеспечение инженерно-геологических и инженерно-гидрометеорологических изысканий;
- составление и размножение инженерно-топографических планов, создание цифровых моделей местности (ЦММ).

Работы, выполняемые при инженерно-геодезических изысканиях железных и автомобильных дорог, следует проводить, как правило, в три этапа: подготовительный, полевой и камеральный.

В подготовительный этап должны быть выполнены: сбор, анализ и обобщение имеющихся картографических, геодезических и других материалов на район изысканий; проектные проработки, необходимые для выбора конкурентоспособных вариантов трассы или проектных решений для полевых изысканий и обследований; работы по организации полевых изысканий (участие, совместно с заказчиком, в подготовке задания на проектирование, составление программы инженерно-геодезических изысканий\*, определение и согласование с заказчиком цены на выполнение изысканий, получение разрешения на производство работ, формирование и оснащение полевых подразделений и т.п.).

В полевой этап подлежат выполнению комплекс топографо-геодезических работ и обследований, предусмотренных программой изысканий, а также необходимый объем камеральных работ для обеспечения контроля качества, полноты и точности выполняемых работ.

В камеральный этап должны быть выполнены: окончательная обработка полевых материалов, оформление всех графических и текстовых материалов, составление технических отчетов, сдача материалов изысканий в архив.

Заказчику (по его требованию) передается технический отчет с приложениями. Органам, производившим регистрацию работ, передается картограмма выполненных работ.

#### **9.4. Способы разбивки круговых кривых**

В зависимости от радиуса кривой, рельефа местности, природных условий, наличия приборов применяются различные способы детальной разбивки кривых. Область применения каждого способа определяется требованием к точности разбивки и условиям производства работ.

##### **1. Способ прямоугольных координат от тангенсов (рис. 9.6)**

В системе координат с началом в точке НК или КК за ось абсцисс принимается линия тангенса от начала или конца кривой к вершине угла

поворота, а за ось ординат – перпендикулярное к оси  $x$  направление так, чтобы ось  $y$  была направлена в сторону центра кривой.

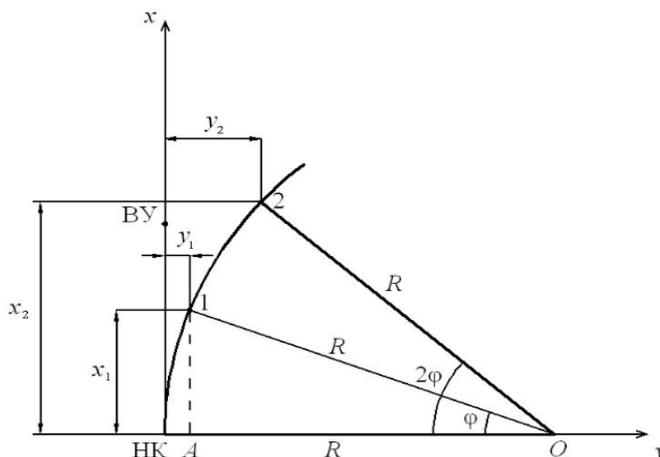


Рис. 9.6. Способ прямоугольных координат от тангенсов

## 2. Способ углов и хорд (рис. 9.7)

В этом способе в качестве исходной величины задается длина хорды  $S$  между выносимыми точками 1, 2, 3, ... , она не должна превышать длины мерного прибора (обычно 10 или 20 м). Положение точек на кривой определяется пересечением направления, задаваемого теодолитом, с отрезком хорды, откладываемым рулеткой

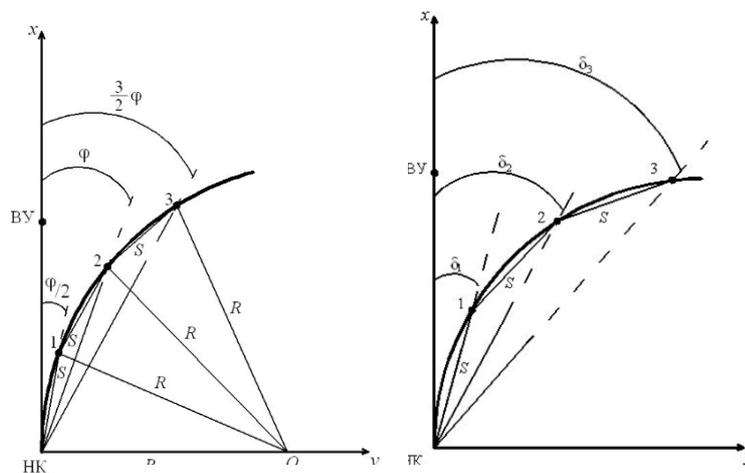
При реализации этого способа используются разбивочные углы. Для круговой кривой из треугольника с вершинами  $O$ ,  $HK$ , 1 на основе теоремы косинусов запишем (9.2.):

$$S^2 = 2R^2(1 - \cos\varphi) = 4R^2 \sin^2(\varphi/2) \quad (9.2.)$$

Откуда (9.3.)

$$\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) = \frac{S}{2R} \quad (9.3.)$$

Для разбивки круговой кривой теодолит устанавливают в точке  $HK$  и ориентируют по направлению тангенса. После построения угла  $\frac{\varphi}{2}$  по этому направлению откладывают длину хорды, получая первую точку на кривой.



а) круговая кривая б) переходная и круговая кривая.

Рис. 9.7. Способ углов и хорд

### 3. Способ продолженных хорд

В этом способе в качестве исходной величины задается длина хорды  $S$  между выносимыми точками 1, 2, 3,... . При разбивке круговых кривых для нахождения первой точки по направлению тангенса из НК откладывают принятую длину хорды  $S$  и фиксируют точку 1'

Затем линейной засечкой радиусами  $S$  и  $d_0 = \frac{S^2}{2R}$  определяют положение точки 1.

Для получения следующей точки протягивают ленту по направлению створа НК-1 и шпилькой закрепляют положение точки 2' на расстоянии  $S$  от точки 1. Точка 2 определяется линейной засечкой из точек 1 и 2' радиусами  $S$  и  $d = \frac{S^2}{R}$ ;

Вновь протягивают ленту по направлению створа 1-2 и, откладывая расстояние  $S$ , получают точку 3'. Из точек 2 и 3' в пересечении дуг радиусов  $S$  и  $d$  определяют положение точки 3 и т.д.

### 9.5. Инженерно-технические изыскания мостовых переходов

Геодезические работы на мостовых переходах выполняют в процессе изысканий, строительства и эксплуатации. При изысканиях производят:

- трассирование по всем вариантам трассы для выбора оптимального места мостового перехода;
- съёмку участка мостового перехода для составления генерального плана;
- определение длины мостового перехода, привязку опор к пикетажу трассы.

Для обеспечения строительства необходимо:

- создать геодезическую разбивочную планово-высотную основу;
- выполнить разбивку опор моста;
- обеспечить монтаж пролётных строений в геодезическом отношении;
- выполнить контроль качества строительства и исполнительные съёмки;

- вести натурные наблюдения за деформациями элементов мостового перехода в период строительства.

В эксплуатационный период необходимо:

- вести наблюдения за деформациями конструкций моста;
- периодически производить топографические съёмки мостового перехода для оценки динамики русловых процессов и возможных движений земной поверхности, влияющих на эксплуатационные характеристики сооружения.

В процессе изысканий определяют длину мостового перехода между двумя точками, расположенными на противоположных берегах в незатопляемых местах. На рисунке 9.9 это расстояние – между точками А и В, которое используется для аналитической привязки проекта мостовых сооружений к исходным пунктам и пикетажу трассы.

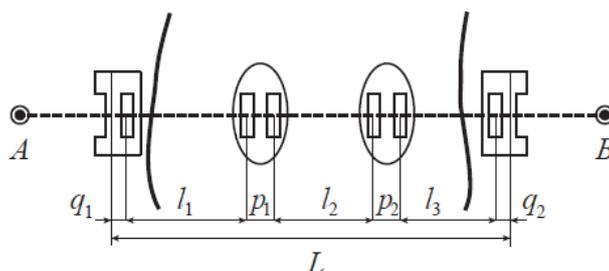


Рис. 9.9. Инженерно-технические изыскания мостовых переходов

Точность измерения в натуре общей длины  $L$  моста определяется классом и необходимой точностью сооружения моста (9.4.).

$$L = \sum_{i=1}^n l_i + \sum_{i=1}^{n-1} p_i + (q_1 + q_2) \quad (9.4.)$$

где,  $l_i$  – расчётная длина пролётного строения;

$p_i$  – расстояние между осями опорных частей смежных пролётных строений;

$q_i$  – расстояние от осей опорных частей до шкафных стенок береговых устоев;

$n$  – число пролётов моста.

Геодезическая разбивочная сеть мостового перехода строится в соответствии с основным принципом геодезических построений – переходом от общего к частному. От всеохватывающих точных построений (на всём строительном объекте, мостовом переходе) последовательно производят локальные, частные построения (разбивки опор, конструкций). Таким

образом, разбивочная сеть является общей основой разбивки моста, она должна обеспечить контроль разбивочных работ на всех стадиях строительства.

В зависимости от конкретных условий строительства и от наличия соответствующих геодезических приборов плановая разбивочная сеть мостового перехода может быть выполнена в виде триангуляционных, линейно-угловых построений или полигонометрии. Сегодня всё чаще схемы разбивочных сетей реализуются на основе спутниковых определений и в комбинации с традиционными технологиями. Иногда в качестве геодезической разбивочной основы принимают закреплённую ось моста и параллельные ей створы, если разбивка опор моста может быть выполнена по оси сооружения светодальномером или электронным тахеометром.

Разбивочную сеть создают в частной системе координат. Одну из координатных осей (чаще ось  $x$ ) совмещают с осью мостового перехода. Координаты одного из пунктов, лежащих на этой оси, задают исходя из условия положительности координат всех пунктов. Предельная ошибка положения пунктов разбивочной сети относительно исходного равна 6 мм. Для подавляющего большинства случаев это требование является несколько завышенным. Поэтому считается целесообразным рассчитывать точность разбивочной сети в каждом конкретном случае, исходя из требований к конечным результатам.

### **9.6. Геодезическая разбивочная основа для мостовых переходов**

Мостовая триангуляция - этот вид геодезических построений, весьма популярный во времена, когда отсутствовали спутниковые определения, а высокоточные линейные измерения производились очень сложными и дорогостоящими способами, сегодня потерял своё значение, уступив место современным электронным методам и средствам высокоточных измерений и координатных определений.

Типовой фигурой мостовой триангуляции (рис. 9.10) является сдвоенный геодезический четырёхугольник и геодезический четырёхугольник.

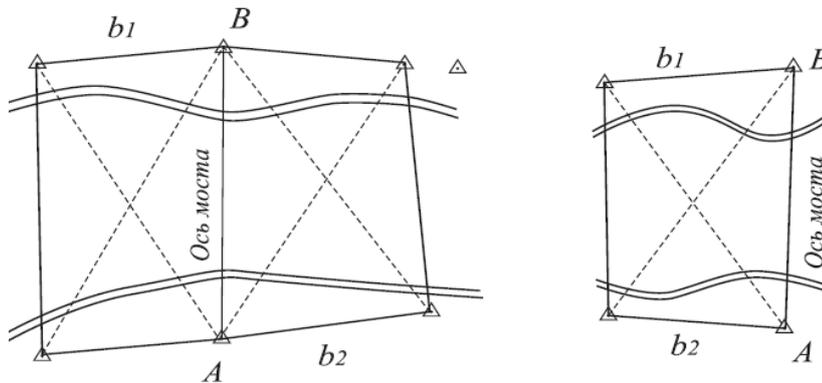


Рис. 9.10. Мостовая триангуляция

**Линейно-угловая сеть (рис. 9.11)**

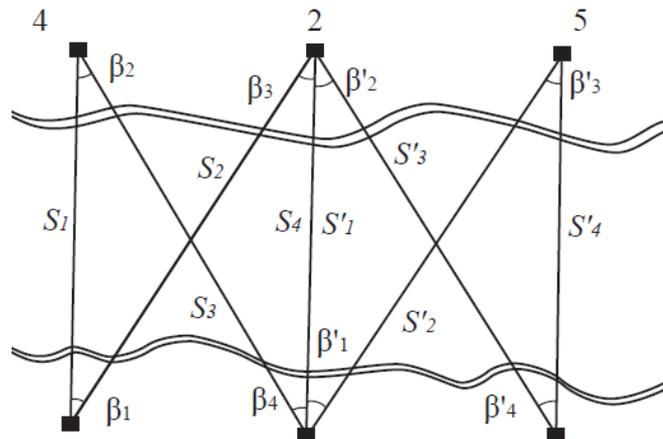


Рис. 9.11. Линейно-угловая сеть

В связи с широким внедрением в геодезическое производство точных электронных тахеометров для разбивки мостовых переходов всё чаще стали применяться специальные линейно-угловые построения.

Типовой фигурой таких сетей является так называемый базовый треугольник  $1.2.3.4.$ , в котором измерены четыре стороны и углы при вершинах.

Такие сети обладают рядом достоинств. Отсутствие направлений вдоль берегов позволяет измерять углы в примерно одинаковых внешних условиях и уменьшает влияние боковой рефракции. Взаимная видимость между пунктами сети обеспечивается без постройки высоких знаков.

### Спутниковые сети на мостовых переходах (рис. 9.12)

В качестве базовой станции выбирают ближайший пункт или несколько пунктов ГГС. Надёжно закрепив точки  $A$  и  $B$ , определяют их координаты как роверных пунктов относительно базовой (референцной) станции.

Контроль координатных определений можно выполнить прямым промером расстояния  $AB$  электронным тахеометром.

Однако этого может оказаться недостаточным.

В таких случаях при построении каркасной сети из спутниковых определений действующие нормативные документы требуют построения 3 спутниковых пунктов с взаимной видимостью, что позволяет произвести контроль определений координат прямым измерением расстояний между пунктами, а также горизонтальных углов фигуры.

### Полигонометрические сети (рис. 9.13)

При строительстве моста или путепровода на сравнительно сухой пойме или суходоле разбивочная сеть может быть создана в виде полигонов. Все пункты в такой сети являются узлами.

При построении полигонометрии активно используются электронные тахеометры, позволяющие производить линейные измерения с высокой точностью (2 – 3 мм). Углы в ходах измеряют с погрешностями не хуже 2 - 3".

На больших мостовых переходах разбивочная основа может быть построена из сочетания спутниковой сети и полигонометрических ходов. При этом пункты спутниковой сети располагают в качестве магистрального хода вдоль

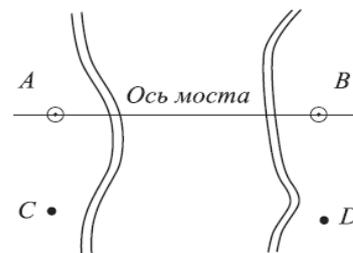


Рис. 9.12. Спутниковые сети на мостовых

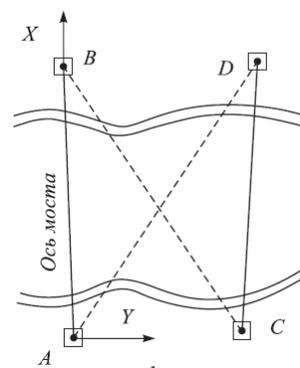


Рис. 9.13. Сеть полигонометрии

оси трассы. Сгущение сети на мостовом переходе производят полигонометрическими ходами.

### 9.7. Высотная геодезическая сеть на мостовых переходах

Высотную геодезическую сеть на мостовом переходе создают ещё в период изысканий для обеспечения высотами топографических съёмок, для производства разбивочных работ и контрольных наблюдений в период строительства и эксплуатации моста. Грунтовые реперы, заложенные на стадии изысканий, служат исходной основой для передачи высот на опоры и устой моста. Погрешности высот постоянных реперов не должны превышать 3 мм, для временных реперов – 5 мм. Это требование обеспечивается нивелированием III класса.

При ширине реки 300 – 500 м для сокращения расстояний до реек используют имеющиеся острова, отмели или забивают в дно на середине реки сваю для установки реек. На речную точку на свае передают отметку с каждого берега при нескольких установках нивелира. Работы выполняют синхронно при одновременной установке трёх реек – на свае и двух реперах. При ширине реки до 300 м распространение получил метод двойного геометрического нивелирования

#### Метод двойного геометрического нивелирования (рис. 9.14)

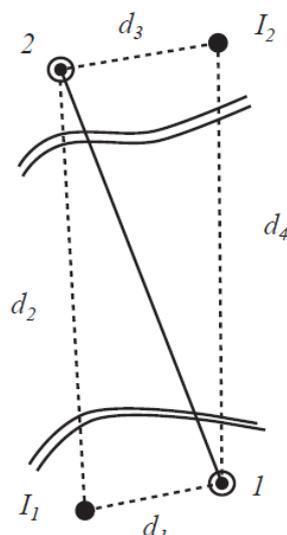


Рис. 9.14. Метод двойного геометрического нивелирования

На обоих берегах примерно на одной высоте закладывают реперы  $I_1$  и  $I_2$ . Для ослабления влияния рефракции нивелирование целесообразно выполнять одновременно двумя нивелирами с противоположных берегов, меняя затем их местами.

Нивелиры  $I_1$  и  $I_2$  устанавливают на одинаковом расстоянии от реперов так, чтобы  $d_1 = d_3$  и  $d_2 = d_4$ .

Приведя нивелиры в рабочее положение, производят отсчёты по ближней рейке и по рейке на противоположном берегу, что составляет приём. Среднее значение превышений в приёме будет свободно от погрешностей, вызванных наличием угла  $i$ . Количество приёмов устанавливают не менее двух. Расхождение между приёмами не должно превышать 10 мм. Затем нивелиры меняют местами. За окончательное значение превышения между реперами берут среднее из измерений.

С широким внедрением в практику инженерно-геодезических работ электронных тахеометров для передачи отметок через водные пространства всё чаще используют метод тригонометрического нивелирования.

Естественно, процесс передачи высот тригонометрическим нивелированием в сравнении с приведёнными выше методами представляется более привлекательным по своей простоте и доступности. Однако метод не так прост, как это может показаться на первый взгляд. Все проблемы метода тригонометрического нивелирования заключаются в неоднозначности коэффициента земной рафракции, под которым понимают отношение радиуса  $R$  земного эллипсоида к радиусу  $Rl$  кривизны визирного луча на измеряемой дистанции. При этом предполагается, что обе кривые располагаются в одной вертикальной плоскости и траектория визирного луча представляет собой дугу окружности радиуса  $Rl$ . Понятно, что это гипотетические допущения, а в действительности путь луча в атмосфере будет определяться случайными процессами распределения температурных полей, плотности и других показателей состояния атмосферы.

## 10. Геодезические работы при строительстве тоннелей и подземных сооружений

### 10.1. Виды тоннелей.

**Тоннелем** называют горизонтальное или наклонное подземное искусственное сооружение, предназначенное для транспорта, пропуска воды, размещения коммуникаций и других целей, длина которого обычно значительно превышает поперечные размеры.

Наибольшее распространение имеют **тоннели на путях сообщения**, к которым относят: тоннели метрополитенов, железнодорожные, автодорожные, судоходные и пешеходные тоннели, а также тоннели для нескольких видов транспорта.

**К гидротехническим тоннелям**, предназначенным для перемещения больших объемов воды, относят тоннели гидроэлектростанций, подводящие воду к турбинам и отводящие ее после использования, тоннели водоснабжения, подающие воду для населенных пунктов (иногда на расстояние в десятки километров), тоннели, используемые для улучшения земель (ирригационные и мелиоративные).

**Коммунальные тоннели** являются существенным элементом хозяйства современного города. Это подземные водостоки, к которым относятся целые реки, заключенные в трубы, водопроводные и канализационные тоннели, а также коллекторы, служащие для размещения подземных городских сетей (силовых и телефонных кабелей, газопроводов, водопроводных магистралей и т.п.). В перспективе — это тоннели-каналы глубокого заложения.

**Горнопромышленные тоннели** обслуживают предприятия, добывающие полезные ископаемые.

К тоннелям специального назначения относят подземные оборонные сооружения, а также подземные электростанции, гаражи и т.п.

## 10.2. Основная терминология

Искусственно образованную в земной коре полость, предназначенную для размещения тоннеля или для вспомогательных строительных целей, называют выработкой. По положению в пространстве выработки делят на:

- горизонтальные,
- наклонные,
- вертикальные.

Горизонтальная, или наклонная, выработка делится на две части (рис. 10.1): верхнюю сводчатую — калотту и нижнюю — штроссу — и ограничивается сверху кровлей, снизу — подошвой и с боков — стенами. Торец выработки, в котором разрабатывают породу, носит название забоя.

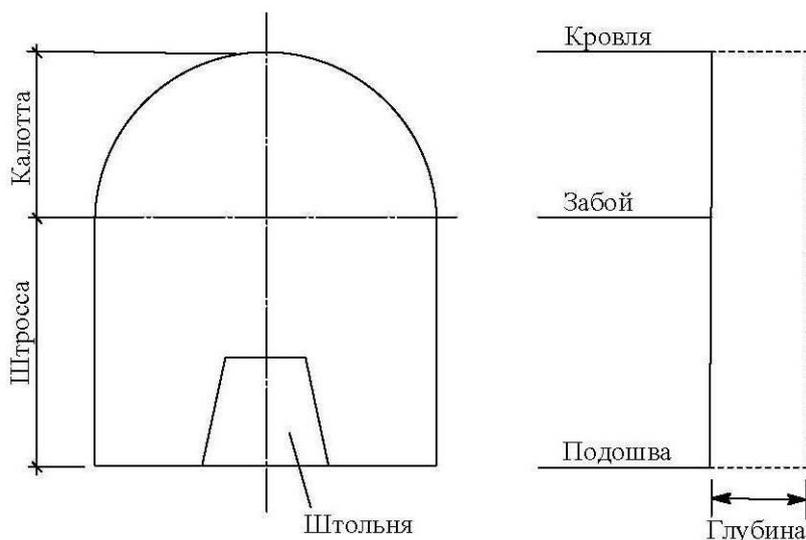


Рис. 10.1. Части горизонтальной выработки

Вертикальные выработки, имеющие выход на дневную поверхность и предназначенные для обслуживания подземных работ, а также для целей вентиляции, носят название стволов (рис. 10.2).

Верхняя часть 2 ствола 3 — устье. В нижней части ствола расположена околовствольная выработка 4, используемая для соединения ствола с подходными штольнями 1 и размещения транспортных и других устройств, а также водосборник (зумпф) 5.

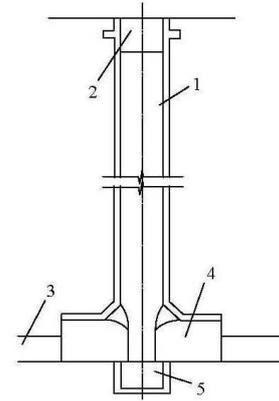


Рис. 10.2. Стволы

Конструкция тоннеля, называемая обделкой, в общем случае состоит из верхнего свода 1, стен 2 и обратного свода 3. В некоторых случаях ограничиваются верхним сводом и стенами или даже одним верхним сводом. В зависимости от степени застройки поверхности, глубины и инженерно-геологических условий заложения тоннеля для его сооружения применяют открытый или закрытый способ работ.

При открытом способе с поверхности (рис. 10.3) раскрывают котлован глубиной до 15 м с вертикальными стенами, поддерживаемыми временным ограждением, или с откосами, в котором сооружают конструкцию тоннеля с последующей обратной засыпкой и восстановлением поверхности.

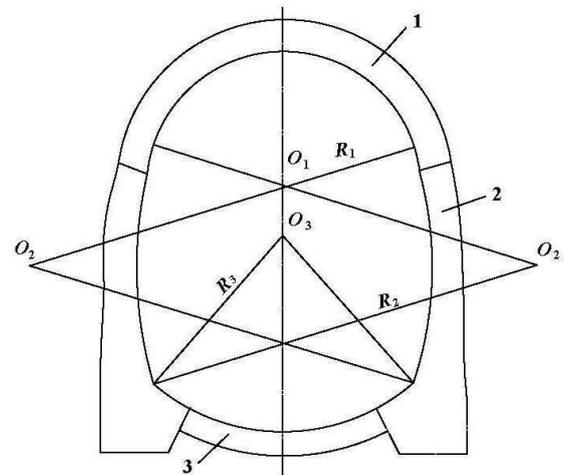


Рис. 10.3. Открытый способ работ

Разновидностью открытого способа работ является сооружение подводных тоннелей опусканием в выполненный подводным землечерпанием котлован заранее приготовленных на поверхности секций тоннеля, которые после стыкования засыпают грунтом с планировкой дна водотока (способ опускных секций).

При закрытом способе разработку породы (проходку) и возведение обделки выполняют без нарушения земной поверхности через стволы шахт или входные участки тоннеля (порталы). При этом в зависимости от конкретных условий применяют горный или щитовой способ. В настоящее время широкое распространение получил закрытый способ сооружения тоннелей мелкого заложения.

Горный способ заключается в разработке всего сечения выработки за один прием или по частям с заменой при необходимости вынимаемой породы временной крепью.

При щитовом способе (рис. 10.4) в качестве временной крепи применяют стальной цилиндр — щит, имеющий диаметр, несколько больший чем тоннельная обделка

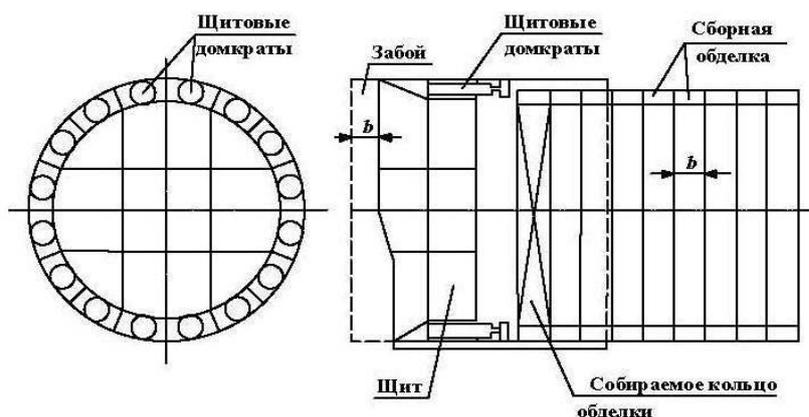


Рис. 10.4. Щитовой способ

Для рационального и экономичного выбора положения тоннеля и обеспечения его постройки в соответствии с проектом выполняют следующие геодезические работы:

1. топографические съемки крупного масштаба, необходимые для построения геологического разреза и окончательного выбора трассы тоннеля;
2. наземные триангуляция, полигонометрия и нивелирование, составляющие геодезическую основу всех съемочных и разбивочных работ;

3. ориентировки подземных выработок через порталы, стволы шахт, наклонные тоннели и скважины с целью переноса направления оси тоннеля в подземную выработку;

4. подземные полигонометрия и нивелирование, служащие для закрепления оси тоннеля и разбивки его поперечных сечений.

### 10.3. Геодезическая основа при строительстве тоннеля

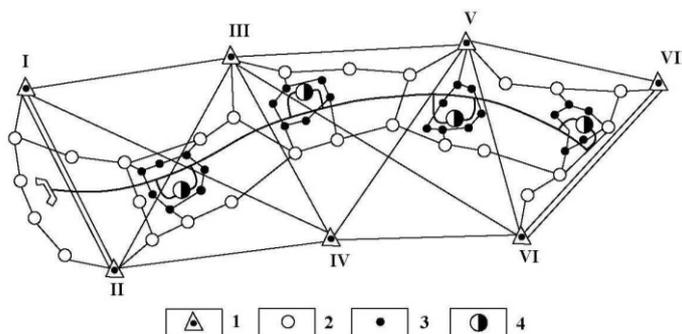
Плановой геодезической основой при строительстве тоннелей служит сеть триангуляции, опирающаяся на пункты государственной триангуляции III класса. Тоннельная триангуляция состоит из треугольников, длины сторон которых назначают в зависимости от эквивалентной длины тоннеля, определяемой по формуле (10.1.):

$$L_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{Ll} \quad (10.1.)$$

где,  $L$  — действительная длина тоннеля;

$l$  — максимальное расстояние между встречными забоями.

Общая схема планового геодезического обоснования на поверхности, создаваемого для сооружения тоннелей метрополитена (рис. 10.5).



*1 — пункт триангуляции; 2 — пункт основной полигонометрии; 3 — пункт подходной полигонометрии; 4 — ствол шахты.*

Рис. 10.5. Общая схема планового геодезического обоснования на поверхности, создаваемого для сооружения тоннелей метрополитена

Пункты триангуляции размещают за пределами полосы возможных осадок поверхности таким образом, чтобы от каждого входа в тоннель была обеспечена видимость не менее двух пунктов, находящихся на расстоянии более 200 м от входа.

Для передачи с поверхности под землю координат и направлений необходимо, чтобы точки геодезической основы находились в непосредственной близости от входов в подземную выработку (рис. 10.6).

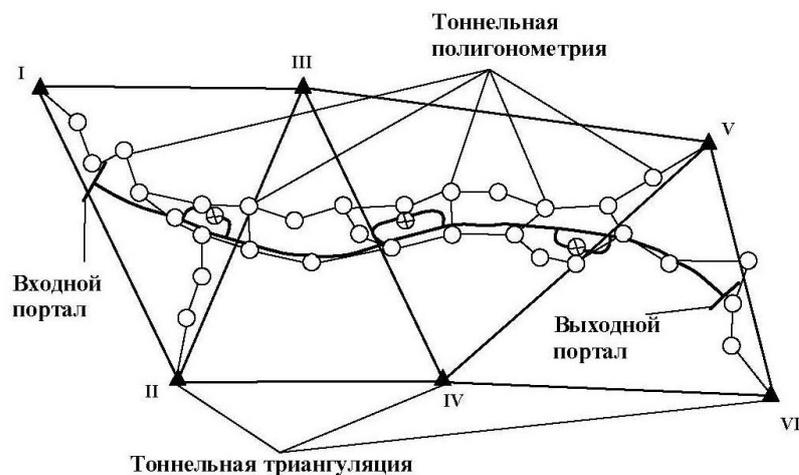


Рис. 10.6. Расположение точек геодезической основы

Это может быть обеспечено с помощью ходов подходной полигонометрии, опирающихся на пункты основной полигонометрии и имеющих длину не более 300 м. Длины сторон ходов принимают равными 30—150 м.

Высотной геодезической основой при строительстве тоннелей служат ходы нивелирования II разряда, прокладываемые вдоль трассы и опирающиеся на марки и реперы высшего разряда или пункты нивелирной основы, созданной при изысканиях железнодорожной линии или другого инженерного сооружения. В состав ходов обязательно включают пункты триангуляции и полигонометрии (таблицы 10.1. и 10.2.).

Таблица 10.1.

Требования к точности тоннельной триангуляции

Разряд	Длина тоннеля, км	Длина сторон, км	Средние квадратические погрешности			
			Измерения углов, "	Исходной стороны	Слабой стороны	Дирекционного угла, "
1	>8	4-10	0,7	1:400 000	1:200 000	1,5
2	5-8	2-7	1,0	1:300 000	1:150 000	2,0
3	2-5	1,5-5	1,5	1:200 000	1:120 000	3,0
4	1-2	1-3	2,0	1:150 000	1:70 000	4,0

Таблица 10.2.

## Требования к точности тоннельной полигонометрии

Разряд полигонометрии	Длина тоннеля, км	Длина хода полигонометрии, км	Средние квадратические погрешности измерения углов	
			По оценке станции	По многократным измерениям и по невязкам ходов
1	>8	3-10	0,4	0,7
2	5-8	2-7	0,7	1,0
3	2-5	1,5-5	1,0	1,5
4	1-2	1-3	1,5	2,0

**10.4. Способы ориентирования подземных горных выработок.**

Ориентировка подземной выработки заключается в передаче в нее с дневной поверхности координат и дирекционного угла.

Из всех элементов особенно точно должен быть определен дирекционный угол (рис. 10.7). Ошибка в вычислении координат начального пункта подземной съемки на всем протяжении хода будет одна и та же. И если по абсолютной величине эта ошибка небольшая, то она не повлияет на результат дальнейших съемок.

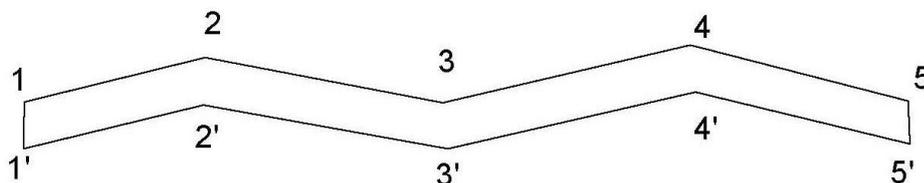


Рис. 10.7. Определение дирекционного угла

Ошибка в определении дирекционного угла первого стана подземной съемки по мере удаления от начального пункта будет все более возрастать.

Ошибка дирекционного угла  $\theta = 10'$  даст линейную ошибку положения последней точки полигона, удаленной от начального пункта на расстояние 2500 м, равную 7,25 м

$$f = L \operatorname{tg} \theta = 2500 * 0.002909 = 7.25 \text{ м.}$$

Соединительные съемки в настоящее время производятся гироскопическим и геометрическим методами.

Гироскопический метод ориентирования предназначен для измерения азимута направления при проведении геодезических и маркшейдерских работ,

т. е. угла между направлением на север и направлением на заданную точку. Базируется на применении гироскопических приборов – гироскопических компасов и гиротеодолитов (рис. 10.8).



Рис. 10.8. Гироскопические приборы

Геометрические способы ориентирования (рис. 10.9), в зависимости от метода соединения подземных горных выработок с поверхностью подразделяются на следующие виды:

- через штольню или наклонную шахту;
- через один вертикальный ствол;
- через два вертикальных ствола.

**Ориентирование подземной съемки через штольню или наклонную шахту.** В этом случае передача дирекционного угла и координат с поверхности в горные выработки производится путем проложения теодолитного хода от устьев штольни или наклонной шахты до горных выработок определенного горизонта. Теодолитные ходы должны

прокладываться с соблюдением требований подземной полигонометрии 1 разряда.

**Ориентирование подземной основы через один вертикальный ствол (способ соединительного треугольника).** В ствол шахты опускают два отвеса  $O_1$  и  $O_2$ , они вместе с точками полигонометрии на поверхности и внизу образуют треугольники. Отвесы и приборы располагают таким образом, чтобы форма соединительного треугольника отвечала следующим требованиям:

- 1) измеряемые углы между отвесами должны быть минимальными;
- 2) расстояния от прибора до ближайшего отвеса  $b$  и  $b_1$  должны быть выбраны с таким расчетом, чтобы значения отношений  $\frac{b}{a}$  и  $\frac{b_1}{a_1}$  не превышали 1,5, где  $a$  и  $a_1$  – расстояние между отвесами.

При этом способе измеряют следующие элементы: длины всех сторон соединительных треугольников на поверхности и в шахте  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$  и горизонтальные углы на поверхности  $\omega$ ,  $\alpha$  и в шахте  $\omega_1$ ,  $\alpha_1$ .

➤ Для увеличения надежности и точности ориентирования способом соединительного треугольника выполняют три комплекса измерений при трех положениях отвесов, которые изменяют путем перемещения точки его подвеса специальными пластинками на 15 мм в направлении, перпендикулярном к стороне  $b$  или  $c$  соединительного треугольника.

➤ Расстояние между шахтными отвесами на поверхности и на нижнем горизонте измеряют дважды: до и после угловых измерений. Расхождения между измеренными значениями вверху и внизу не должны превышать  $\pm 2$  мм.

➤ При коротких сторонах подходной полигонометрии и при непосредственном примыкании к ним рекомендуется обращать внимание на точность центрировки прибора как на поверхности, так и под землей.

➤ Число линий подземной полигонометрии, на которые передаются дирекционные углы при ориентировании, должно быть не менее двух. Эти линии должны быть по возможности не короче 40 м.

➤ Средняя квадратическая погрешность измерения углов при точке А ( $\alpha$  и  $\omega$ ) не должна быть более  $\pm 7''$ , для измерения углов теодолитами типа Т15 выполняют одним приемом из трех повторений, а теодолитом Т5, Т2 – не менее чем двумя приемами. Расхождение углов в приемах не должно быть более  $\pm 10''$ .

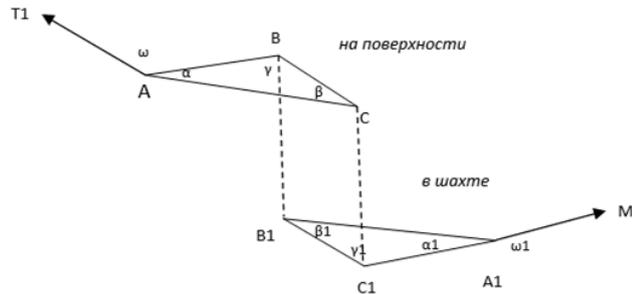


Рис. 10.9. Геометрическая схема ориентирования

**Порядок камеральной обработки ориентирования, следующий:**

1. Сравнивают измеренное расстояние  $a$  между отвесами с вычисленным по формуле косинусов:

для **поверхностного треугольника (10.2.):**

$$a_{\text{выч}} = \sqrt{b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos \alpha} \quad (10.2.)$$

для **подземного треугольника (10.3.):**

$$a_{1\text{выч}} = \sqrt{b_1^2 + c_1^2 - 2b_1c_1 \cdot \cos \alpha} \quad (10.3.)$$

Разность  $a_{\text{выч}} - a$  согласно Тех. инструкции не должна превышать 2 мм.

2. Решают по теореме синусов соединительные треугольники и находят значения углов  $\beta$  и  $\gamma$  для поверхности и  $\beta_1$  и  $\gamma_1$  для подземного треугольника по формуле синусов:

для **поверхностного треугольника (10.4., 10.5.):**

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta}, \quad \sin \beta = \frac{b}{a} \sin \alpha \quad (10.4.)$$

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{c}{\sin \gamma}, \quad \sin \gamma = \frac{c}{a} \sin \alpha \quad (10.5.)$$

для **подземного треугольника (10.6.):**

$$\sin \beta_1 = \frac{b_1}{a_1} \sin \alpha_1, \quad \sin \gamma_1 = \frac{c_1}{a_1} \sin \alpha_1 \quad (10.6.)$$

3. Производят контроль суммы внутренних углов треугольников по формулам (10.7., 10.8.):

$$\sum y = \alpha + \gamma + \beta \quad (10.7.)$$

$$W = \sum y - 180^\circ \quad (10.8.)$$

где,  $\sum y$  - практическая сумма внутренних углов треугольника;

$W$  – угловая невязка в соединительном треугольнике.

Для вытянутых треугольников отклонение вычисленной суммы углов от  $180^\circ$  или величина  $W$  допускается до  $\pm 10''$  на поверхности и до  $\pm 15''$  в подземных выработках.

Полученная невязка  $W$  в треугольнике разбрасывается поровну с обратным знаком только на вычисленные углы  $\gamma$  и  $\beta$ ,  $\gamma_1$  и  $\beta_1$ , затем вычисляют уравненные углы.

4. Дирекционный угол стороны  $A_1M_1$  подземной полигонометрии вычисляют по каждому положению отвесов отдельно. Из трех полученных значений берут среднее арифметическое. Уклонение от среднего арифметического значения из трех определений дирекционного угла не допускают более  $18''$ .

Учитывая схему расположения соединительных треугольников, дирекционные углы вычисляют по следующей схеме (10.9., 10.10):

для хода на поверхности

$$\alpha_{A-T_1} + \omega = \alpha_{A-B}$$

$$\alpha_{A-B} + 180^\circ - \gamma = \alpha_{B-C}$$

(10.9.)

в шахте

$$\alpha_{B-C} - \beta_1 = \alpha_{B_1-A_1}$$

$$\alpha_{B_1-A_1} + 180 - \omega_1 = \alpha_{A_1-M_1}$$

(10.10.)

Контролем правильности вычисления дирекционных углов является однозначность дирекционного угла для линии  $BC$  –  $\alpha_{BC}$ , а так же значение дирекционного угла для линии  $A_1M_1$ .

5. Вычисляют координаты точек подземной полигонометрии по каждому положению отвеса отдельно. Если полученная относительная невязка хода не

превышает  $\frac{1}{3000}$  длины хода, то из полученных результатов берут среднее значение координат.

Точность ориентирования подземной линии полигонометрии из одного положения отвеса по способу соединительных треугольников определяется его средней квадратической погрешностью, вычисляемой по формуле (10.11.):

$$m_0^2 = m_\alpha^2 + m_{o\beta}^2 + m_{os}^2 + m_{on}^2 \quad (10.11.)$$

где,  $m_\alpha^2$  – погрешность дирекционного угла исходной стороны;

$m_{o\beta}^2$  - погрешность, обусловленная погрешностями измеренных направлений в фигурах примыкания к отвесам и исходным сторонам;

$m_{os}^2$  - погрешность, обусловленная погрешностями линейных измерений в фигурах примыкания;

$m_{on}^2$  - случайная часть отклонения отвесов от вертикали.

**Ориентирование подземной основы через два вертикальных ствола** (рис. 10.10) - выполняется, если между стволами на ориентируемом горизонте имеются горные выработки.

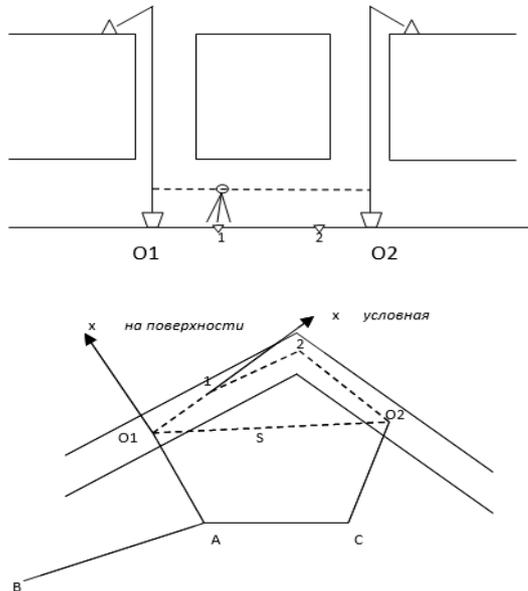


Рис. 10.10. ориентирование подземной основы через два вертикальных столба

Ориентирование через два ствола, как и через один, состоит в определении координат точек и дирекционных углов сторон подземной съемки в системе координат, принятой на поверхности.

Геометрическую связь между съемками поверхности и горных выработок устанавливают при помощи отвесов.

На поверхности от пунктов опорной сети прокладывают ход

BAO<sub>1</sub>O<sub>2</sub>C и определяют координаты отвесов O<sub>1</sub> и O<sub>2</sub>.

1. По полученным координатам вычисляют дирекционный угол  $\alpha_{O_1O_2}$  (10.12.):

$$\alpha_{O_1O_2} = \arctg \frac{Y_{O_2} - Y_{O_1}}{X_{O_2} - X_{O_1}} \quad (10.12.)$$

и расстояние между отвесами (10.13.):

$$S_{O_1O_2} = \sqrt{(X_{O_2} - X_{O_1})^2 + (Y_{O_2} - Y_{O_1})^2} \quad (10.13.)$$

2. В шахте между отвесами прокладывают соединительный ход O1-1-2-O2 и вычисляют координаты отвесов и дирекционный угол между отвесами в условной системе координат.

За начало условной системы принимают отвес O<sub>1</sub> (X<sub>O<sub>1</sub></sub>=0, Y<sub>O<sub>1</sub></sub>=0), а за ось абсцисс направление первой стороны O<sub>1</sub>-1 соединительного полигона ( $\alpha'_{O_1-1}=0$ ). Тогда (10.14., 10.15.):

$$X'_{O_2} = X'_{O_1} + S_1 \cos \alpha'_{O_1-1} + S_2 \cos \alpha'_{1-2} + S_3 \cos \alpha'_{2-O_2} \quad (10.14.)$$

$$Y'_{O_2} = Y'_{O_1} + S_1 \sin \alpha'_{O_1-1} + S_2 \sin \alpha'_{1-2} + S_3 \sin \alpha'_{2-O_2} \quad (10.15.)$$

где,  $s_1 s_2 s_3$  – длины сторон полигона;

$\alpha'_{O_1-1}, \alpha'_{1-2}, \alpha'_{2-O_2}$  – условные дирекционные углы сторон полигона;

$\alpha'_{O_1-1} = 0, \alpha'_{1-2} = \alpha'_{O_1-1} + 180^\circ - \beta_1, \alpha'_{2-O_2} = \alpha'_{1-2} + 180^\circ - \beta_2;$

$\beta_1 \beta_2$  – измеренные углы полигона.

3. Вычисляют дирекционный угол  $\alpha/O_1-O_2$  линии, соединяющей отвесы и расстояние между отвесами в условной системе координат по формулам (10.16., 10.17.):

$$\alpha'_{O_1-O_2} = \arctg \frac{Y_{O_2} - Y_{O_1}}{X_{O_2} - X_{O_1}} = \frac{\Delta Y'}{\Delta X'} \quad (10.16.)$$

$$S'_{O_2-O_1} = \sqrt{\Delta X'^2 + \Delta Y'^2} \quad (10.17.)$$

4. Для контроля ориентировки сравнивают расстояние S/O1-O2 и SO2-O1. Разность между отвесами  $\Delta S$  не должна превышать допустимой величины.

5. Вводят ориентирную поправку  $\theta$  в дирекционные углы.

$$\begin{aligned} \theta &= \alpha_{O_1-O_2} - \alpha'_{O_1-O_2}, & \alpha_{O_1-O_2} &= \alpha'_{O_1-O_2} + \theta; \\ \alpha_{1-2} &= \alpha_{O_1-1} + 180^\circ - \beta_1, & \alpha_{2-O_2} &= \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2. \end{aligned}$$

6. Вычисляют координаты точек соединительного полигона в системе координат поверхности.

Совпадение вычисленных координат отвеса  $O_2$  с ранее полученными при примыкании на поверхности, являются дополнительным контролем правильности ориентирования.

### 10.5. Определения высот пунктов опорной сети в горных выработках

При проходке встречными забоями необходимо обеспечить сбойку не только в плановом, но и в высотном отношении. Высотную связь наземных и подземных нивелирных сетей осуществляют через порталы, штольни, наклонные ходы или стволы вертикальных шахт.

Через горизонтальные выработки прокладывают ходы геометрического нивелирования.

Передачу отметки через ствол шахты (рис. 10.11) выполняют с помощью двух нивелиров, реек и прокомпарированной стальной рулетки, подвешенной к шахтному копру с постоянным натяжением 10 кг/с.

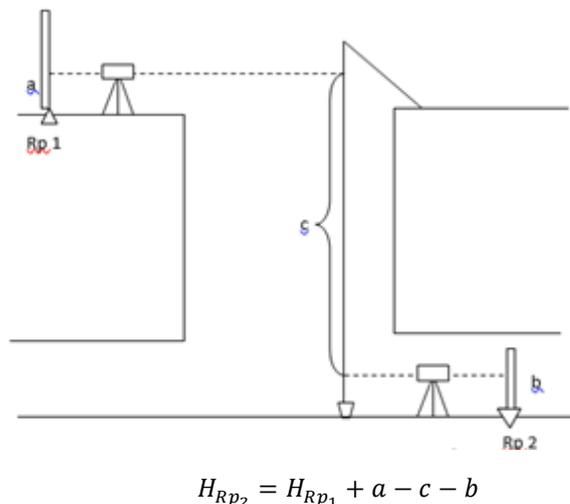


Рис. 10.11. Передачи отметки в горные выработки

Определение высот пунктов опорной сетей в горных выработках с углом наклона менее  $5^0$  выполняют техническим геометрическим нивелированием, замкнутым или висячими ходами.

### Определения высот пунктов опорной сети в горных выработках методом геометрического нивелирования:

1) Нивелирование выполняется по реперам, расположенным в почве выработки (рис. 10.12).

$$h = a - b$$

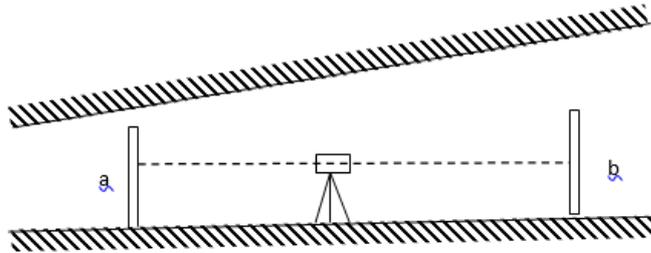


Рис. 10.12. Реперы, расположенные в почве выработки

2) Нивелирование выполняется по реперам, закрепленным в кровле выработки (рис. 10.13).

$$h = b - a$$

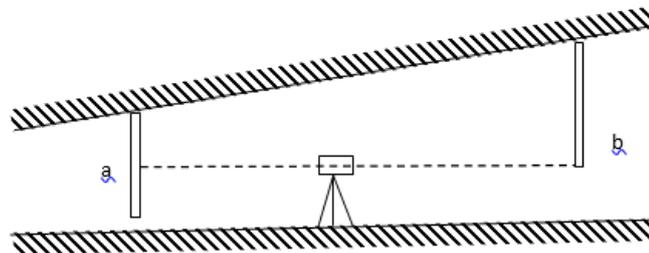


Рис. 10.13. Реперы, закреплены в кровле выработки

3) Нивелируются реперы, из которых задний закреплен в кровле, а передний – в почве выработки (рис. 10.14).

$$h = -(a+b)$$

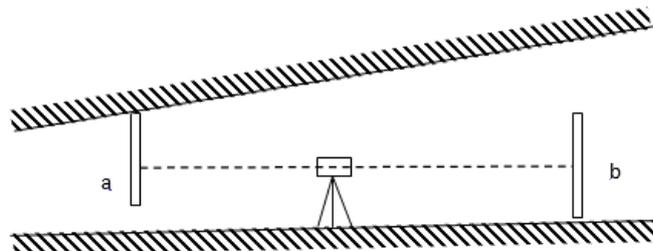


Рис. 10.14. Реперы закреплены в кровле и в почве выработки

4) Нивелирование по реперам, задний из которых расположен в почве, передний – в кровле выработки (рис. 10.15).

$$h = a + b$$

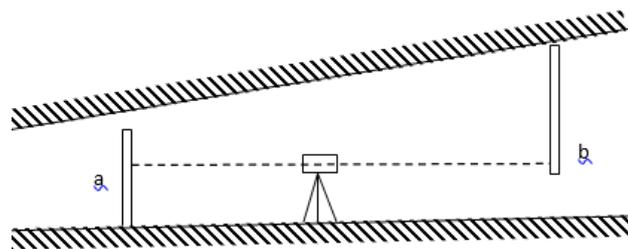


Рис. 10.15. Реперы закреплены в почве и в кровле выработки

### 10.6. Разбивка подземных выработок

При сооружении тоннелей особое значение имеют геодезические работы в направляющих штольнях, от правильного положения которых в плане и профиле зависит точность сбойки встречных выработок и работ по расширению сечения.

Ось выработки задают от ближайшей точки рабочей полигонометрии с помощью отвесов, последний из которых подвешивают на расстоянии не более 2 м от забоя. Каждый осевой знак на верхняках крепи, служащий для подвески отвеса, устанавливают в створе не менее трех отвесов. При этом вешение на глаз допустимо на расстоянии не более 20 м. По мере продвижения забоя в штольне закрепляют знаки подземной полигонометрии и положение точек, ранее провешенных на глаз, проверяют инструментально.

Для задания оси в прямолинейной штольне существует много способов. Проще всего стальной рулеткой отложить от полигонометрических знаков заранее вычисленные смещения знаков от оси штольни с закреплением полученных точек осевыми гвоздями, которые должны находиться в створе. По этому створу ось инструментально продолжается до забоя.

Кривые участки штолен разбивают не по хордам, а по секущим, так как в этом случае можно увеличить длину разбивочной прямой при сохранении ее отклонений  $b$  от кривой в допустимых пределах ( $b = 10$  см) (рис. 10.16).

Кривая содержит  $(n - 2)$  секущих длиной  $L = 4\sqrt{bR}$  и две концевые секущие, которые являются неполными и имеют длину, равную 0,85 длины полных (средних) секущих.

Направление первой (неполной) секущей задают по координатам  $(x_1, y_1)$  точки, находящейся на ее продолжении. Откладывая по этому направлению длину неполной секущей  $(0,85 L)$ , получают положение точки  $A$  поворота.

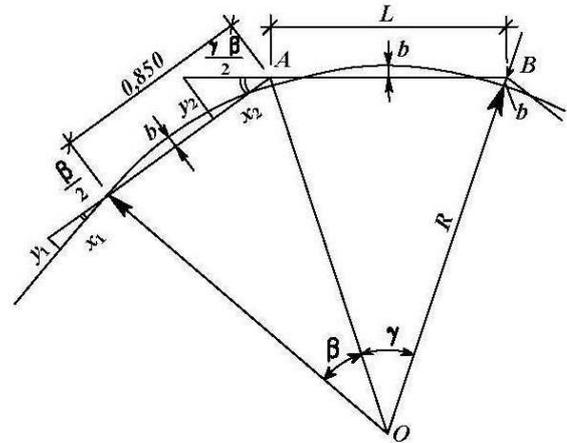


Рис. 10.16. Разбивка кривых участков

Направление второй (полной) секущей также задают по координатам  $(x_2, y_2)$  точки, находящейся на ее продолжении.

Откладывая по этому направлению длину  $L$  полной секущей, получают положение точки  $B$  поворота секущих и т.д.

### 10.7. Точность геодезических работ

Наиболее важным итогом геодезических работ при сооружении тоннелей встречными забоями является обеспечение требуемой техническими условиями точности, сбойки (в плане  $\pm 100$  мм в профиле  $\pm 50$  мм). На точность сбойки влияют ошибки всех перечисленных выше геодезических операций — от триангуляции до разбивки оси подземной выработки (таблица 10.3.).

Таблица 10.3.

Степень точности геодезических работ, мм

Ожидаемые ошибки сбойки	Длина односторонней проходки, м				
	250	500	1000	2000	4000
высотная	14	16	18	26	38
поперечная	8	24	44	54	78

При сооружении тоннеля полным сечением с обделкой (рис. 10.17), собираемой из готовых элементов непосредственно у забоя, точность сбойки имеет особенно важное значение. При сбойке с нарушением приведенных допусков возникнут трудности при укладке в тоннеле рельсового пути.

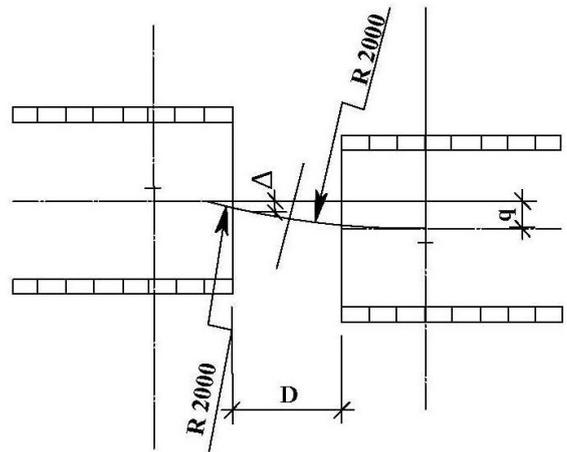


Рис. 10.17. Сооружения тоннеля полным сечением с обделкой

Поэтому, если предварительно вычисленная ошибка  $q$  сбойки превосходит допускаемую ошибку  $\Delta$ , проходка всем сечением должна быть своевременно прекращена и сбойке тоннеля должна предшествовать сбойка опережающей штольни. При достаточной длине штольни между обеими частями тоннеля может быть обеспечено плавное сопряжение без ущерба для последующей его эксплуатации.

Для сокращения сроков строительства тоннели глубокого заложения, особенно большой протяжённости, сооружают встречными забоями. При строительстве через порталы проходку тоннелей ведут горным или щитовым способом от порталов А и В навстречу друг к другу до места встречи забоев, называемого местом сбойки (МС).

На длинных тоннелях (более 1 км) сооружают несколько стволов с выходом на основную трассу, тем самым, деля их на несколько участков (рис. 10.18). На каждом участке работу ведут встречными забоями, благодаря чему темпы строительства значительно вырастают.

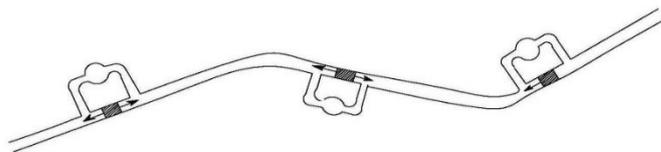


Рис. 10.18. Деление трассы на несколько участков

В месте сбойки должна произойти полная стыковка обделок встречных тоннелей. Однако из-за влияния различных ошибок в геодезических и строительно-монтажных работах этого может не произойти и получится несбойка.

Несбойкой тоннелей  $\delta$  принято называть расстояние между одноимёнными точками  $M_A$  и  $M_B$  обделки встречных тоннелей. Её допустимая величина определяется габаритным запасом, предусмотренным проектом. Для тоннелей метрополитена и других путей сообщения его обычно устанавливают равным  $\delta=100$  мм. Если величина фактической несбойки больше допустимой, то в железнодорожных тоннелях подвижной состав не пройдёт и потребуются переделка тоннелей, что связано с большими дополнительными расходами.

Основная геодезическая задача при сооружении тоннелей — обеспечение сбойки встречных подземных выработок (рис. 10.19).

Расстояние между одноимёнными проектными точками обделки встречных тоннелей называют **общей несбойкой**  $Q$ .

Расстояние между концами осей встречных тоннелей принято называть **несбойкой рабочих осей**  $q$ . В общем случае принимают  $Q = q$ .

На общую несбойку по обделке тоннеля  $Q$  оказывают влияние следующие источники:

- ошибка планового обоснования —  $\tau_1$ ;
- ошибка высотного обоснования —  $\tau_2$ ;
- отклонение обделки при её укладке от разбивочных контуров —  $\tau_3$ ;
- отклонение геометрической формы обделки от проектной —  $\tau_4$ ;
- деформация обделки под влиянием давления горных пород —  $\tau_5$ .

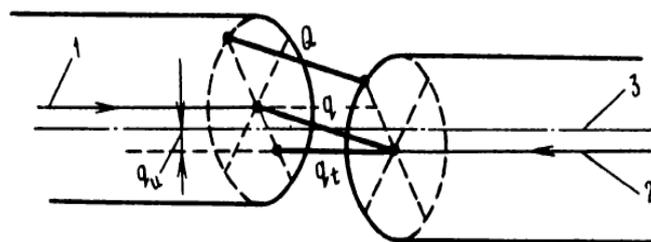


Рис.10.19. Схема сбойки встречных тоннелей:

1 – рабочая ось от ствола А; 2 – рабочая ось от ствола В; 3 – проектная ось АВ

Общую величину уклонения обделки тоннеля от проектного положения определяют по формуле (10.18.):

$$q = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2 + \tau_3^2 + \tau_4^2 + \tau_5^2} \quad (10.18.)$$

Несбойку рабочих осей в плане  $q$  можно разложить на поперечную  $q_u$  и продольную  $q_t$  несбойки. При сооружении прямолинейных тоннелей или тоннелей с большими радиусами кривых продольная несбойка  $q_t$  не имеет существенного значения и при расчетах требуемой точности построения планового геодезического обоснования на различных стадиях весь допуск в плане относят на поперечную несбойку, т. е.  $\tau_1 = q_u$ :

При строительстве тоннелей через стволы  $A$  и  $B$  встречными забоями на несбойку в плане оказывают влияние следующие источники ошибок:

- построения геодезического обоснования на поверхности —  $m_1$ ;
- ориентирования подземной основы через ствол  $A$  —  $m_2$ ;
- то же через ствол  $B$  —  $m_3$ ;
- полигонометрического хода, идущего от ствола  $A$  —  $m_4$ ;
- то же от ствола  $B$  —  $m_5$ .

Теоретические исследования и практический опыт показывают, что при длине тоннеля до 1,5 км влияние действия указанных ошибок можно принять одинаковым, т. е.  $m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = m_5 = \mu_c$ . Тогда (10.19.):

$$\sum m = \mu_c \sqrt{5} \quad (10.19)$$

Откуда (10.20):

$$\mu_c = \frac{\sum m}{\sqrt{5}} \quad (10.20.)$$

Если принять, что  $\sum m = \tau_1 = 45$  мм, то ошибка одного источника, влияющего на несбойку тоннелей,  $\mu_c = 0,45 * 45 = 20$  мм.

## 10.8. Разбивочные работы при проходке стволов шахт и разбивке оси тоннеля

Проходка ствола начинается с сооружения форшахты – это мощное бетонное кольцо высотой 4 – 5м.

Разбивку опалубки для сооружения форшахты производят рулеткой от точки, закрепляющей центр ствола, не допуская отклонения от проекта более чем на 3 см. После ее сооружения ось ствола в верхней плоскости форшахты закрепляют специальными скобами. Далее от дна форшахты собирают кольца обделки ствола. Здесь важно, чтобы размеры фактических радиусов, измеренных от центра ствола, не отличались от проектных более чем на 10 мм. Контрольные измерения радиусов ведут по восьми направлениям, четыре из которых совпадают с закрепленными осями ствола.

Перекас верхней плоскости определяют нивелированием 4 – 8 точек, отклонение от горизонтали допускают не более 5 мм, также контролируется положение центра сооружения ствола от точек закрепленных на форшахте оси ствола по верхнему кольцу. Наличие крена вызывает смещение центра нижнего кольца по отношению к верхнему на величину (10.21.):

$$\delta = \frac{\Delta h}{d} \cdot H \quad (10.21.)$$

где,  $\Delta h$  – перекас верхней плоскости кольца в направлении наибольшего крена;

$d$  – диаметр колец ствола;

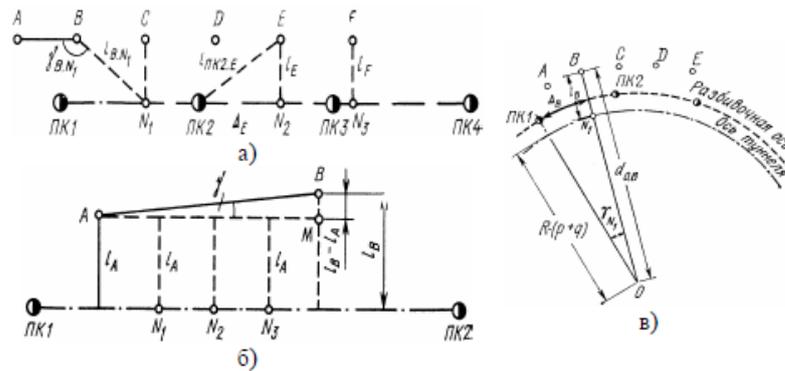
$H$  – глубина проходки.

Допустимая величина крена –  $0,01 \times H$

После окончательной проходки ствола на скобы, приваренные к тубинговой обделке, натягивают взаимно перпендикулярные нити и от пунктов подходной полигонометрии определяют фактические координаты центра верхнего кольца. Затем к скобам подвешивают отвесы и через каждые 5 м на высоте производят исполнительную съемку внутреннего габарита ствола по направлению осей. Промеры выполняют с помощью стальной рулетки или линейкой от отвеса до внутренней поверхности тубинговой обделки. Так определяют фактические радиусы до каждой снимаемой точки. По результатам съемки определяют положение центра, вписанного в ствол вертикального цилиндра.

Ось тоннеля разбивают (рис. 10.20) от пунктов подземной полигонометрии, по проектным координатам точки лежащей на оси и координатам ближайших пунктов подземной полигонометрии способом полярных координат, вычисляют разбивочные элементы  $l_1$  и  $\gamma_1$  (точка  $N_1$  ).

Разбивку точки  $N_2$  выполняют, откладывая длину перпендикуляра  $l_E$ , опущенного с пункта полигонометрии Е на прямолинейный участок



Разбивка оси тоннеля: а - пикетов на оси тоннеля; б - трассы тоннеля от проектной параллельной линии; в - разбивка криволинейных участков.

Рис. 10.20. Разбивка оси тоннеля

## **11. Высокоточные геодезические работы при строительстве и эксплуатации прецизионных сооружений**

### **11.1. Общие сведения о прецизионных сооружениях**

К современным прецизионным сооружениям относят линейные и кольцевые ускорители заряженных частиц, крупные радиотелескопы, специальные устройства радиотехнического и лазерного обеспечения, направляющие пути большой протяженности, промышленные производственные линии тонкой технологии и др.

Характерная особенность прецизионных сооружений — сочетание значительных геометрических размеров, больших масс с чрезвычайно высокой точностью сопряжения как отдельных комплексов, так и взаимного положения элементов технологического оборудования.

В связи с этим выполняют высокоточные геодезические работы по установке крупногабаритного технологического оборудования и наблюдению за стабильностью его положения. Точность этих работ составляет, как правило, десятые доли миллиметра. Для ее достижения при значительных габаритах сооружений необходимо применять специально разработанные методы и технические средства измерений.

Особое значение при этом приобретают геодезические способы измерений, основанные на использовании средств автоматики и электроники. Для прецизионных сооружений характерным является также и то, что высокая точность геодезических работ требуется на всех стадиях их строительства и эксплуатации.

При изысканиях исследуют устойчивость оснований под проектируемое сооружение путем постановки специальных наблюдений за вертикальными и горизонтальными микросмещениями грунтов. Точность этих наблюдений должна быть не ниже допусков на установку и стабильность элементов сооружения. Результаты исследований служат основой для заключения о пригодности выбранной площадки под строительство.

В процессе проектирования прецизионного сооружения вырабатывают основные требования, предъявляемые к точности установки его элементов. Часто эти требования касаются физической сущности технологического процесса и геодезистам приходится разрабатывать принципы расчета, связывающие технологические требования с вероятностными законами распределения ошибок геодезических измерений.

Это становится возможным на основе математического моделирования системы геодезических построений и измерений.

В период производства монтажных и пусконаладочных работ геодезические построения и измерения проводят на основе специально разработанного проекта. Выполнение комплекса высокоточных геодезических измерений часто сопряжено со значительными трудностями, так как по условиям работы требуется проводить монтажные, юстировочные и измерительные операции в ограниченные промежутки времени. Это обстоятельство требует большой скорости измерений, которая возможна лишь с применением автоматизированных геодезических измерительных систем.

Эксплуатационный период характеризуется повышенной опасностью для пребывания людей в зоне производства работ. В этих условиях необходимо применять специальные методы и средства, позволяющие вести процесс измерений дистанционно.

## **11.2. Особенности геодезических работ при высокоточной установке технологического оборудования**

Выбор общей схемы решения задачи по геодезической установке оборудования зависит от компоновки отдельных систем, частей и элементов сооружения, характера и точности их технологической взаимосвязи, а также от строительного-монтажных условий.

Геометрическая компоновка оборудования при проектировании сооружения производится относительно некоторых исходных (технологических) осей и точек и представляется в виде линейных и угловых

размеров, а также допусков на эти размеры. Если размещение оборудования и строительного-монтажная обстановка позволяют вынести и надежно закрепить эти точки в натуре, то они могут служить основой и для геодезической установки оборудования в проектное положение.

Чаще всего для прецизионных сооружений, отличающихся сложностью конструкции, это оказывается невозможным. В этом случае создают специальную опорную геодезическую сеть, пункты и стороны которой принимают на себя роль исходных точек. При этом должна быть известна или рассчитана привязка технологических осей к опорной геодезической сети.

Плановая установка оборудования относительно пунктов, закрепляющих исходные оси или опорную геодезическую сеть, осуществляется с использованием известных способов геодезической разбивки: полярных координат, прямой угловой засечки, линейной и створной засечек. Высокая точность установки оборудования этими способами достигается применением высокоточных средств линейных и угловых измерений, а также специального оборудования, уменьшающего влияние различных источников ошибок измерений. Основным способом высотной установки оборудования является высокоточное геометрическое нивелирование. Применяют также способы гидростатического нивелирования и микро nivelирования.

При разработке общей схемы и выборе способа плановой геодезической разбивки принимают во внимание обеспечение установки оборудования с наименьшей ошибкой по определенному заданному в проекте направлению. С учетом этого при оценке возможности применения того или иного способа разбивки находят не только величину ошибки в положении разбиваемой точки, но и определяют направление, в котором ожидается максимальная и минимальная ошибки.

Для высокоточной установки технологического оборудования, на нем необходимо иметь обозначенные тем или иным способом точки и плоскости, т.е. геодезические знаки. Положение этих знаков должно быть задано в проектных чертежах и с достаточной точностью привязано к технологическим

осям. В ряде случаев для привязки возникает необходимость в создании специального измерительного (калибровочного) стенда. На нем геодезическим способом или машиностроительными измерительными средствами определяют элементы привязки  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $h$ . Знаки на оборудовании желательно располагать как можно ближе к технологическим осям.

Для установки блока технологического оборудования на нем необходимо иметь не менее двух плановых 1 и трех высотных 2 геодезических знаков.

Вместо трех высотных знаков можно иметь одну горизонтальную плоскость (3), имеющую проектную отметку. Устанавливая на плоскость монтажные уровни, устраняют наклоны оборудования.

Для сооружений прямолинейного вида общая схема решения задачи по высокоточной установке оборудования чаще всего включает вынос в натуру технологической оси, надежное закрепление ее опорными знаками и разбивку от этих знаков отдельных блоков оборудования с применением створно-линейного метода. Вдоль закрепленной технологической оси блоки устанавливают по их геодезическим знакам отложением от опорного знака расстояний и одним из высокоточных створных методов, например, струнно-оптическим.

Вынесенную и закрепленную опорными знаками технологическую ось фиксируют калиброванной струной диаметром 0,1 — 0,2 мм, которую подвешивают над оборудованием.

Для точной установки струны над центрами опорных знаков и для размещения в створе струны блоков оборудования по их геодезическим знакам применяют микроскопы (рис. 11.1 а) или оптические приборы вертикального проектирования (рис. 11.1 б).

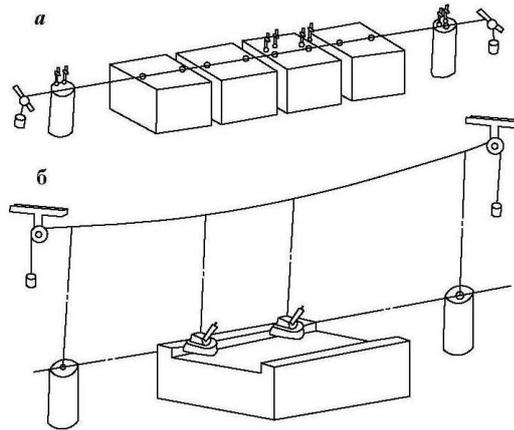


Рис. 11.1. Размещения в створе струны блоков оборудования

В практике высокоточных разбивочных работ, если это требуется и позволяют условия, уточняют положение выносимых в натуру точек путем более точного координирования и редуцирования в проектное положение.

Технологическое оборудование для его точной установки в проектное положение должно быть снабжено регулируемыми устройствами (типа клиновых или винтовых домкратов), при помощи которых осуществляется его микрометрическое перемещение в плане и по высоте. Геодезическая установка каждого блока оборудования по его разбивочным элементам производится последовательными приближениями, чередованием процессов высотной и плановой установки.

Геодезические знаки, предназначенные для закрепления наблюдаемых точек при исследованиях микросмещений грунтов на площадке и закрепления опорных пунктов при высокоточной разбивке и выверке технологического оборудования прецизионных сооружений, должны обладать повышенной устойчивостью и обеспечивать высокую точность выполняемых на них измерительных операций. Это достигается конструкцией знака и соответствующим выбором условий заложения или закрепления знака.

Опорные знаки размещают вне зоны возможного влияния на них оползней, карста, подземных выработок, гидродинамических и гидротермических воздействий, а также вне зоны напряжений в грунтах от

массы сооружений, динамических нагрузок от работающих механизмов и движущегося транспорта. Наибольшей устойчивостью обладают глубинные знаки, закрепляемые в практически несжимаемых скальных грунтах, таких как граниты, сланцы, кремнистые и глинистые песчаники, известняки и др.

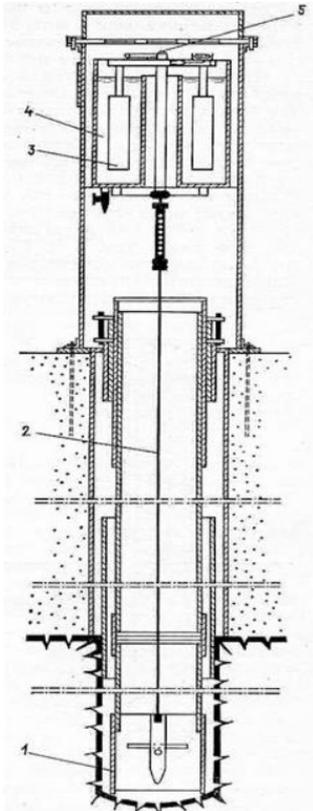


Рис. 11.2. Геодезический знак в виде сухого обратного отвеса

При глубоком залегании устойчивых коренных пород находят применение геодезические знаки, основанные на принципе обратного отвеса (рис. 11.2). К ним относится геодезический знак в виде сухого обратного отвеса: на дне скважины, забуренной на глубину коренных устойчивых пород и обсаженной трубой 1, при помощи якоря прикрепляют инварную проволоку 2, которая полым торообразным поплавком 3, свободно плавающим в кольцевом резервуаре 4, натягивается вертикально кверху, благодаря действующей на поплавок подъемной силе. Центром знака служит шток 5 с перекрестием. Под действием внешней возмущающей силы поплавков может быть

выведен из состояния равновесия, но всегда возвращается в первоначальное положение. При помощи измерительного микроскопа можно производить наблюдения за взаимным перемещением центра и резервуара - и тем самым за перемещением верхних слоев грунта над глубинными.

Обратные отвесы – тоже струна, но закреплённая внизу (в скважине) на глубине до 70 метров, а натяжение вверх обеспечивалось поплавком, тоже в баке с водой.

Схема построения опорной сети для высокоточной установки технологического оборудования сооружений зависит от формы, размеров и размещения отдельных частей сооружения. Пункты сети стремятся

располагать вблизи от устанавливаемого оборудования': поэтому общая форма сети обычно повторяет планировку сооружения в целом. Вместе с тем для обеспечения заданной точности установки оборудования в проектное положение схема построения сети должна отвечать требованиям точности определения отдельных ее элементов и взаимного положения пунктов.

Плановые опорные сети обычно создают правильной формы в виде системы одинаковых симметричных фигур — треугольников, четырехугольников, центральных систем. Такая сеть по точности определения взаимного положения пунктов является более однородной, что очень важно для технологического режима высокоточных сооружений. Эта форма сети (при необходимости производить измерения сторон одним уложением мерного прибора) выгодна в организационном отношении, так как сокращает число различных по длине сторон сети, а следовательно, и число применяемых мерных приборов.

Особенностью построения опорных геодезических сетей для высокоточной установки оборудования является большая плотность пунктов. Расстояния между смежными пунктами зачастую не превышают 25 м. В этом случае при однородных внешних условиях добиться высокой точности линейных измерений легче, чем угловых. На этом основании наиболее точным методом построения плановых опорных геодезических сетей признан метод микротрилатерации. Широкое распространение получили радиально-кольцевые, кольцевые (рис. 11.3) и линейно-вытянутые сети (рис. 11.4) микротрилатерации.

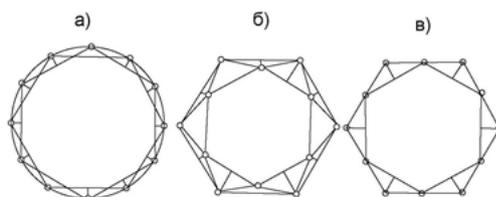


Рис. 11.3. Кольцевые сети трилатерации из вытянутых треугольников

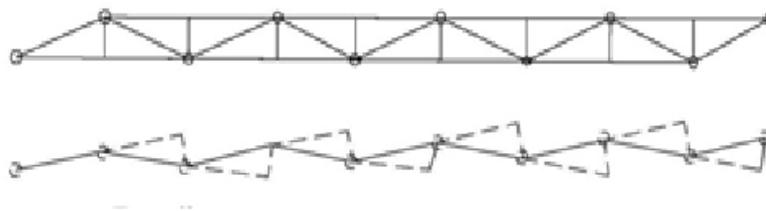


Рис. 11.4. Линейно-вытянутые сети трилатерации

### 11.3. Геодезические наблюдения за устойчивостью оснований прецизионных сооружений

Высокая чувствительность прецизионных сооружений к различного рода деформациям основания вызывает необходимость изучения и оценки планово-высотных микросмещений грунтов на площадке под сооружение как до начала строительства, так и в период его эксплуатации. Это позволяет принимать установить периодичность контрольных измерений и последующей коррекции положения технологического оборудования для обеспечения нормальной работы сооружения.

Геодезические наблюдения за микросмещениями должны проводиться в комплексе с исследованиями различных факторов, которые могут вызвать деформации грунтов (режим подземных вод, сейсмология, метеоданные и др.). Изучение микросмещений грунтов на площадке выполняются, как правило, на различных глубинах в пределах многометровой толщины основания.

Наблюдения состоят в периодическом определении геодезическими методами положения пунктов, надежно закрепленных в исследуемых грунтах. Для определения плановых микросмещений применяют высокоточные линейные, угловые и створные измерения. Основным методом наблюдений за вертикальными микросмещениями является высокоточное геометрическое нивелирование.

Наблюдения за смещениями подразделяются на точечные, створно-линейные и площадные. Точечные наблюдения ведутся в одном отдельном пункте с использованием специальных устройств в виде глубинных знаков или геофизических методов и приборов. Створно-линейные наблюдения

проводятся на ряде пунктов, расположенных вдоль линий. Площадные наблюдения включают связанные между собой точечные наблюдения, проведенные на площадке сооружения. Для более полного выявления деформаций грунтов на площадке создают специальные наблюдательные сети, пункты которых закрепляют планово-высотными знаками различной конструкции. Плотность пунктов должна быть достаточно густой. Местоположение пунктов и схем сети выбирается на основе результатов детальных инженерно-геологических изысканий на площадке.

На площадках с неизвестными или явно не выраженными деформационными свойствами грунтов наблюдательную сеть целесообразно создавать в виде равноудаленных друг от друга пунктов, расположенных как можно ближе к основным технологическим осям будущего сооружения. При благоприятных в целом инженерно-геологических условиях, с точки зрения возможных деформаций, ограничиваются наблюдениями только в деформационно-аномальных местах площадки. В этом случае наблюдательные сети создают из отдельных связанных между собой полигонов. В сложной инженерно-геологической обстановке, наоборот, сеть дополняется точечными пунктами наблюдения. Пункты наблюдательных сетей закрепляются различными типами глубинных плановых и высотных знаков, используемых в опорных геодезических сетях, создаваемых для установки технологического оборудования и для наблюдений за деформациями фундаментов и основных несущих конструкций сооружений. Кроме них используются специальные марки для изучения верхней толщии грунтов и специальные реперные устройства для проведения наблюдений за послойными смещениями пород в отдельных местах изучаемой площадки.

Периодичность циклов наблюдений устанавливается в зависимости от скорости микросмещений. Наблюдения должны начинаться не менее чем за 1,5 года до начала строительства. Все измерения в каждом цикле наблюдения необходимо выполнять в возможно короткие сроки с тем, чтобы смещения

наблюдаемых пунктов были пренебрегаемо малы по сравнению с ошибками определения этих смещений.

В качестве характеристики деформаций оснований сооружений могут быть приняты средние квадратические смещения  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$  от геометрических оформляющих (условных линий, окружностей, плоскостей), получаемых по координатам  $x$ ,  $y$  и  $z$  (высота) геодезических знаков в каждом цикле наблюдений.

Для линейных сооружений деформационные характеристики вычисляют от оформляющей прямой. Для кольцевых сооружений при анализе вертикальных движений грунтов пользуются условной плоскостью, а при анализе плановых смещений условной окружностью.

#### **11.4. Методы и приборы высокоточных геодезических измерений**

Высокая точность геодезических работ при строительстве прецизионных сооружений достигается применением высокоточных измерительных средств геодезии, метрологии и машиностроения, а также специального оборудования и методов, уменьшающих влияние различных источников ошибок измерений. Наряду с применением стандартных приборов для решения конкретных технических задач по установке технологического оборудования приходится разрабатывать нестандартизированные приборы и оборудование, отдельные устройства, дополняющие стандартные приборы, и целые системы для выполнения различного вида геодезических работ с заданной точностью.

При строительстве прецизионных сооружений для решения задач по наблюдению за осадками и установки технологического оборудования по высоте наиболее широкое распространение получил метод высокоточного геометрического нивелирования короткими лучами, разработанный в МИИГАиК.

Метод позволяет определить взаимное положение по высоте двух точек, расположенных на расстоянии до 10-15м, со средней квадратической ошибкой

0,02-0,05мм. Превышения между точками, удаленными на несколько сот метров, определяются с ошибкой порядка 0,1-0,2мм.

Особенностью метода является ограничение длины визирного луча, что в значительной степени уменьшает ошибки из-за влияния вертикальной рефракции, а также принятие мер ослабления инструментальных ошибок и ошибок, связанных с применением реек. Основные положения методики высокоточного геометрического нивелирования состоят в следующем:

1. Применение высокоточных уровенных и электронных нивелиров, рекомендуемых для нивелирования I и II классов, и их тщательное исследование, и юстировка.

2. Производство нивелирования строго из середины, чтобы исключить влияния ошибки из-за несоблюдения главного условия нивелира и обеспечить четкое изображение задней и передней рейки без перемены фокусировки.

3. Конструкция нивелирных реек должна обеспечивать при нивелировании совпадение оси шкалы и точки установки рейки, что уменьшает ошибку из-за наклона рейки. В малогабаритных рейках конструкции М.Е. Пискунова ось шкалы конструктивно совпадает с точкой установки рейки. В инварных рейках применяется специальный подпятник, центр оградительного кольца которого совпадает с осью делений инварной полосы.

4. Определение поправок штрихов шкал реек путем эталонирования на компараторе и при необходимости введение их в результаты измерений.

5. Взятие отсчетов по барабану плоскопараллельной пластинки нивелира до десятых долей деления. Тщательное определение цены деления барабана на различных его участках с использованием специальной эталонной шкалы или индикатора часового типа, на подвижном штоке которого прикрепляется марка с изирным штрихом.

## 12. Геодезические работы при проектировании в строительстве гидротехнических сооружений (ГТС)

### 12.1. Типы гидротехнических сооружений

К гидротехническим сооружениям относятся сооружения напорного фронта и естественные плотины (плотины, шлюзы, дамбы, оросительные системы, перемычки, запруды, каналы, ливневая канализация и др.), создающие разницу уровней воды до и после них, предназначенные для использования водных ресурсов, а также для борьбы с вредными воздействиями вод.

Наиболее важными из них являются:

- *гидроэнергетические* сооружения, позволяющие превращать энергию падающей воды в механическую, а затем в электрическую;
- *гидромелиоративные* – сооружения, позволяющие реализовать систему инженерных, агротехнических и хозяйственных мероприятий по орошению, обводнению или осушению почв;
- *воднотранспортные* – сооружения, позволяющие улучшать существующие водные магистрали и создавать искусственные водные пути различного назначения;
- *водоснабжение* населённых и промышленно-транспортных объектов путём строительства водозаборов, водоводов и всевозможных распределителей.

Группа различных гидротехнических сооружений, связанных общей водохозяйственной целью и местоположением, составляет узел гидротехнических сооружений или гидроузел.

### 12.2. Элементы и основные характеристики водохранилищ

Составными частями гидроузла являются:

- плотины,
- водохранилища,
- водозаборы и водовыпуски,

- гидроэлектростанция (ГЭС),
- судоходные шлюзы (или судоподъёмники) и др.

**Плотина** — искусственное водоподпорное сооружение или природное (естественное) препятствие на пути водотока, создающее разницу уровней в своем верхнем и нижнем бьефе по руслу реки; является важным типом общего гидросооружения с водопропускными и другими устройствами, создаваемыми при ней.

В зависимости от строительных материалов различают земляные, каменно-набросные и бетонные плотины.

**Бьеф** — участок реки между двумя соседними плотинами на реке или участок канала между двумя шлюзами. Верхний бьеф плотины — часть реки выше подпорного сооружения (плотины, шлюза). Нижний *бьеф* — часть реки ниже подпорного сооружения.

Плотина предназначается преимущественно для создания водохранилищ. Запас воды в водохранилище используется для получения электрической энергии на ГЭС, увеличения судоходных глубин в реке, водоснабжения промышленных объектов и населенных пунктов, орошения земель и т. п.

**Водоохранилища** могут быть долговременными или кратковременными. Долговременным искусственным водохранилищем является, например, водохранилище верхнего бьефа плотины гидроэлектростанции, оросительной системы. Долговременное естественное водохранилище может образоваться в результате перекрытия реки после такого чрезвычайного происшествия, как обвал твердых скальных пород. Кратковременные искусственные плотины создаются для временного изменения направления течения реки при строительстве ГЭС или др. гидротехнические сооружения. Кратковременные естественные плотины возникают в результате перекрытия реки рыхлым грунтом, снегом или льдом. Дамбы отгораживают прибрежную территорию и предотвращают ее затопление при паводках и половодье на реках, при приливах и штормах на морях и озерах.

**Водопроводящие** (каналы, трубопроводы, гидротехнические туннели, лотки и др.) сооружения служат для подачи воды к местам потребления, например из реки на орошаемые земли.

**Водозаборы** служат для забора воды из водотоков и водоемов.

Часто плотины используют как мостовой переход, проектируя по ним железную или автомобильную дорогу. В зависимости от размещения основных сооружений и, в частности, здания ГЭС, принципа использования водных ресурсов гидроузлы делятся в основном на четыре типа:

- Русловые и плотинные ГЭС.
- Приплотинные ГЭС
- Деривационные гидроэлектростанции.
- Гидроаккумулирующие электростанции.

### **12.3. Состав геодезических работ при изысканиях, проектировании и строительстве гидротехнических сооружений**

1) геодезические работы для составления топографических и гидрографических планов, продольных и поперечных профилей рек, для обслуживания инженерно-геологических, гидрологических и других специальных работ;

2) создание исходного и съемочного планово-высотного геодезического обоснования;

3) съемки, в том числе и русловые, в различных масштабах;

4) работы по выносу в натуру контура водохранилища;

5) определение объемов водохранилища;

6) разбивка оси плотины, основных осей других зданий и сооружений гидроузла;

7) разбивочные работы при выполнении земляных, бетонных работ, при монтаже металлоконструкций и гидроагрегатов и т. д.;

8) геодезические работы, связанные с установкой в проектное положение технологического оборудования, и его выверка;

9) наблюдения за осадками и другими деформациями оснований и фундаментов инженерных объектов.

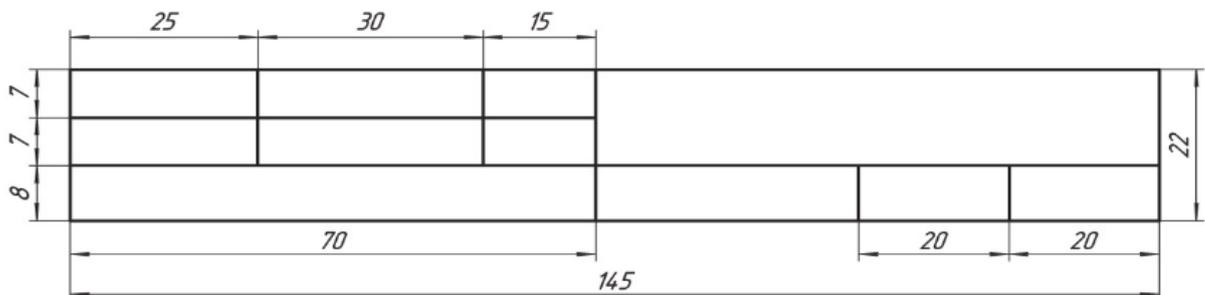
Инженерно-геодезическое обеспечение на разных стадиях проектирования и строительства гидротехнических сооружений. Инженерно-геодезические сети. Расчет точности высотного обоснования.

Определение уровня реки, приведенного к срезочному уровню. Составление продольного профиля реки. Определение объема воды в водохранилище. Кривая подпора воды в водохранилище.

Основные оси сооружений гидроузла. Вынос контура водохранилища в натуру. Определение на местности основных осей и границ сооружений.

Общие сведения о каналах. Состав инженерно-геодезического обеспечения на различных стадиях проектирование каналов. Плановое и высотное геодезическое обоснование трассы канала. Расчет точности создания высотного обоснования.

**РАЗДЕЛ II. Лабораторный практикум**



## Лабораторная работа №1

## Аналитический расчет выноса проекта в натуру

## Задание:

1. Запроектировать на плане прямоугольное сооружение размером  $36 \times 18$  м.
2. Определить проектные координаты углов сооружения.
3. Выполнить аналитический расчет выноса в натуру двух углов сооружения (принадлежащих длинной оси) методом полярных координат.
4. Выполнить оценку точности выноса проекта на местность.

## Исходные данные:

- фрагмент плана масштаба 1:500;
- координаты пунктов планов-высотного обоснования;
- размеры проектируемого сооружения.

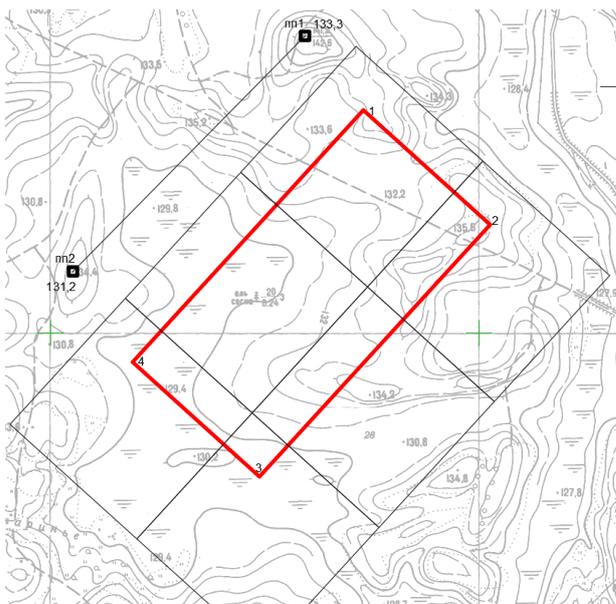
## Ход выполнения работы:

- 1) Согласно своему варианту ([ПРИЛОЖЕНИЕ 1](#)) получить у преподавателя распечатанный фрагмент плана масштаба 1:500.
- 2) Из [ПРИЛОЖЕНИЯ 2](#) выписать координаты исходных пунктов, указанных для вашего варианта.

## Исходные пункты:

	X, м	Y, м	H, м
пп1			
пп2			

- 3) На плане запроектировать прямоугольное сооружение размером  $36 \times 18$  м, размещая его таким образом, чтобы его длинная ось была почти параллельна линии планово-высотного обоснования и располагалась на расстоянии около 20 метров от неё (рис. 1.1).



*Рекомендуется проектируемый объект на плане обозначить красным цветом.*

Рис. 1.1. Расположение проектируемого здания относительно пунктов планово-высотного обоснования

## 4) Определить координаты углов сооружения

	X, м	Y, м
1		
2		
3		
4		

## 5) Определяем дирекционные углы направлений пп1-пп2 и 1-4:

$$\Delta X_{1-4} = X_4 - X_1 = \dots$$

$$\Delta Y_{1-4} = Y_4 - Y_1 = \dots$$

$$\Delta X_{пп1-пп2} = X_{пп2} - X_{пп1} = \dots$$

$$\Delta Y_{пп1-пп2} = Y_{пп2} - Y_{пп1} = \dots$$

$$r_{1-4} = \arctg \left| \frac{\Delta Y_{1-4}}{\Delta X_{1-4}} \right| = \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

$\alpha_{1-4}$  и  $\alpha_{пп1-пп2}$  – считается в зависимости от четверти

6) Выполнить уточнение координат точки 4 (т.к. координаты углов сооружения определялись графически и несут в себя ошибки снятия их с плана, то длина сооружения не будет соответствовать проектному значению).

$$\Delta X'_{1-4} = 40 \cdot \cos \alpha_{1-4} = \dots$$

$$\Delta Y'_{1-4} = 40 \cdot \sin \alpha_{1-4} = \dots$$

$$X'_4 = X_1 + \Delta X'_{1-4} = \dots$$

$$Y'_4 = Y_1 + \Delta Y'_{1-4} = \dots$$

7) Определить дирекционные углы и расстояния линий пп1-1, пп1-4, пп2-1, пп2-4:

## 8) Вычислить разбивочные углы для выноса точек 1 и 4:

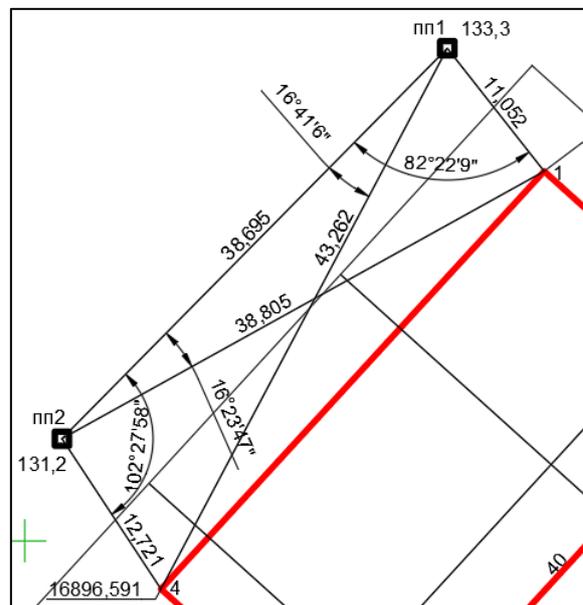
$$\beta_{пп2-пп1-1} = \alpha_{пп1-пп2} - \alpha_{пп1-1} = \dots = 82^\circ 22' 09'';$$

$$\beta_{пп2-пп1-4} = \alpha_{пп1-пп2} - \alpha_{пп1-4} = \dots$$

$$\beta_{пп1-пп2-1} = \alpha_{пп2-1} - \alpha_{пп2-пп1} = \dots$$

$$\beta_{пп1-пп2-4} = \alpha_{пп2-4} - \alpha_{пп2-пп1} = \dots$$

Рис. 1.2 Схема разбивки оси сооружения



9) Выполнить оценку точности:

Принимаем СКП положения точек здания:

$$m_N = 0,01 + 0,001 \cdot N = \dots \text{ м.}$$

где N – номер варианта.

Тогда СКП линейных измерений не должна превышать:

$$m_S = \frac{m_N}{\sqrt{2}} = \dots \text{ м.}$$

$$\frac{m_S}{S_{\text{ин1-1}}} = \frac{1}{\dots};$$

$$\frac{m_S}{S_{\text{ин1-4}}} = \frac{1}{\dots};$$

$$\frac{m_S}{S_{\text{ин2-1}}} = \frac{1}{\dots};$$

$$\frac{m_S}{S_{\text{ин2-4}}} = \frac{1}{\dots};$$

$$\frac{m_S}{S_{1-4}} = \frac{1}{\dots};$$

$$m_{\beta_{\text{ин1-1}}} = \frac{m_S \cdot \rho}{S_{\text{ин1-1}}} = \dots;$$

$$m_{\beta_{\text{ин1-4}}} = \frac{m_S \cdot \rho}{S_{\text{ин1-4}}} = \dots;$$

$$m_{\beta_{\text{ин2-1}}} = \frac{m_S \cdot \rho}{S_{\text{ин2-1}}} = \dots;$$

$$m_{\beta_{\text{ин2-4}}} = \frac{m_S \cdot \rho}{S_{\text{ин2-4}}} = \dots;$$

$$m_{\beta_{1-4}} = \frac{m_S \cdot \rho}{S_{1-4}} = \dots$$

Ⓟ В относительной ошибке знаменатель округляется до ЦЕЛЫХ СОТЕН, например, получили 1/2543,498, записать надо 1/2500

Отчет выполненной **Лабораторной работы № 1** включает в себя:

- таблицы исходных данных, согласно варианту
- выполненные и оформленные расчеты элементов выноса проекта в натуру способом полярных координат;
- распечатанный план в масштабе 1:500 с указанием разбивочных элементов (см. [ПРИЛОЖЕНИЕ 3](#));
- выводы о том, приборы какой точности могут быть использованы для выполнения данного вида работ.

## Лабораторная работа №2

### Вертикальная планировка участка

Проектом вертикальной планировки называется технический документ, предусматривающий преобразование рельефа для инженерных целей с учетом различных технических, экономических, гидрологических и других факторов.

В состав проекта вертикальной планировки включают два рабочих чертежа: план организации рельефа и план земляных масс. При разработке плана организации рельефа естественную поверхность называют фактической, а преобразованную проектной. Проектные и фактические отметки наносят на план в виде дроби с проектной отметкой в числителе (красным цветом) и фактической (черным цветом) – в знаменателе. Разность проектной и фактической отметок называют рабочей отметкой (выписывается на план синим цветом). Положительные рабочие отметки определяют высоту насыпи, отрицательные – глубину выемки. Точка, для которой рабочая отметка равна нулю, называется точкой нулевых работ. Геометрическое место этих точек образует линию нулевых работ.

#### Исходные данные:

Продольный уклон  $i_{пр} = 6\%$  – 1 подгруппа;  $4\%$  – 2 подгруппа.

Поперечный уклон  $i_{поп} = 12\%$  – 1 подгруппа;  $8\%$  – 2 подгруппа.

Размеры участка:  $40 \times 60$  метров с квадратами  $20 \times 20$ .

#### Ход выполнения работы:

1) На топографическом плане, выданном для выполнения лабораторной работы №1, выбрать участок для вертикальной планировки в виде прямоугольника с размерами  $40 \times 60$  м, разбить его на квадраты со сторонами 20 м и определить фактические отметки их вершин.

2) Определить среднюю фактическую отметку участка (отметку центра масс) по формуле:

$$H_{ц.м.} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4 \cdot n}$$

где,  $H_1, H_2, H_3, H_4$  – отметки вершин, принадлежащих соответственно одному, двум, трём или четырём квадратам;

$n$  – количество квадратов.

$$H_{ц.м.} = \frac{532,03 + 799,49 + 266,44}{4 \cdot 6} = 133,20 \text{ м.}$$

Полученную отметку записывают в точке центра масс (для прямоугольного участка эта точка находится на пересечении диагоналей).

Свойство отметки центра масс  $H_{ц.м.}$  заключается в том, что любая плоскость (кроме вертикальной), проходящая через эту отметку, обеспечивает на участке баланс объёмов земляных масс в насыпи и выемке.

3) Вычислить проектные отметки вершин квадратов с учетом расстояний между ними и заданных уклонов

$$H_{np} = H_{ц.м.} \pm S \cdot i / 1000$$

Начинают вычисление с проектных отметок вершин квадратов, расположенных рядом с центром участка, а затем последовательно вычисляют остальные отметки.

4) Провести проектные горизонталы (красным цветом) через 0,10 м, выполняя интерполяцию между проектными отметками вершин квадратов (рис.2.1).

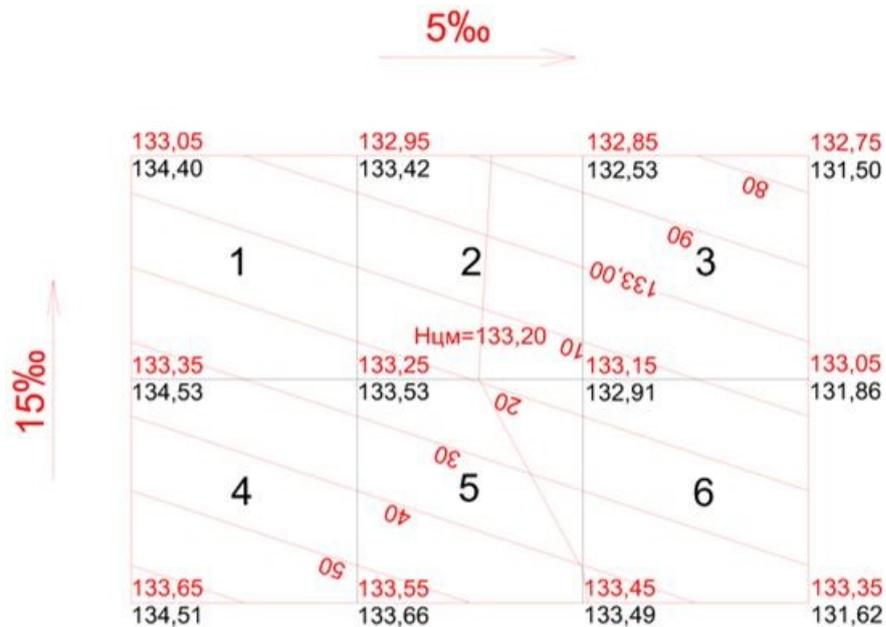


Рис. 2.1 – План организации рельефа

5) Вычислить рабочие отметки как разности между соответствующими проектными и фактическими отметками. Контролем вычислений проектных и рабочих отметок может служить приближенное равенство нулю алгебраической суммы рабочих отметок.

Все результаты вычислений оформляют непосредственно на топографическом плане в соответствии с общепринятой, стандартной формой записи фактических, проектных и рабочих отметок относительно вершин квадратов. При этом проектные (вычисленные) данные записывают красным цветом в числителе, а топографические (фактические) – черным в знаменателе. Рабочие отметки записывают синим цветом под фактическими.

6) Вычислить положение точек нулевых работ и вычерчивают ее на плане. Результат проделанной работы - план организации рельефа.

7) Вычислить объемы земляных работ по упрощённым формулам:

$$V_H = \frac{(\Sigma_{h+})^2}{\Sigma|h|} \cdot \frac{P}{4}; \quad V_B = \frac{(\Sigma_{h-})^2}{\Sigma|h|} \cdot \frac{P}{4};$$

где  $(\Sigma_{+h})$  и  $(\Sigma_{-h})$  – соответственно сумма положительных и отрицательных;  
 $\Sigma|h|$  – сумма абсолютных значений рабочих отметок в отдельном квадрате;

$P$  – площадь квадрата  $20 \times 20 = 400 \text{ м}^2$ .

Результаты вычисления объёмов можно свести в таблицу.

Таблица 2.1.

Расчет объемов земляных масс

№ квадрата	$\Sigma h, \text{ м}$		$(\Sigma h)^2, \text{ м}^2$		$\Sigma h , \text{ м}$	$P/4$	Объём $V, \text{ м}^3$	
	+	–	+	–			насыпь	выемка
1	-	3,28	-	10,7584	3,28	100	-	328,00
2	0,56	0,75	0,3136	0,5625	1,31		23,94	42,94
3	3,00	-	9,0000	-	3,00		300,00	-
4	-	2,43	-	5,9049	2,43		-	243,00
5	0,24	0,43	0,0576	0,1849	0,67		8,60	27,60
6	3,16	0,04	9,9856	0,0016	3,20		312,05	0,05
Сумма:	6,96	6,96					644,59	641,59

7. Определить разность между положительными и отрицательными объемами:

$$\Delta V = \frac{|\sum V_H - \sum V_B|}{\sum V_H + \sum V_B} \cdot 100\% = \frac{|644,59 - 641,59|}{644,59 + 641,59} \cdot 100\% \approx 0,2\% < 5\%.$$

Баланс земляных масс не должен превышать 5%.

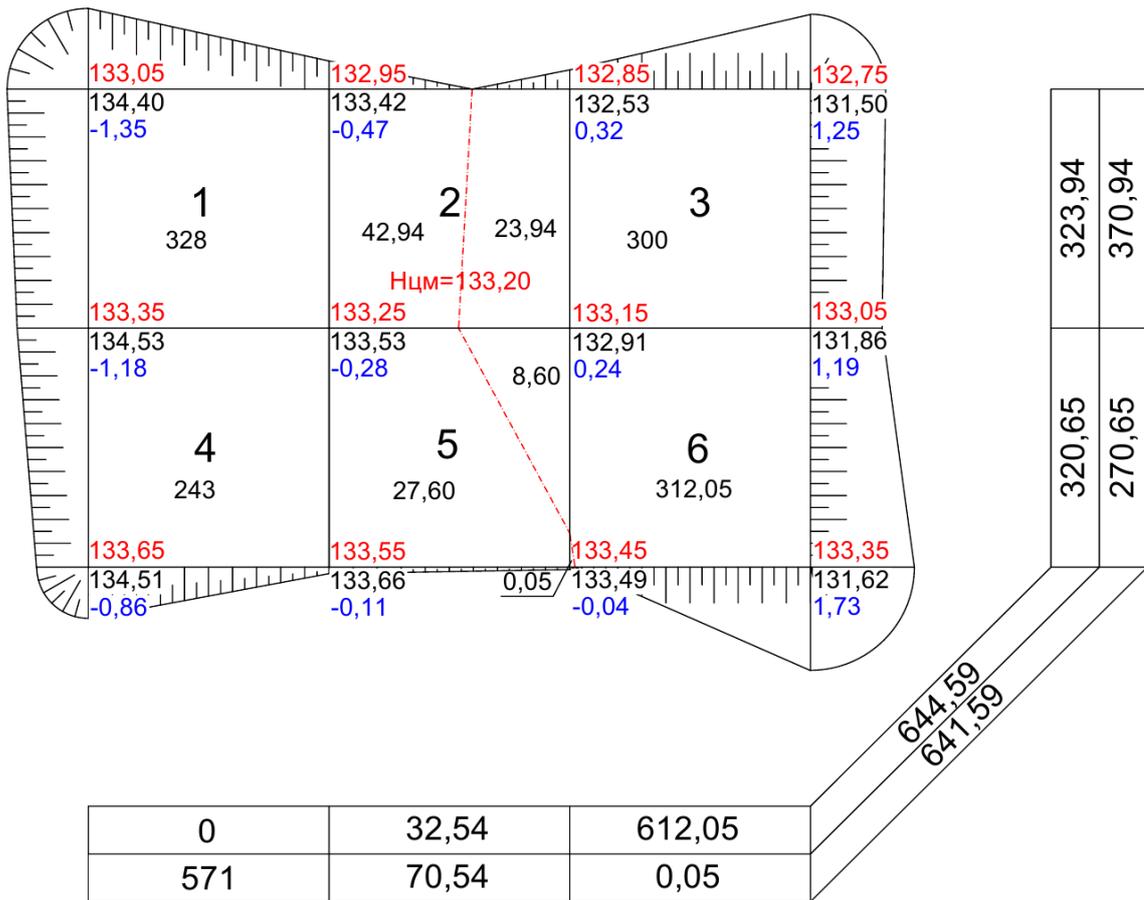


Рис. 2.2 – План земляных масс

Отчет выполненной **Лабораторной работы № 2** включает в себя:

- расчет отметки  $H_{цм}$ ;
- план организации рельеф;
- таблицу расчета объемов земляных масс
- план земляных масс в масштабе 1:500.

### Лабораторная работа №3

#### Высотная привязка проектируемого здания к рельефу местности

Основными задачами вертикальной привязки проектируемых зданий являются обеспечение отвода поверхностных вод от фундаментов и определение абсолютной отметки уровня чистого пола первого этажа. Они решаются сначала на генеральной схеме вертикальной планировки всей застраиваемой территории, а затем по плану организации рельефа отдельных участков. При этом должны учитываться удобства эксплуатации зданий и сооружений, экологические, гидрогеологические, эстетические и другие факторы. Кроме того, должны соблюдаться условия, при которых поверхностный сток с окружающей территории попадал бы на улицы и проезды, выполняющие роль водосборных и водоотводных сетей (или в коллекторы ливневой канализации) с взаимно увязанными уклонами в пределах от 5 до 60 промилле, а в городской и пересеченной местности до 80 промилле.

Отметки проектируемых зданий и сооружений принимают выше отметок площадок и проездов, примыкающим к ним. Как правило, при расчете абсолютной отметки уровня чистого пола первого этажа условную отметку уровня земли, указанную со знаком «минус» на чертежах фасадов и разрезе здания, прибавляют к планировочной отметке земли.

#### Исходные данные:

- топографический план, полученный студентом при выполнении Лабораторной работы №1 с нанесенным с контуром здания;
- условная отметка уровня земли равна – 0,50 м.

#### Ход выполнения работы:

1) Определить фактические отметки земли на углах здания по горизонталям, изображенным на топографическом плане, и записывают на схему (рис. 3.1).

2) К фактическим отметкам необходимо прибавить 0,20 – 0,30 м. В результате будут получены проектные отметки земли для каждого угла здания (проектную отметку принято записывать над фактической). На рис. 3.1. к фактической отметке угла 1В равной 193,20 прибавлено 0,20 м и получена проектная отметка 193,40.

3) По фактическим отметкам земли определяют существующие уклоны вдоль основных осей здания и, если они находятся в пределах рекомендуемых (5 – 60 промилле), принимают их за проектные. На схему уклоны записывают в промилле, направление уклона показывает стрелка.

Например, по данным рис. 3.1 получены следующие уклоны:

$$i_1 = (192,55 - 193,20) / 36 = -0,018,$$

$$i_2 = (192,15 - 192,55) / 12 = -0,033,$$

$$i_3 = (192,85 - 192,15) / 36 = +0,019,$$

$$i_4 = (193,20 - 192,85) / 12 = +0,029.$$

В случае недопустимых существующих уклонов назначают близкие по величине из предельно допустимых, а направление уклонов задают так, чтобы обеспечить сток воды.

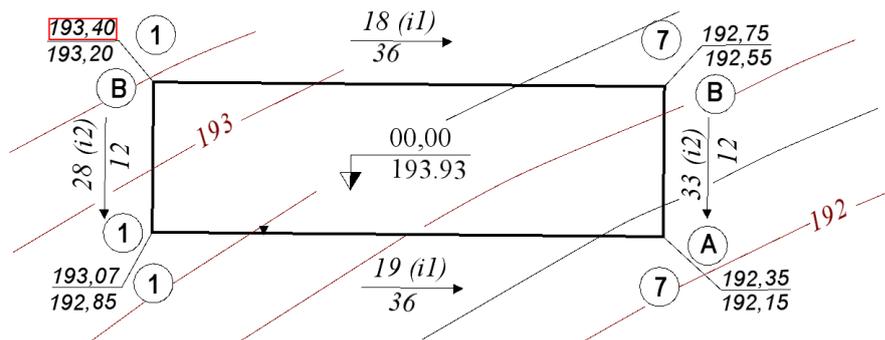


Рис. 3.1. Высотная привязка проектируемого здания к местности

4) Вычислить проектные отметки углов здания, используя начальную проектную отметку (угла 1B) и проектные уклоны (по контуру здания с контролем):

$$H_{n+1} = H_n + id$$

в рассматриваемом примере:

$$H_{7B} = 193,40 + (-0,018 \cdot 36) = 192,75 \text{ м}$$

$$H_{7A} = 192,75 + (-0,033 \cdot 12) = 192,35 \text{ м}$$

$$H_{1A} = 192,35 + (-0,019 \cdot 36) = 193,03 \text{ м}$$

$$H_{7A} = 193,03 + (-0,029 \cdot 12) = 193,40 \text{ м (контроль)}$$

5) Вычислить рабочие отметки на углах здания как разность между соответствующими проектной и фактической отметкой. Рабочие отметки должны быть не менее + 0,20 м, в противном случае необходимо выполнять корректировку проектных уклонов и отметок.

В рассматриваемом примере этому условию не соответствует рабочая отметка в точке пересечения осей 1A:

$$h_{1A} = 193,03 - 192,85 = +0,18 \text{ м}$$

Для корректировки изменим уклон  $i_3$ , приняв его равным 0,020. Тогда:

$$H_{1A} = 192,35 + (-0,020 \cdot 36) = 193,07 \text{ м}$$

При этом условие выполняется, так как рабочая отметка:

$$h_{1A} = 193,07 - 192,85 = +0,22 \text{ м}$$

превышает минимально допустимую величину - 0,20 м.

В результате исправления отметки  $IA$  изменился уклон:

$$i_4 = \frac{193,40 - 192,07}{12} = +0,028$$

б) Определить абсолютную отметку уровня чистого пола первого этажа. Из чертежей фасадов и разрезов проектируемого здания выбирают условную отметку земли, со знаком «минус» относительно уровня чистого пола принятую за  $+ 0,00$  м, и прибавляют к максимальной планировочной отметке земли. Предположим, что условная отметка уровня чистого пола равна  $- 0,50$  м. Тогда абсолютная отметка уровня чистого пола:

$$H_{II} = 193,40 + 0,50 = 193,90 \text{ м}$$

Эту отметку записывают на плане организации рельефа внутри проектируемого здания.

Отчет выполненной **Лабораторной работы № 3** включает в себя:

- выполненные и оформленные расчеты высотной привязки проектируемого здания к местности;
- план высотной привязки проектируемого здания.

## Лабораторная работа №4

## Определение величины и направления крена

Определение крена конструкции – отклонения от вертикали верхней точки  $B$  относительно нижней  $H$  (рис. 4.1) – заключается в измерении частных кренов  $K_1$  и  $K_2$  теодолитом, устанавливаемого на двух станциях. При этом расстояния  $d_1$  и  $d_2$  от конструкции принимают равным  $2..3H$  ( $H$  – высота конструкции), при условии засечки конструкции под углом  $\gamma$ , близким к  $90^\circ$ .

Для контроля полученных результатов измерения частных кренов выполняются двумя методами: горизонтальных углов и вертикального проецирования верхней и нижней точек на горизонтальную рейку.

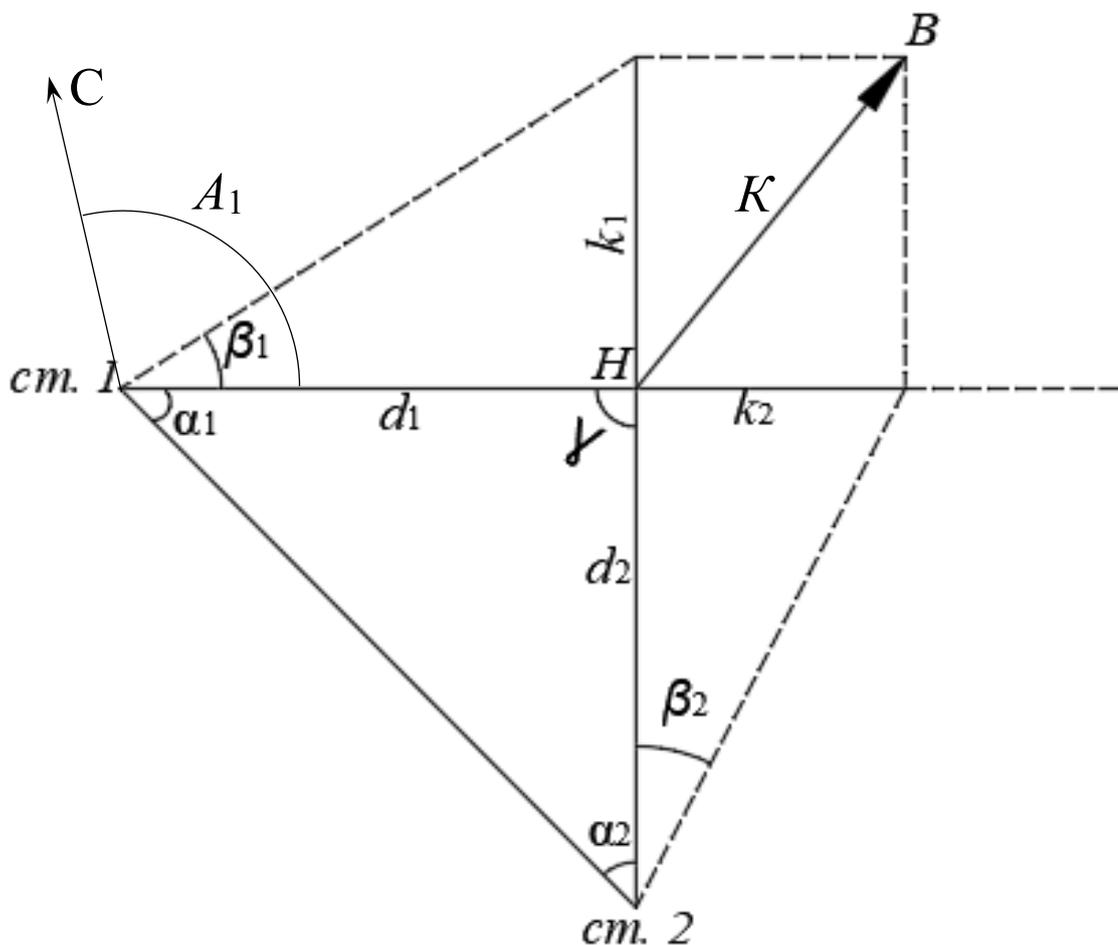


Рис. 4.1. Схема определения крена

Результаты измерений частных кренов, наблюдаемых с двух станций, приведены в таблица 4.1.

Таблица 4.1

№	Круг	Отсчеты по			Крен, мм	
		ВК	ГК	Рейка	Угол	Рейка
$\alpha_1 = 40^\circ 20' 50''$		$d_1 = 20,400$			$A = 96^\circ 50'$	
В <sub>1</sub>	КЛ	17°11'00''	95°21'00''	0663	$\beta_1 = -1^\circ 29' 30''$	-538
	КП	-17°15'00''	275°21'00''	0661		
Н <sub>1</sub>	КЛ	-2°56'00''	96°50'00''	1200		
	КП	2°53'00''	276°51'00''	1200		
$\alpha_2 = 35^\circ 57' 10''$		$d_2 = 18,500$			$\gamma = 103^\circ 42' 00''$	
В <sub>2</sub>	КЛ	17°59'00''	353°39'00''	1480	$\beta_2 = +0^\circ 32' 00''$	+180
	КП	-17°56'00''	173°41'00''	1484		
Н <sub>2</sub>	КЛ	-2°55'00''	353°07'00''	1300		
	КП	2°59'00''	173°09'00''	1304		

В строительных нормативных документах регламентируется величина допустимого крена для высотных сооружений, возводимых из кирпича, железобетона и металла. Для железобетонных и металлических сооружений допускается отклонение от вертикального положения  $K_{\text{доп}} \leq 0,001H$ , где  $H$  - высота сооружения в метрах. Из приведенных в таблице результатов угловых измерений высота конструкции (рисунок 4.2)  $H_{\text{ср}}$  может быть получена по следующим формулам:

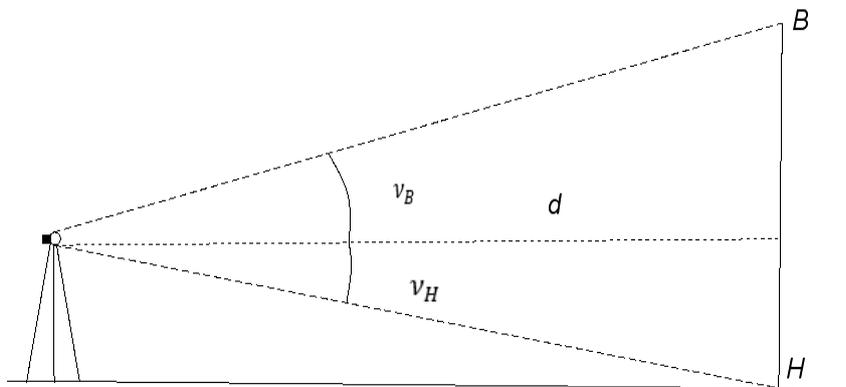


Рис. 4.2. Схема определения высоты сооружения

$$H_{\text{ср}} = (H_1 + H_2)/2;$$

$$H_1 = d_1 \cdot (tg v_B + tg v_H) = 20,4 \cdot (tg 17^\circ 13' + tg 2^\circ 54') = 7,15 \text{ м.};$$

$$H_2 = d_2 \cdot (tg v_B + tg v_H) = 18,5 \cdot (tg 17^\circ 58' + tg 2^\circ 57') = 7,00 \text{ м.};$$

$$K_{\text{доп}} = 0,001 \cdot H_{\text{ср}} = 7 \text{ мм.}$$

Величины частных кренов и их азимутов можно найти по формулам:

$$K_1 = \beta_1 \cdot d_1 / \rho = -5370'' \cdot 20400\text{мм} / 206265'' = -531 \text{ мм}$$

$$A_{K1} = A - 90^\circ = 96^\circ 50' - 90^\circ = 6^\circ 50'$$

$$K_2 = \beta_2 \cdot d_2 / \rho = 1920'' \cdot 18500\text{мм} / 206265'' = +172 \text{ мм}$$

$$A_{K2} = A_{K1} + 180^\circ - \gamma = 6^\circ 50' + 180^\circ - 103^\circ 42' 00'' = 83^\circ 08' 00''$$

Величина результирующего крена определяется по формуле:

$$K = \sqrt{K_1^2 + K_2^2 - 2 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \cos \gamma} / \sin \gamma =$$

$$= \sqrt{(-534)^2 + 176^2 + 2 \cdot 534 \cdot 176 \cdot \cos 103^\circ 42' 00''} / \sin 103^\circ 42' 00'' =$$

$$= 536 \text{ мм.}$$

Азимут направления крена конструкции  $A_k$  определяется из графических построений в удобном масштабе величин и направлений частных кренов  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $A_{k1}$ ,  $A_{k2}$  (рис. 4.3). Контролем вычислений, графических построений и измерений магнитного азимута полного крена может служить величина крена, полученная из масштабного рисунка и вычисленная по формуле.

Вывод: полученный крен  $K = 536$  мм. – не в дпуске.

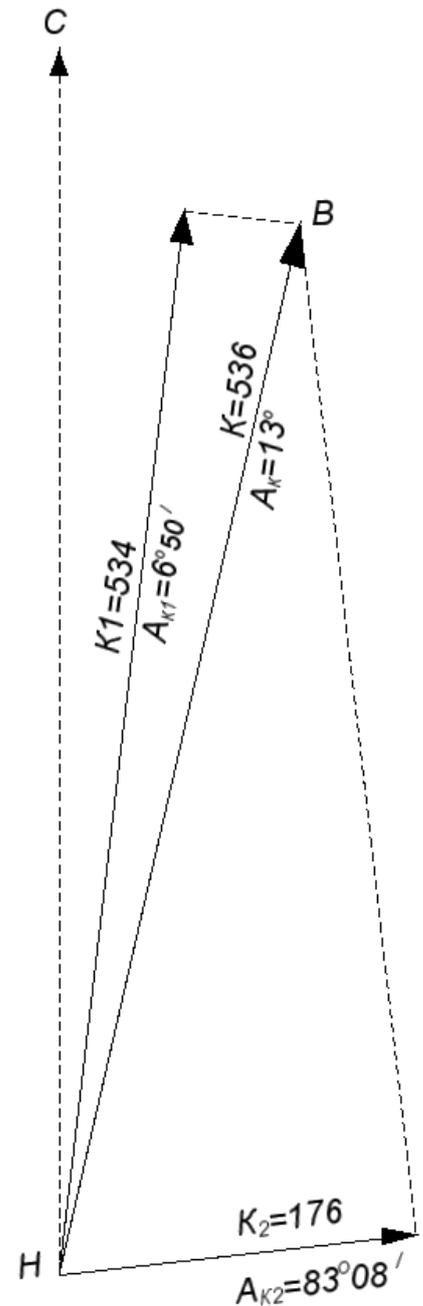


Рис. 4.3 Определение азимута направления крена (М 1:5)

Отчет выполненной **Лабораторной работы № 4** включает в себя:

- таблицу с результатами измерений и вычислений крена двумя способами;
- схема графического определения азимута направления крена;
- вывод, сделанный по результатам измерений.

## Лабораторная работа №5

## Работа с нивелиром на стройплощадке

1. Построение на местности точки с проектной отметкой

Перенесение проектных отметок на конструкции сооружения производят от ближайшего репера с известной отметкой  $H_{рп} = 2N, N$  ( $N$  – двузначное число, соответствующее порядковому номеру студента в списке группы или номеру зачетной книжки). Требуется так провести риску через точку  $B$  (рис. 5.1), чтобы её отметка была равна проектному значению  $H_{пр} = H_{рп} + 0,04N$ .

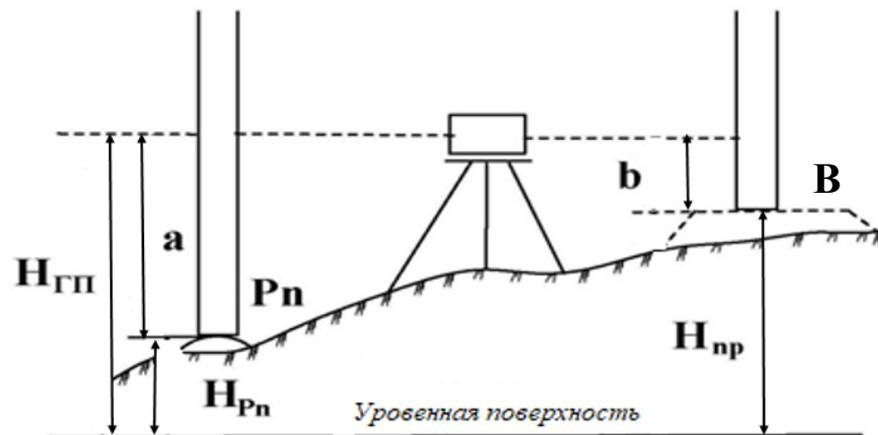


Рис. 5.1. Построение точки с проектной отметкой

Для этого нивелир устанавливают примерно посередине между репером и точкой  $B$ , приводят его в рабочее положение и берут отсчет  $a$  по черной стороне рейки, установленной на репере. Вычисляют отметку горизонта прибора:

$$H_{ГП} = H_{Pn} + a.$$

Для вычисления отсчета  $b$ :

$$b = H_{ГП} - H_{пр}.$$

Затем по команде наблюдателя передвигают рейку на точке  $B$  вверх или вниз до получения вычисленного отсчета  $b$ , называемого "проектной рейкой". В этом случае пятка (нуль) рейки будет находиться на необходимой проектной высоте, которую отмечают карандашом или мелом на сооружении. Аналогичные построения и вычисления для контроля выполняют при изменённом горизонте прибора.

## 2. Построение в натуре линии заданного уклона

Задание:

От точки В, закрепленной на местности или обозначенной на обноске, необходимо построить линию с уклоном  $i = \pm 0,0N$  (для четных номеров "+", для нечетных "-") через точки 1, 2 и 3 (рис. 5.2). Расстояние между точками

$$d_{B-1} = d_{1-2} = d_{2-3} = 10 \text{ м.}$$

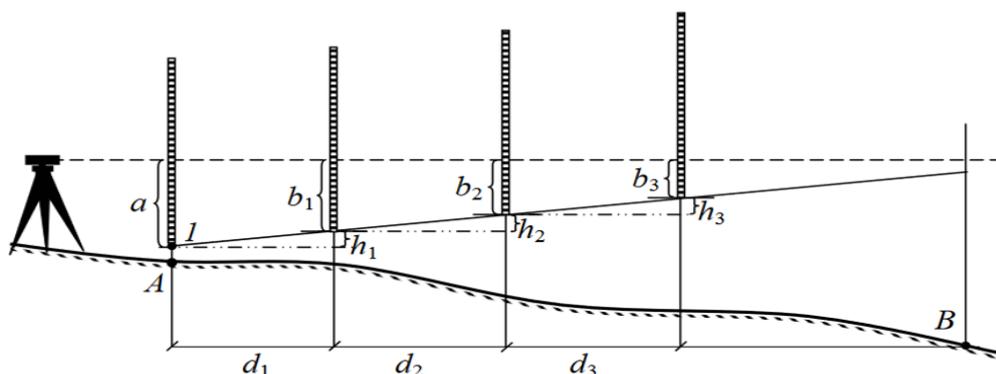


Рис. 5.2. Схема построения линии заданного уклона

Это задание выполняют в следующей последовательности:

1. Определяют проектные высоты точек 1, 2 и 3 по формуле  $H_i = H_B + id_i$ ,
2. Вычисляют "проектные отсчеты" в этих точках

$$b_i = H_{ГП} - H_i,$$

где  $H_{ГП} = H_A + b$ .

3. Устанавливая последовательно рейку в точках 1, 2, 3, опускаем или поднимаем ее до тех пор, пока отсчет по ней окажется соответственно равным  $b_1, b_2, b_3$ , а пятка рейки будет находиться на проектных высотах. Прямая, проходящая через отмеченные точки, и будет линией заданного уклона.

Отчет выполненной **Лабораторной работы № 5** включает в себя описание, схемы и результаты работы.

## Лабораторная работа №6

## Составление поперечных разрезов трубопровода и вычисление объёмов вынимаемого грунта

## Исходные данные:

- ширина траншеи по низу равна  $a = D + 1,0$  м, где  $D$  – диаметр трубы принять равным 200 мм.
- начальная глубина траншеи принять не менее 1 м;
- начальный уклон принять равным 0,008 (8‰). Возможно изменение уклона по ходу выполнения работы.

## Ход выполнения работы:

1. На фрагменте индивидуального плана участка, полученного для выполнения Лабораторной работы №1, определить начало трубопровода (ввод в здание) и запроектировать трассу.
2. Определить на плане фактическую отметку  $H_{\text{ч}}$  в точке, являющейся началом трубопровода.
3. Вычислить исходную проектную отметку по формуле:  
 $H_{\text{тр1}} = H_{\text{ч}} - 1,0$  м.
4. Рассчитать проектные отметки по трассе через 10 м согласно заданному уклону.
5. Наметить плановое положение колодцев. Колодцы разместить на поворотах и на перегибах местности, но не чаще 35 м и не реже 100 м.
6. Вычислить отметки лотка в колодцах и вычислить глубину колодцев. Если глубина колодцев будет меньше 1,6 м, то необходимо увеличить глубину выхода трубопровода от потребителя, т.е. увеличить исходную глубину, или увеличить уклон.

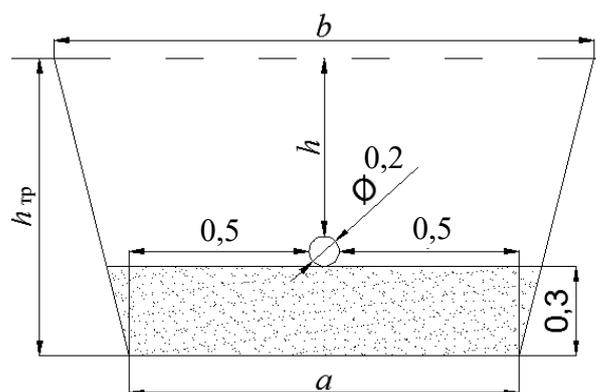


Рис. 6.1. Поперечный профиль траншеи

Если глубина колодцев будет больше 10 метров, то поступают наоборот. Уменьшают глубину начальной отметки (можно уменьшить до 0,7 м. до верха трубы) или уменьшают уклоны до 0,007.

Изменять можно с меньшего на больший, но не наоборот т.к. при этом произойдет залив колодца.

Результаты вычислений необходимо представить в виде таблицы 6.1:

Таблица 6.1.

№ попер.	Отметка земли $H_{\phi}$ , м	Глубина трубы $h$ , м	Отметка трубы, м	$i$ , ‰	$h_{тр}$
			$H_{\phi} - h$		

7. Составить поперечный профиль траншеи с трубопроводом в местах установки колодцев и в местах предельной глубины колодцев. В отчете должно быть представлено не менее 5-ти поперечных разрезов траншеи.

По глубинам колодцев определяют уклоны откосов траншеи на каждом разрезе. Т.к. уклоны откосов зависят от грунтов, то для выполнения работы грунт принять как супесь (это значит уклоны откосов будут находится в сухих грунтах). Значения крутизны будущего откоса представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2.

Глубина траншеи $h_{тр}$	< 1,5 м	1,5 – 3,0 м	3,0 – 5,0 м	> 5,0 м, или влажные*
Крутизна откоса $K$ (отношение его высоты к заложению)	1:0,25	1:0,67	1:0,85	1:1

*Влажными считаются грунты, если трубопровод проходит через болото или заболоченную местность, вблизи рек или источников воды (20 м).*

Глубину колодца вычислить по формуле

$$h_{тр} = h_{верх} + D + 0,3 \text{ м.}$$

8. Вычислить « $b$ » - ширину траншеи по верху:

$$b = a + 2(h_{тр} \cdot K).$$

9. Вычисленные объемы вынимаемого грунта в траншеи представить в таблице 6.3.

Таблица 6.3.

№ попер.	Глубина траншеи $h_{тр}$ , м	$b$ , м	Площадь $S$ , $\text{м}^2$	Расстояние $l$ , м	Объём $V$ , $\text{м}^3$

$$\Sigma = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}^3$$

Отчет выполненной **Лабораторной работы № 6** включает в себя:

- поперечные разрезы траншеи с трубопроводом;
- таблицу вычислений отметок лотка в колодцах и их глубин;
- таблицу вычислений объемов вынимаемого грунта в траншеи.

## Лабораторная работа №7

### Построение продольного профиля подземной коммуникации

Продольный профиль коммуникации представляет собой вертикальный разрез поверхности земли по трассе сети с нанесением высотного положения трубопровода. Строится на основе данных нивелирования трассы и обследования колодцев.

#### Исходные данные:

1. [Журнал нивелирования колодцев подземных коммуникаций](#) необходимо скачать и распечатать.

2. Отметки исходных пунктов по вариантам представлены в таблице 7.1

Масштабы для построения продольного профиля: горизонтальный 1:2000, вертикальный 1:200.

Таблица 7.1

№ варианта	H <sub>Rp153</sub>	H <sub>Rp146</sub>	№ варианта	H <sub>Rp153</sub>	H <sub>Rp146</sub>
1	221,060	227,750	21	167,085	173,702
2	190,473	197,116	22	210,244	216,871
3	154,364	161,031	23	192,073	198,724
4	151,754	158,413	24	204,422	211,085
5	215,284	221,932	25	167,156	173,794
6	150,612	157,248	26	202,789	209,437
7	223,719	230,385	27	183,583	190,220
8	163,719	170,397	28	200,686	207,298
9	193,648	200,289	29	202,633	209,263
10	226,954	233,627	30	164,019	170,657
11	170,932	177,553	31	179,769	186,417
12	224,034	230,656	32	204,069	210,670
13	213,618	220,245	33	221,683	228,313
14	230,790	237,451	34	153,504	160,151
15	189,501	196,174	35	214,666	221,305
16	223,830	230,450	36	199,025	205,652
17	219,657	226,298	37	150,907	157,534
18	204,215	210,881	38	202,756	209,386
19	201,166	207,806	39	206,313	212,931
20	159,562	166,202	40	158,237	164,879

[Пример продольного профиля можно посмотреть в Приложении 4](#) и в [Приложении 5](#).

Отчет выполненной **Лабораторной работы № 7** включает в себя:

- обработанный журнал нивелирования колодцев;
- продольный профиль хозяйственно-бытовой канализации;
- продольный профиль телефонной канализации.

## Лабораторная работа № 8

## Подготовка данных для разбивки контура котлована

## Исходные данные:

1. План строительного участка масштаба 1:500 с нанесенными на него основными осями задания
2. Ширина пазух  $l_n = 1,15$  м.
3. Расстояние от осей до наружной грани фундамента  $l_c = 0,35$  м.
4. Отметка низа фундаментной плиты  $-3,000$  м.
5. Под плитой предусмотрена подготовка из бетона толщиной 100 мм.
6. Под ней предусмотрена песчаная подсыпка толщиной 300 мм.
7. Проектная отметка дна котлована  $H_{пр} = H_{ср} - 3,00 - 0,10 - 0,30$
8. Крутизна откоса  $i_0 = 0,65 + (\text{номер варианта})/100$ .

## Ход выполнения работы:

1. Отобразить на плане основные оси сооружения (А-А; Б-Б; 1-1; 4-4).
2. Нанести на план промежуточные оси здания/сооружения (2-2; 3-3).

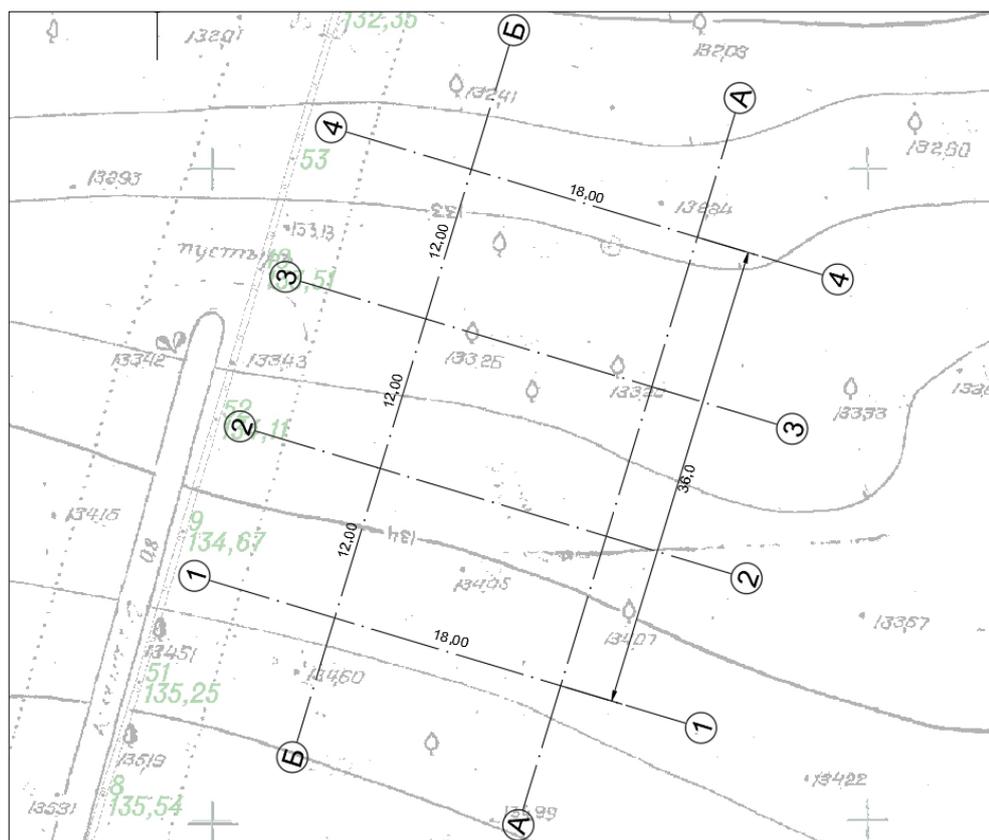


Рис. 8.1. Схема основных и промежуточных осей здания

3. Для построения контура нижней бровки котлована необходимо отложить на плане от основных осей расстояния  $dn = lc + ln = 0,35 + 1,15 = 1,50$  м.

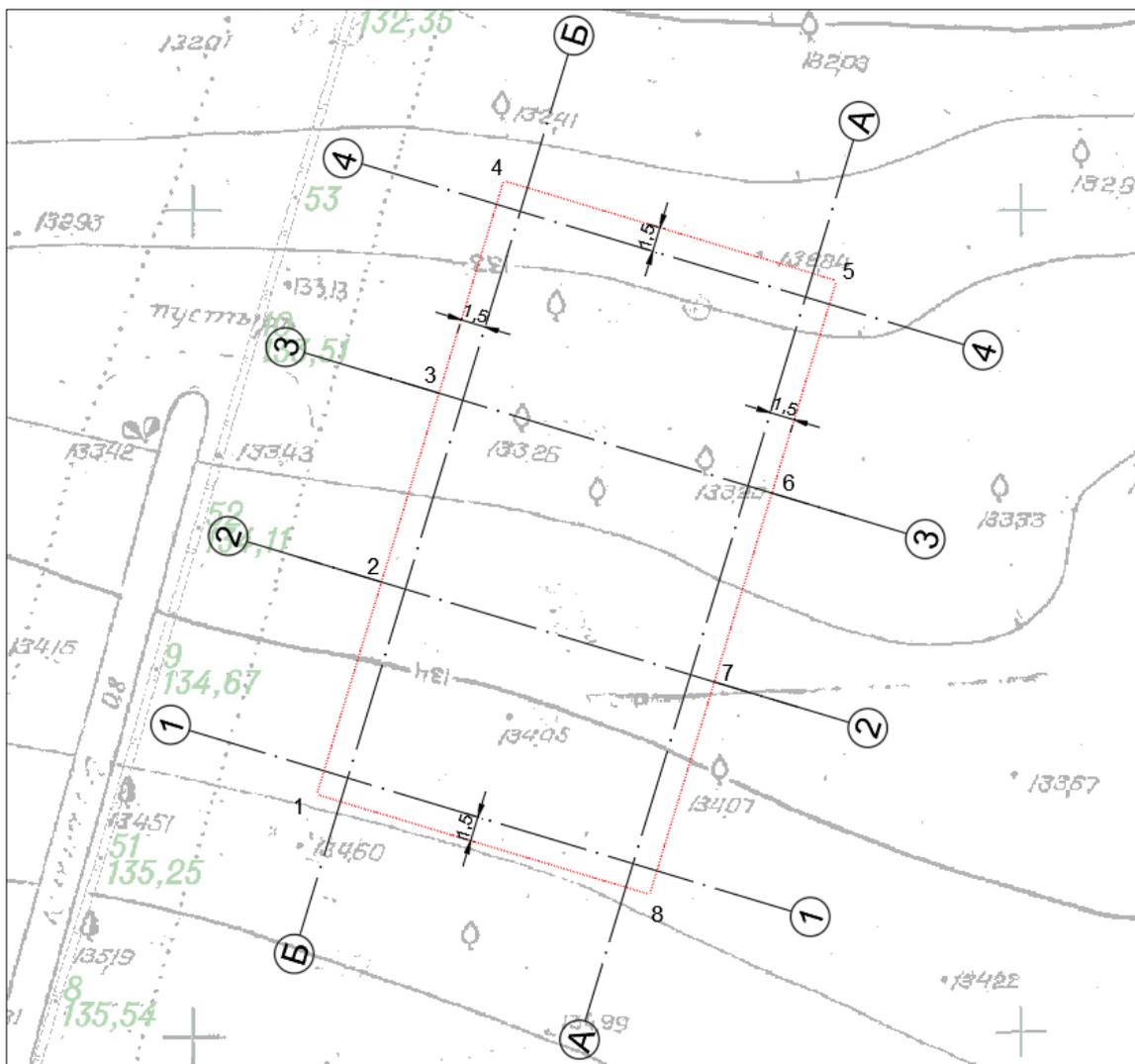


Рис. 8.2. Схема построения нижней бровки котлована

4. Определить высоты точек 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Результаты внести во 2 столбец таблицы 8.1.

Вычислить среднее арифметическое из восьми отметок  $H_{\text{ср}}$ .

5. Определить глубину котлована:

$$h_j = H_j - H_{\text{пр}}$$

Результаты вычислений внести в 4 столбец таблицы 8.1.

6. По крутизне откоса  $i_0$  вычислить приближенное значение расстояния между нижней и верхней бровками:

$$d'_j = h_j / i_0.$$

Результаты вычислений внести в столбец 5 таблицы 8.1

Таблица 8.1

## Ведомость вычисления разбивочных элементов контуров верхней бровки котлована

Линия	Отметки, м		Глубина котлована $h$ , м	Приближенное проложение между бровками $d'$	Длина линии $l$ , м	Уклон $i$	Проложение между бровками $d$ , м	Отметка верхней бровки $H_0$ , м	$d_{0\text{ прод}}$	$d_{0\text{ поп}}$	Угол
	$H$	$H'$									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1-1'	134,45	134,43	4,29	6,30	7	-0,0029	6,28	134,43	6,80	6,87	ЮЗ
1-1''	134,45	134,83	4,29	6,30	7	0,0543	6,85	134,82			
2-2'	133,77	133,73	3,61	5,30	6	-0,0067	5,25	133,73			
3-3'	133,29	133,25	3,13	4,60	5	-0,0080	4,54	133,25	3,37	3,32	СЗ
4-4'	132,66	132,61	2,50	3,67	4	-0,0125	3,60	132,61			
4-4''	132,66	132,42	2,50	3,67	4	-0,0600	3,37	132,46	3,88	3,72	СВ
5-5'	132,83	132,91	2,67	3,92	4	0,0200	4,04	132,91			
5-5''	132,83	132,64	2,67	3,92	4	-0,0475	3,66	132,66			
6-6'	133,31	133,30	3,15	4,63	5	-0,0020	4,61	133,30	6,68	6,75	ЮВ
7-7'	133,77	133,74	3,61	5,30	6	-0,0050	5,26	133,74			
8-8'	134,43	134,38	4,27	6,27	7	-0,0071	6,21	134,39			
8-8''	134,43	134,78	4,27	6,27	7	0,0500	6,77	134,77			

7. От точек 1 – 8 по осям здания отложить расстояния  $l$  и при этом будут получены вспомогательные точки 1' – 8' и 1'', 4'', 5'', 8''. Расстояние  $l$  выбирается так, чтобы точка располагалась за верхней бровкой котлована ( $> d'$ ) и, по возможности ближе к ней. Результаты записать в 6 столбец таблицы 8.1. У этих точек необходимо определить отметку и внести в 3 столбец таблицы 8.1.

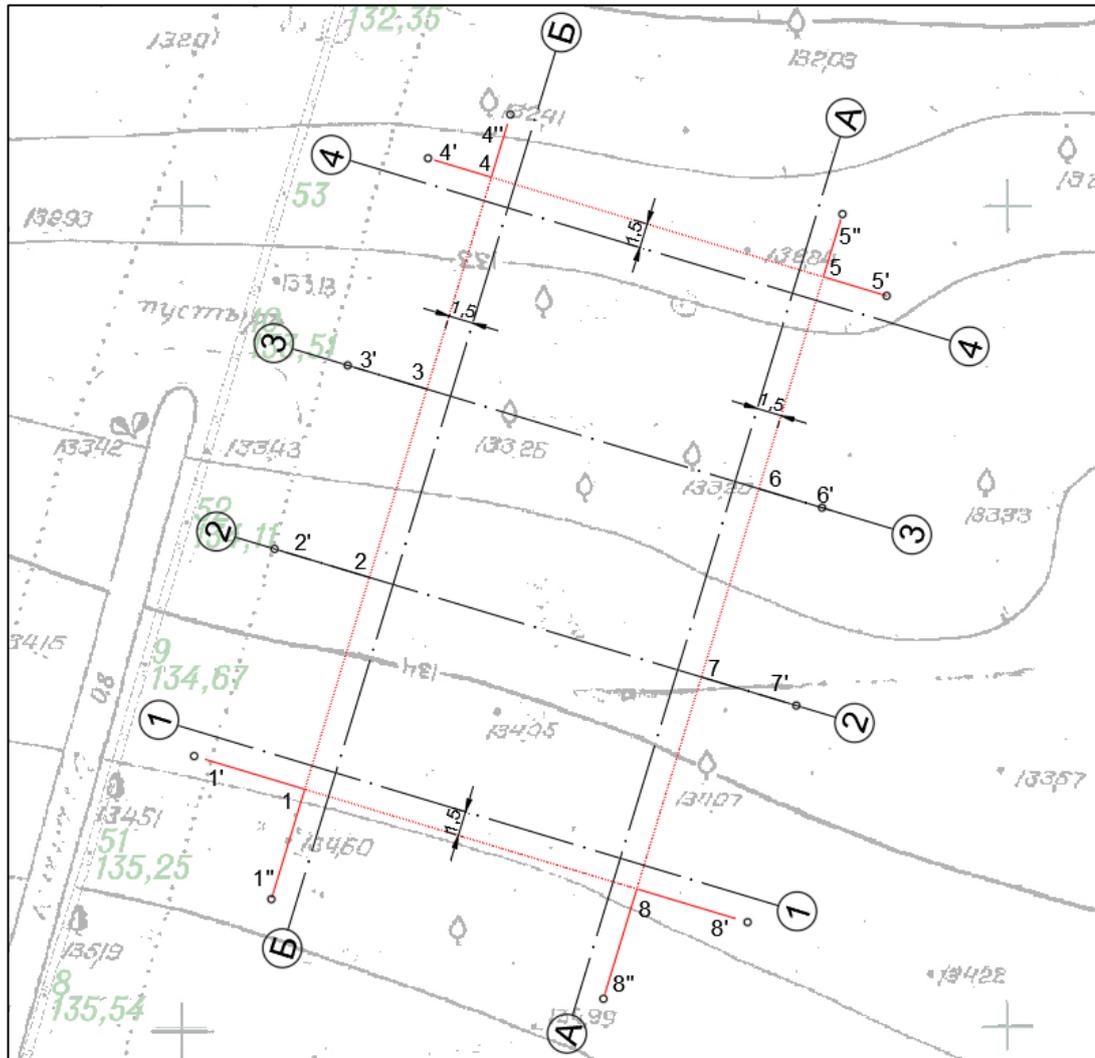


Рис. 8.3. Схема построения вспомогательных точек

8. Вычислить уклоны линии местности по формуле:

$$i_j = \frac{H'_j - H_j}{l_j}.$$

Результаты вычислений внести в 7 столбец таблицы 8.1.

9. Определить горизонтальные проложения между нижней и верхней бровкой по формуле:

$$d_j = \frac{H_j - H_{np}}{i_0 - i_j}.$$

Результаты вычислений внести в 8 столбец таблицы 8.1.

10. Вычисленные горизонтальные проложения отложить в соответствующем масштабе на плане от точек контура нижней бровки, тем самым будет получено новое положение вспомогательных точек 1' – 8' и 1", 4", 5", 8". Полученные точки необходимо соединить ломанной линией.

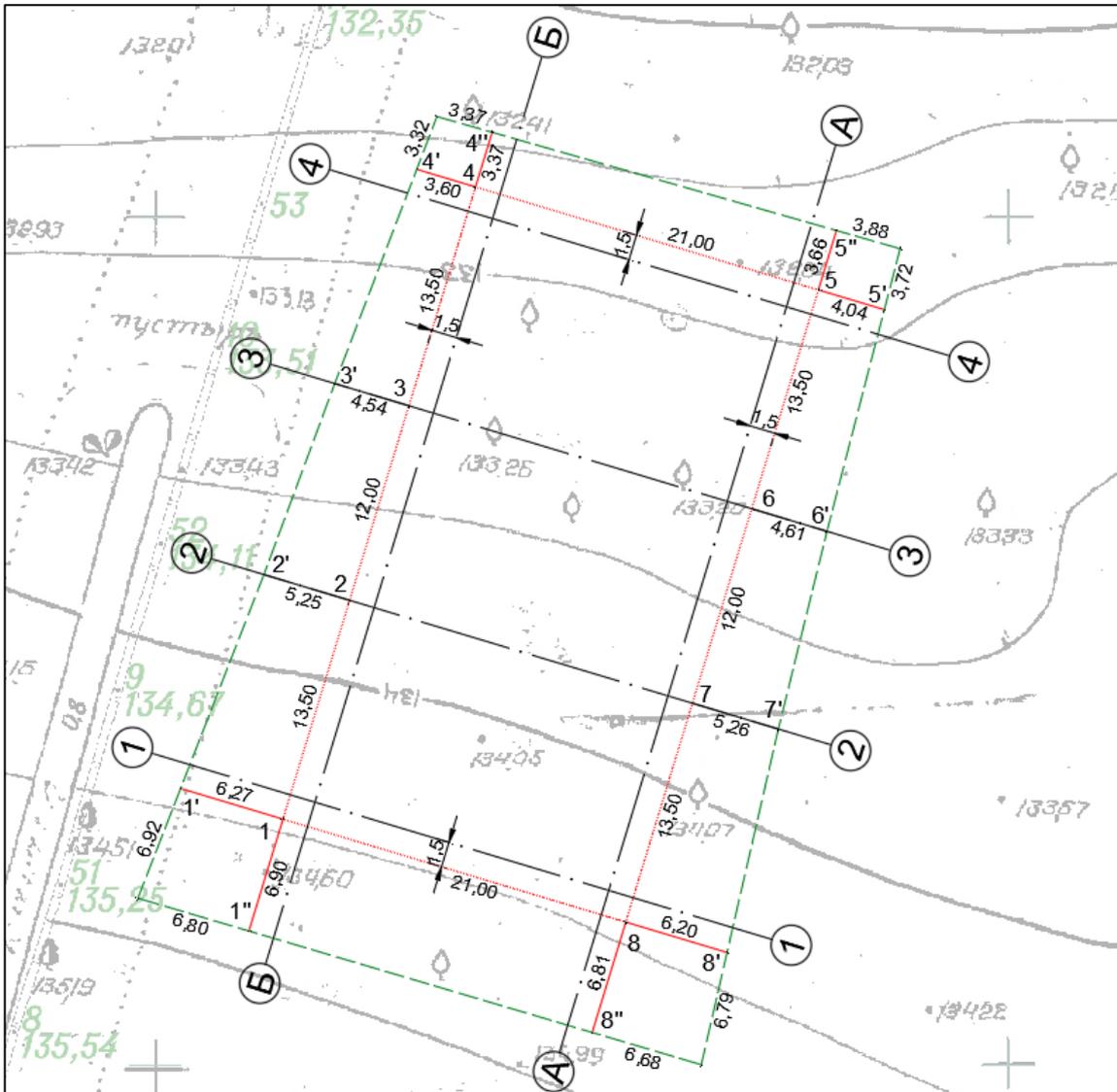


Рис. 8.4. Схема построения уточнённых вспомогательных точек и верхней бровки котлована

11. Вычислить отметки верхней бровки по формуле:

$$H_0 = H' + i_0 \cdot d.$$

Результаты вычислений внести в 9 столбец таблицы 8.1.

12. Для определения расстояния  $d_0$  по верхней бровке до угла контура котлована используют формулу:

$$d_0 = d_1 - \frac{(d_2 - d_1) \cdot d_{01}}{d_{12}}.$$

Результаты вычислений внести в 10 и 11 столбцы таблицы 8.1.

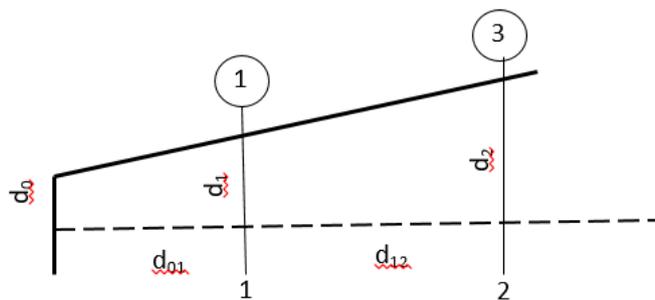


Рис. 8.5. Элементы разбивки котлована

$$d_{18;45} = 18 + 1,5 \cdot 2 = 21 \text{ м.}$$

$$d_{12;34;56;78} = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ м.}$$

Для построения разбивочного контура котлована на местности составляется разбивочный чертеж, на котором показывают основные оси здания, контуры нижней и верхней бровок котлована, размеры всех разбивочных элементов (см. [ПРИЛОЖЕНИЕ 6](#)).

Отчет выполненной **Лабораторной работы № 8** включает в себя:

- таблицу исходных данных, согласно варианту;
- ведомость вычисления разбивочных элементов контуров верхней бровки котлована;
- распечатанный в масштабе 1:500 разбивочный чертеж, на котором показаны основные оси здания, контуры нижней и верхней бровок котлована, размеры всех разбивочных элементов.

## Лабораторная работа № 9

Определение объёмов земляных работ при выемке грунта из котлована.

### Исходные данные:

Разбивочный чертёж котлована, полученный в результате выполнения Лабораторной работы №8

### Ход выполнения работы:

1. Контур котлована разбивают на простые геометрические фигуры (рис. 9.1).
2. Выписывают на схему котлована:
  - горизонтальные проложения между бровками котлована (выбирают из Ведомости вычисления разбивочных элементов контуров верхней бровки котлована Таблица 8.1);
  - горизонтальные проложения между точками нижней бровки котлована (из разбивочного чертежа).
3. Для всех точек по нижней бровке котлована вычисляют рабочие отметки и выписывают их на схему. Рабочие отметки вычисляют по формуле:

$$h_i = H_i - H_{\text{пр}}$$

где  $H_i$  – отметка поверхности земли в  $i$ -той точке, выбираемая из графы 2 Ведомости...;

$H_{\text{пр}}$  – отметка дна котлована.

4. Вычислить объёмы вынимаемых грунтов:

Объёмы тел в фигурах 1, 2 и 3 (рис. 9.1) определяют, как объёмы прямоугольных параллелепипедов, расположенных в основании котлована:

$$V = a \cdot b \cdot h_{\text{cp}}$$

Например, для фигуры 1. Площадь основания будет вычислена как:  $S = ab$ , в качестве высоты параллелепипеда берется среднее значение из рабочих отметок по граням:

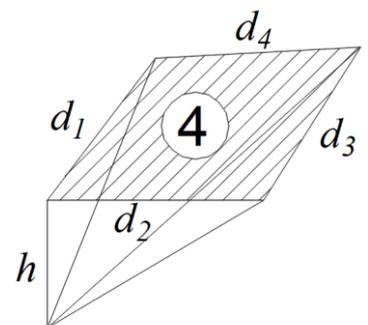
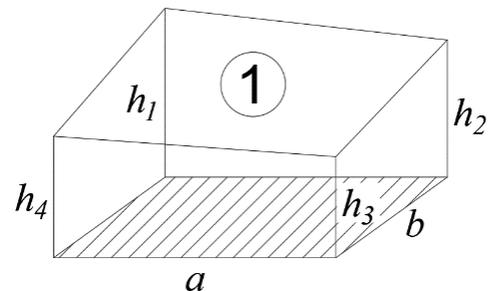
$$h_{\text{cp}} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4}$$

Объёмы в фигурах 4, 5, 6 и 7 (рис. 9.1) вычисляются как объёмы четырехугольных пирамид, расположенных в углах котлована.

$$V = S \cdot \frac{h}{3}$$

Например, для фигуры 4 для определения площади основания (заштриховано) четырёхугольник принимают за прямоугольник со средними сторонами. Тогда:

$$S = \frac{(d_1 + d_3) \cdot (d_2 + d_4)}{4}$$



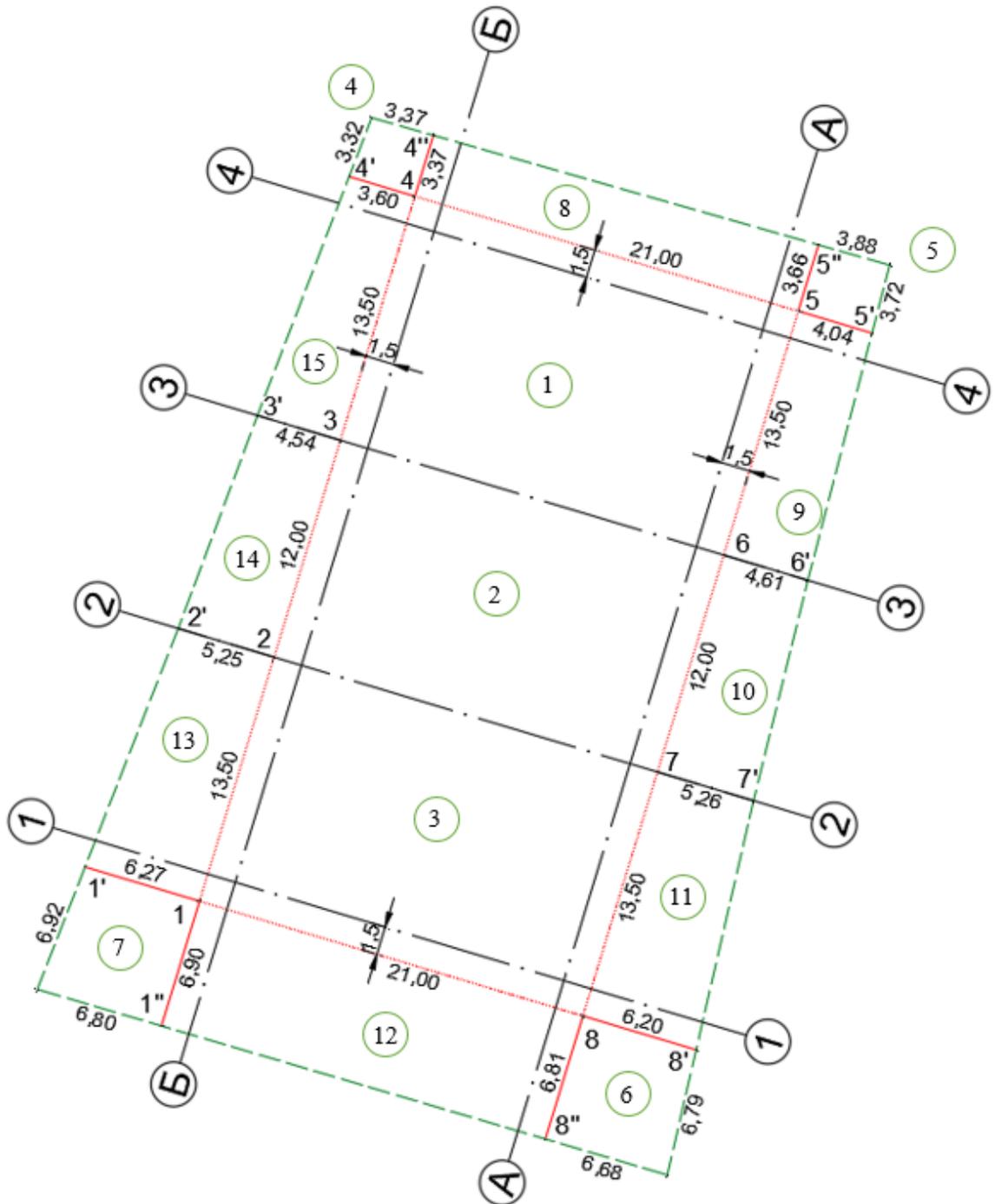
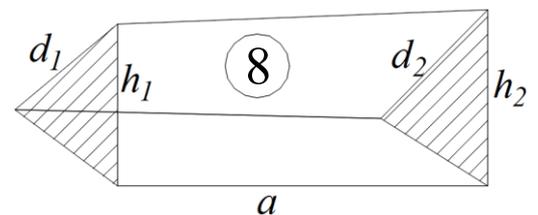


Рис. 9.1. Контур котлована, разбитый на простые геометрические фигуры

Объемы тел в фигурах 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 и 15 определяют, как объемы треугольных призм. Основание призмы заштриховано. Так как площадь основания у реальных тел различны, то вычисляют их среднее значение:



$$S = \frac{1}{2} \left( \frac{h_1 d_1}{2} + \frac{h_2 d_2}{2} \right)$$

Объем призмы вычисляют как:  $V = S \cdot a$ , где  $a$  - высота призмы.

Таблица 9.1 Пример ведомости вычислений объёмов земляных работ по котловану.

№ фиг.	Название тела	Числовые значения величин, входящих в формулу, м	Объём тела, м <sup>3</sup>
1	Прямоугольный параллелепипед	$13,5 \cdot 21 \cdot (2,50 + 2,67 + 3,15 + 3,13) / 4$	811,519
2		$12 \cdot 21 \cdot (3,13 + 3,15 + 3,61 + 3,61) / 4$	850,500
3		$13,5 \cdot 21 \cdot (3,61 + 3,61 + 4,27 + 4,29) / 4$	1118,408
4	Четырёхугольная пирамида	$(3,37 + 3,60) \cdot (3,32 + 3,37) \cdot 2,50 / 12$	9,714
5		$(3,88 + 4,04) \cdot (3,66 + 3,72) \cdot 2,67 / 12$	13,005
6		$(6,20 + 6,68) \cdot (6,81 + 6,79) \cdot 4,27 / 12$	62,331
7		$(6,27 + 6,80) \cdot (6,92 + 6,90) \cdot 4,29 / 12$	64,574
8	Треугольная призма	$(2,50 \cdot 3,37 + 2,67 \cdot 3,66) \cdot 21 / 4$	95,535
9		$(2,67 \cdot 4,04 + 3,15 \cdot 4,61) \cdot 13,5 / 4$	85,416
10		$(3,15 \cdot 4,61 + 3,61 \cdot 5,26) \cdot 12 / 4$	100,530
11		$(3,61 \cdot 5,26 + 4,27 \cdot 6,20) \cdot 13,5 / 4$	153,436
12		$(4,29 \cdot 6,90 + 4,27 \cdot 6,81) \cdot 21 / 4$	308,068
13		$(3,61 \cdot 5,25 + 4,29 \cdot 6,27) \cdot 13,5 / 4$	154,746
14		$(3,13 \cdot 4,54 + 3,61 \cdot 5,25) \cdot 12 / 4$	99,488
15		$(2,50 \cdot 3,60 + 3,13 \cdot 4,54) \cdot 13,5 / 4$	78,334

$$V = 4005,605 \text{ м}^3$$

Отчет выполненной **Лабораторной работы № 9** включает в себя:

- схему контура котлована, разбитую для подсчета объема на простые геометрические фигуры с указанием ее номера;
- ведомость ведомости вычислений объёмов земляных работ по котловану.

## Лабораторная работа № 10

### Определение координат пункта обратной засечкой по трем исходным Исходные данные:

- координаты трех исходных пунктов;
- измеренные способом «круговых приемов» горизонтальные направления.

#### Задание:

1. Определить координаты пункта Р тремя способами:

- по формулам Деламбра и Гаусса
- с использованием формул Пранис-Праневича
- по формулам Ансермета

2. Выполнить расчет точности планового положения пункта Р, определенного из обратной засечки

3. Проконтролировать решение задачи в программном продукте КРЕДО ДАТ.

**! Приветствуется решение задач в программах MathCad или MathLab**

#### Ход выполнения работы:

Согласно своему варианту из Таблиц 10.1 и 10.2 выбрать номера пунктов и результаты измерений на них.

Таблица 10.1.

#### Исходные данные

№ варианта	№№ пунктов	№ варианта	№№ пунктов
1	1, 3, 5	11	1, 7, 9
2	1, 8, 9	12	2, 3, 5
3	1, 4, 7	13	2, 6, 7
4	1, 5, 9	14	2, 7, 9
5	2, 4, 6	15	3, 4, 6
6	2, 5, 8	16	3, 7, 9
7	3, 5, 7	17	4, 5, 7
8	3, 6, 9	18	4, 6, 8
9	1, 2, 4	19	4, 7, 9
10	1, 6, 7	20	5, 7, 9

Таблица 10.2.

#### Исходные данные

№ пункта	Наименование пункта	Измеренное направление	Координаты, м	
			X	Y
1	Никитино	0°00'00"	6755,21	8102,43
2	Демидово	37 45 18	4999,83	9000,29
3	Дубровка	99 36 47	3005,74	8624,38
4	Новый	120 25 29	1911,02	8877,76
5	Филатово	188 45 07	1362,67	6098,80
6	Соть	235 12 48	3313,77	6026,85
7	Булавки	287 35 40	4648,85	5800,34
8	Рыбхоз	302 32 17	5868,56	5317,45
9	Смирново	336 04 45	6553,38	6827,15

Последовательность выполнения работы:

**1) Решение обратной угловой засечки по формулам Деламбра и Гаусса.**

Дирекционный угол главного (среднего) направления засечки  $P-2$  и дирекционные углы направлений  $P-1$  и  $P-3$  вычисляют используя формулу Деламбра

$$tg\alpha_2 = \frac{(Y_3 - Y_2)ctg\beta_2 + (Y_1 - Y_2)ctg\beta_1 - (X_3 - X_1)}{(X_3 - X_2)ctg\beta_2 + (X_1 - X_2)ctg\beta_1 + (Y_3 - Y_1)}. \quad (10.1.)$$

Координаты определяемого пункта  $P$  вычислить по формулам Гаусса с контролями

$$X_P = \frac{X_1 \cdot tg\alpha_1 - X_2 \cdot tg\alpha_2 + (Y_2 - Y_1)}{tg\alpha_1 - tg\alpha_2};$$

$$Y_P = Y_1 + (X_P - X_1) \cdot tg\alpha_1; \quad Y_P = Y_3 + (X_P - X_3) \cdot tg\alpha_3; \quad (10.2.)$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 - \beta_1 \pm 180^\circ; \quad \alpha_3 = \alpha_2 + \beta_2 \pm 180^\circ.$$

Результаты вычислений представить в таблице 10.3

Таблица 10.3.

Вычисление координат пункта  $P$  по формулам Деламбра и Гаусса

Номера пунктов	Координаты, м	
	X	Y
1		
2		
3		

Полевые измерения:	
Обозначения	Вычисленные величины
$Y_3 - Y_2$	
$X_3 - X_2$	
$ctg\beta_2$	
$Y_3 - Y_1$	
$Y_1 - Y_2$	
$X_1 - X_2$	
$ctg\beta_1$	
$X_3 - X_1$	
$tg\alpha_2$	
$\alpha_2$	
$\alpha_1 = \alpha_2 - \beta_1$	
$tg\alpha_1$	
$X_P$	
$Y_P$	
$\alpha_3 = \alpha_2 + \beta_2$	
$tg\alpha_3$	

Контроль:  $Y_P$  вычислить от пунктов 1 и 3  
 $tg\alpha_2 =$  (по вычисленным координатам)

## 2) Решение обратной угловой засечки с использованием формул Пранис-Праневича

Определить дирекционный угол главного (среднего) направления засечки  $P-2$  и дирекционные углы направлений  $P-1$  и  $P-3$ , используя формулу (10.1).

Координаты определяемого пункта вычислить по формулам Пранис-Праневича:

$$X_P = X_2 + \Delta X_P ; Y_P = Y_2 + \Delta Y_P ;$$

$$\Delta X_P = \frac{N}{1 + tg^2 \alpha_2} ; \quad \Delta Y_P = \Delta X_P \cdot tg \alpha_2 ; \quad (10.3.)$$

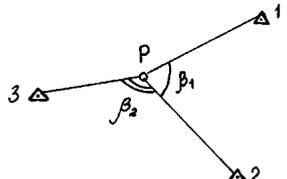
$$N = (Y_2 - Y_3) (ctg \beta_2 - tg \alpha_2) - (X_2 - X_3) (1 + ctg \beta_2 tg \alpha_2),$$

а для контроля  $N$ , вычислить по формуле:

$$N = (Y_1 - Y_2) (ctg \beta_1 - tg \alpha_2) - (X_2 - X_1) (1 - ctg \beta_1 tg \alpha_2) \quad (10.4.)$$

Таблица 10.4.

Вычисление координат пункта $P$		
Номера пунктов	Координаты, м	
	X	Y
1		
2		
3		
Полевые измерения:		
Обозначения	Вычисленные величины	
$Y_3 - Y_2$		
$X_2 - X_3$		
$ctg \beta_2$		
$Y_3 - Y_1$		
$Y_1 - Y_2$		
$X_1 - X_2$		
$ctg \beta_1$		
$X_3 - X_1$		
$tg \alpha_2$		
$\alpha_2$		
$(Y_2 - Y_3) (ctg \beta_2 - tg \alpha_2)$		
$1 + ctg \beta_2 tg \alpha_2$		
$(X_2 - X_3) (1 + ctg \beta_2 tg \alpha_2)$		
N		
$1 + tg^2 \alpha_2$		
$\Delta X_P$		



$\Delta Y_P$	
$X_P = X_2 + \Delta X_P$	
$Y_P = Y_2 + \Delta Y_P$	
Контроль: $tg\alpha_2 =$	(по вычисленным координатам)

### 3) Решение обратной угловой засечки по формулам Ансермета

Сначала из решения обратной геодезической задачи необходимо найти дирекционные углы направлений  $\alpha_{12}$ ,  $\alpha_{13}$ ,  $\alpha_{23}$  и им обратные;

Затем необходимо вычислить значения углов  $\varpi_1$ ;  $\varpi_2$ ;  $\varpi_3$ , как разность соответствующих дирекционных углов (см. схему).

Координаты точки Р вычислим по формулам Ансермета:

$$X_P = \frac{X_1 P_1 + X_2 P_2 + X_3 P_3}{P_1 + P_2 + P_3}; \quad Y_P = \frac{Y_1 P_1 + Y_2 P_2 + Y_3 P_3}{P_1 + P_2 + P_3}; \quad P_i = \frac{1}{ctg \varpi_i - ctg \beta_i}. \quad (10.5.)$$

Таблица 10.5.

Вычисление координат пункта Р

Номера пунктов	Координаты, м		
	X	Y	
1			
2			
3			
Полевые измерения:			
Обозначения	Вычисленные величины	Обозначения	Вычисленные величины
$\alpha_{12}$		$ctg \beta_1$	
$\alpha_{23}$		$ctg \beta_2$	
$\alpha_{13}$		$ctg \beta_3$	
$\varpi_1$		$P_1$	
$\varpi_2$		$P_2$	
$\varpi_3$		$P_3$	
$ctg \varpi_1$		$X_P$	
$ctg \varpi_2$		$Y_P$	
$ctg \varpi_3$			
$tg\alpha_2 =$		(по вычисленным координатам)	

Ⓞ При вычислении значений функций необходимо удерживать 8-м значащих цифр, углы – до 0,01", приращения координат и координаты определяемой точки – до 0,01 м.

#### 4) Оценка точности

Для определения СКП планового положения пункта  $M_P$  из обратной засечки:

$$(a)_i = -\frac{\sin\alpha_i}{10000}\rho''; \quad (b)_i = \frac{\cos\alpha_i}{10000}\rho''; \quad (10.6.)$$

$$a_i = -\frac{(a)_i}{S_i}; \quad b_i = -\frac{(b)_i}{S_i}; \quad (10.7.)$$

$$A_i = a_i - a_1; \quad B_i = b_i - b_1; \quad (10.8.)$$

$$D = [A^2] \times [B^2] - [AB] \times [AB]; \quad P_X = \frac{D}{[B^2]}; \quad P_Y = \frac{D}{[A^2]}. \quad (10.9.)$$

Результаты вычислений необходимо представить в таблице:

Таблица 10.6.

Направления	$\alpha_i^\circ$	$(a)_i$	$(b)_i$	$S_i,$ км	$a_i$	$b_i$	$A_i$	$B_i$	$A_i^2$	$B_i^2$	$A_i B_i$
P-1											
P-2											
P-3											
								$\Sigma$			

Для нахождения  $m_X$  и  $m_Y$  с учетом всех источников погрешностей  $m_\beta$  примем равным  $5''$ .

$$m_X = \frac{m_\beta}{10\sqrt{P_X}}; \quad m_Y = \frac{m_\beta}{10\sqrt{P_Y}}; \quad (10.10.)$$

СКП определения планового положения точки  $P$  будет определена по формуле:

$$M_P = \sqrt{m_X^2 + m_Y^2}. \quad (10.11.)$$

#### 5) Решение обратной угловой засечки в программном продукте КРЕДО ДАТ

Необходимо внести исходные данные, результаты измерений и выполнить уравнивание. Сформировать ведомость координат, ведомость оценки точности положения пункта и чертеж засечки.

Отчет выполненной **Лабораторной работы № 10** включает в себя:

- таблицы вычисления координат пунктов  $P$  тремя способами (или проекты решения в программах MathCad или MathLab);
- оценка точности планового положения пункта  $P$ , определенного из обратной засечки
- ведомость координат, ведомость оценки точности положения пункта и чертеж засечки, сформированные в программе КРЕДО ДАТ (см. пример схемы в [ПРИЛОЖЕНИИ 7](#)).

## Лабораторная работа № 11

## Обработка результатов исполнительной съемки анкерных болтов



Рис.11.1. Анкерная группа на фундаменте

**Исполнительная съемка анкеров**, заключается в точном определении координат каждого болта. Имея на проектной чертеже координаты всех геодезических главных осей, **исполнительная съемка анкерных болтов** делает возможным установить, как линейные, так и высотные привязки анкеров к осям и высотным реперам. По этим координатам можно в нужное время определить забетонированы ли закладные детали по проекту и станет ли на них металлоконструкция, которая сделана, как правило, до заливки фундамента.

Исполнительные съемки анкерных фундаментов используются при контроле строительной организации, как самой себя, так и при смене подрядчиков, когда компания, бетонировавшая площадку, передает ее монтажникам металлоконструкций либо оборудования.

Плановую исполнительную съемку анкерных болтов производят от окрасок (рисок) осей на фундаментальных блоках.

При съемке компарированную рулетку с миллиметровыми делениями укладывают в створ анкерных болтов и последовательно производят отсчеты по рискам осей и центрам (осям) болтов. Так для съемки одного ряда болтов на фундаментальных блоках полотно рулетки укладывается по линии  $MN$  и последовательно производят отсчеты по левому болту блока  $A1$  ( $a_1^n$ ), риску оси  $I-I$  на блоке  $a_1$  и правому болту блока  $A1$  ( $a_1^n$ ), затем по левым ( $a_i^n$ ) и правым ( $a_i^n$ ) болтам блоков ряда  $A-A$ ; и, наконец, по левому болту ( $a_n^n$ ), риску оси  $n$  и правому болту ( $a_n^n$ ) последнего болта. Обычно производят три таких измерения, вычисляют среднее значение, вводят в отсчеты поправки делений

рулетки за компарирование и полученные результаты выписывают в журнал исполнительной съемки.

Обработку результатов осуществляют в два этапа.

### 1. Вычисление отсчетов $a_i$ на промежуточных осях.

Для исключения систематических и ослабления случайных погрешностей вычисляют невязку измерения расстояния  $D$  между осями  $l-l$  и  $n-n$ .

$$f = D - (a_n - a_1),$$

где  $a_1$  и  $a_n$  – отсчеты по рулетке по рискам  $l-l$  и  $n-n$  на фундаментных блоках.

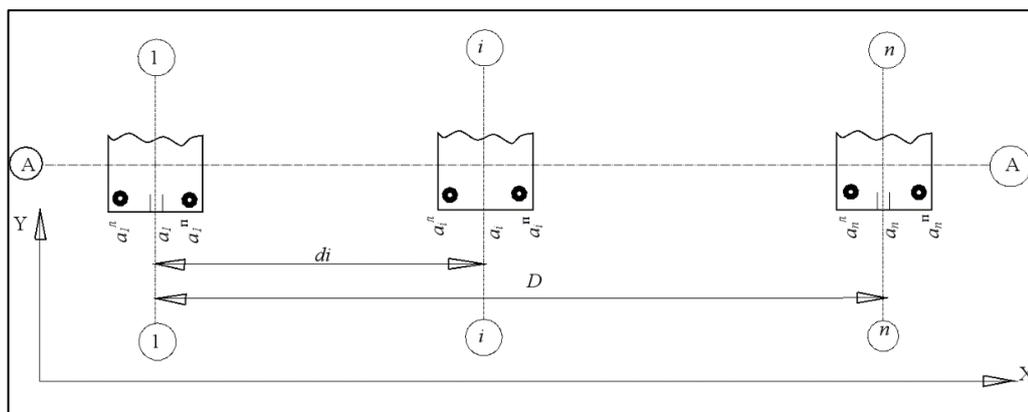


Рис. 11.2. Схема съёмки

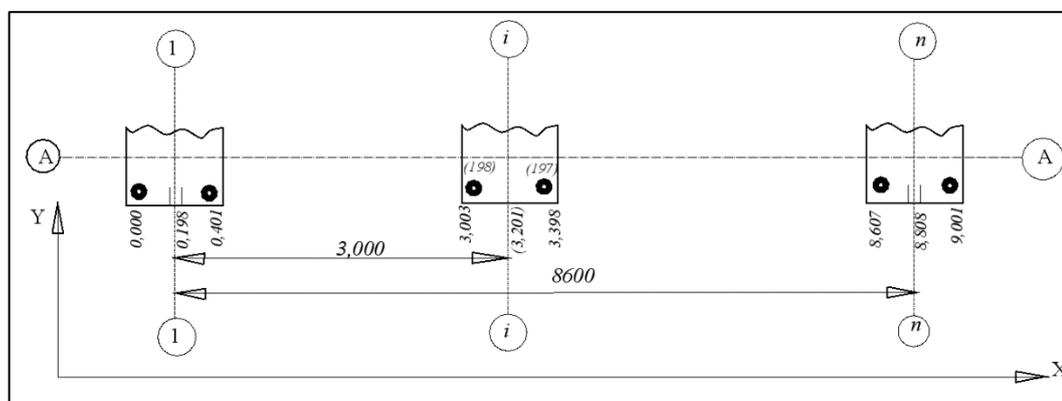


Рис. 11.3. Журнал съёмки

В примере невязка равна:

$$f = 8,600 - (8,808 - 0,198) = -0,010 \text{ м} = -10 \text{ мм.}$$

При определении отсчета  $a_i$  по рулетке, соответствующего промежуточной  $i$ -ой оси здания, вычисляют поправку

$$\delta_i = -\frac{f d_i}{D}$$

где,  $d_i$  – расстояние между осями  $l-l$  и  $i-i$ .

Сам отсчет находят по формуле

$$a_i = a_1 + d_i + \delta_i$$

В примере:

$$\delta_i = -\frac{-10 \cdot 3,0}{8,6} = +3,49 \text{ мм} = +0,003 \text{ м}$$

$$a_i = 0,198 + 3,000 + 0,003 = 3,201 \text{ м}$$

Полученные значения записывают в журнал исполнительной съемки около соответствующей оси в круглых скобках.

## 2. Вычисление отклонений $\Delta$ осей анкерных болтов от проектного положения.

Для определения расстояний от анкерных болтов до оси здания используют формулы:

$$l_i^{\text{л}} = a_i - a_i^{\text{л}}; \quad l_i^{\text{п}} = a_i^{\text{п}} - a_i;$$

где  $a_i^{\text{л}}$  и  $a_i^{\text{п}}$  – отсчеты по рулетке по левому и правому анкерным болтам.

В рассматриваемом примере:

$$l_i^{\text{л}} = 3,201 - 3,003 = 0,198 \text{ м} = 198 \text{ мм}$$

$$l_i^{\text{п}} = 3,398 - 3,201 = 0,197 \text{ м} = 197 \text{ мм}$$

По полученным расстояниям вычисляют отклонения анкерных болтов от проектного положения:

$$\Delta_i^{\text{л}} = l - l_i^{\text{л}}; \quad \Delta_i^{\text{п}} = l_i^{\text{п}} - l$$

где  $l$  – проектное значение расстояния болта от оси здания.

В примере для значения  $l = 200$  мм имеем:

$$\Delta_i^{\text{л}} = 200 - 198 = +2 \text{ мм} \quad \Delta_i^{\text{п}} = 197 - 200 = -3 \text{ мм}$$

При знаке «+» анкерный болт смещен от проектного положения в сторону возрастания нумерации поперечных осей (вправо), а при знаке «-» – в противоположную сторону.

По результатам обработки материала составляют исполнительный чертеж, на котором показывают оси здания, контуры фундаментальных блоков, анкерные болты, стрелками указывают направление их смещений, а цифрами – величины смещения в миллиметрах.

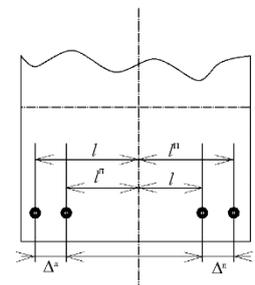


Рис.11. 4. Схема определения отклонений

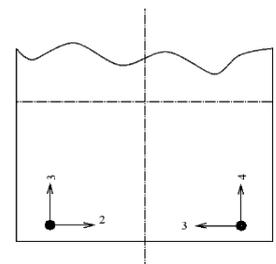


Рис. 11.5. Фрагмент исполнительной съемки

### Исходные данные:

1. Журнал съемки, расположен в [ПРИЛОЖЕНИИ 8](#).
2.  $l$  – проектное значение расстояния болта от оси здания = 0,200 м.
3. Отклонение расположения анкерных болтов в плане внутри контура опоры допустимо 5 мм.

**Задание:**

1. Ознакомится с ходом выполнения обработки съемки анкерной группы;
2. Обработать результаты исполнительной съемки анкерных болтов;
3. Составить схему планово-высотного положения анкерных групп.

**Ход выполнения работы:**

1. Составить журнал исполнительной съемки заданных анкерных групп по вашему варианту.
2. Вычислить отсчеты  $a_i$  на необходимых осях с учетом длины и ширины всей анкерной группы. Полученные результаты внести в журнал около соответствующей оси.
3. Вычислить отклонения  $\Delta$  осей анкерных болтов от проектного положения. Отклонения, превышающие допуск, на схеме указать красным цветом.
4. Составить исполнительную схему планово-высотного положения анкерных групп в заданных осях.

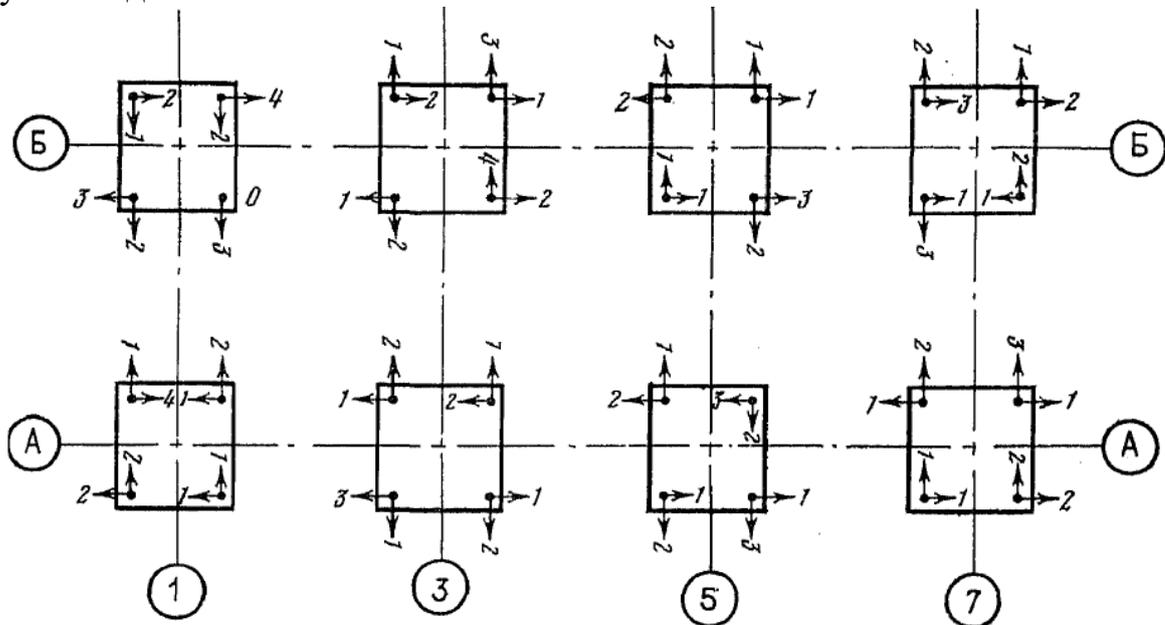


Рис. 11.6. Пример исполнительной схемы планово-высотного положения анкерных групп в осях А-Б/1-7

Отчет выполненной **Лабораторной работы № 11** включает в себя:

- журнал исполнительной съемки, согласно выданному варианту;
- результаты обработки и вычисления;
- исполнительную схему планово-высотного положения анкерной группы.

## Лабораторная работа № 12

## Плановая исполнительная съемка колонн

Плановую исполнительную съемку колонн производят от рисок осей на перекрытиях этажа (яруса) отдельно для продольных и поперечных осей здания в нижнем и верхнем сечениях. Съемку осуществляют методом бокового нивелирования.

Для этого от рисок К и М оси В-В (рис. 12.1) откладывают перпендикулярно к этой оси равные отрезки  $KK' = MM' = a$ . Над одной из точек параллели  $K' M'$ , например, над точкой  $K'$ , устанавливают теодолит и визируют на точку  $M'$ . Далее, по горизонтально установленным рейкам в нижней и верхней частях колонны берут отсчеты  $b_v$  и  $b_n$ . Отсчеты производят по черной  $b^ч$  и красной  $b^к$  сторонам рейки. Контроль правильности отсчетов осуществляют вычислением их разности  $PO = b^к - b^ч$  и сравнивают ее с теоретическим значением  $PO_T = 4784$ .

Для определения отклонений от проектного расстояния измеряют ширину колонны  $l_1$  и  $l_2$  с двух сторон, параллельных поперечной оси здания.

Результаты всех измерений записывают в журнал исполнительной съемки (рис. 12.2). Отсчеты по черной и красной сторонам рейки в верхней части колонны выписывают над чертой, в нижней части колонны – под чертой в мм.

Например:

$$b_v^ч = 0200; b_v^к = 4981;$$

$$b_n^ч = 0203; b_n^к = 4987;$$

Обработку результатов исполнительной съемки начинают с составления схемы, которую составляют в произвольном масштабе.

1. По результатам обмера колонны вычисляют половину средней ширины колонны:

$$0,5 l = 0,25 (l_1 + l_2)$$

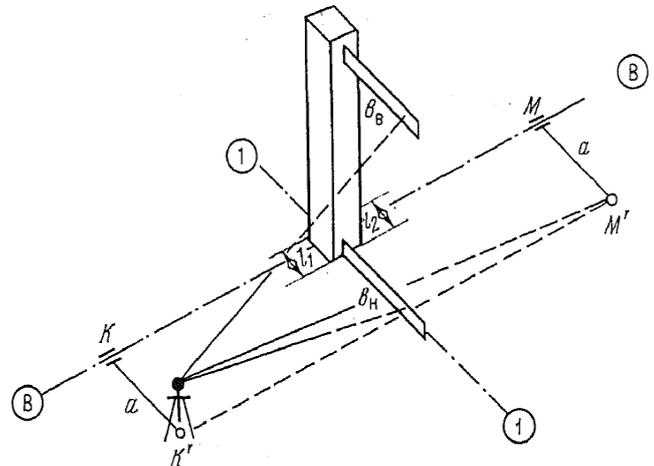


Рис. 12.1. Исполнительная съемка колонн

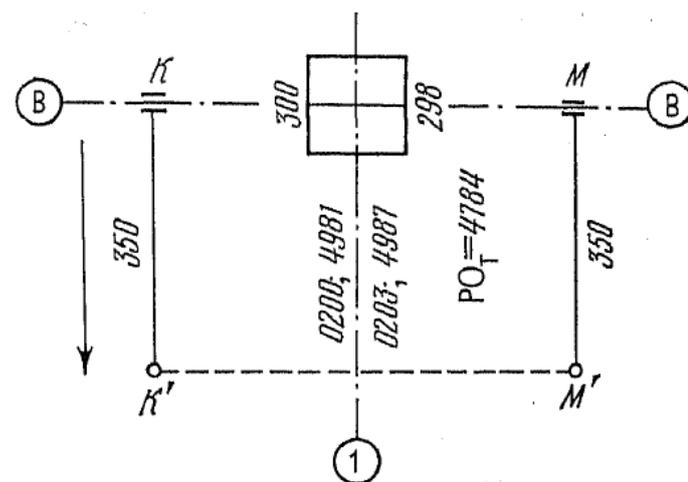


Рис. 12.2. Фрагмент журнала исполнительной съемки колонн

В примере имеем

$$0,5 l = 0,25 (300 + 294) = 148,5 \approx 148 \text{ мм.}$$

2. Отклонение оси колонны от оси здания в верхней  $\Delta_B$  и  $\Delta_H$  частях колонны, полученные по  $\Delta^ч$  и  $\Delta^к$  сторонам рейки, определяют по формулам:

$$\Delta_B^ч = a - b_B^ч - 0,5 l; \quad \Delta_B^к = a - b_B^к + PO_T - 0,5 l$$

В рассматриваемом примере  $a = 350$  мм, и тогда в верхней части колонны:

$$\Delta_B^ч = 350 - 200 - 148 = +2 \text{ мм;}$$

$$\Delta_B^к = 350 - 4981 + 4784 - 148 = +5 \text{ мм;}$$

в нижней части колонны:

$$\Delta_H^ч = 350 - 203 - 148 = -1 \text{ мм;}$$

$$\Delta_H^к = 350 - 4987 + 4784 - 148 = -1 \text{ мм.}$$

Расхождение в отклонениях, определенных по черной и красной сторонам рейки, не должны превышать 5 мм.

3. За окончательное значение принимают среднее отклонение

$$\Delta_B = 0,5 (\Delta_B^ч + \Delta_B^к); \quad \Delta_H = 0,5 (\Delta_H^ч + \Delta_H^к);$$

В рассматриваемом примере:

$$\Delta_B = 0,5 (+2 + 5) = +3,5 \text{ мм} \approx +4 \text{ мм;}$$

$$\Delta_H = 0,5 (-1 - 1) = -1 \text{ мм;}$$

Знак «+» при отклонении означает, что ось колонны смещена от проектной оси по направлению к параллели  $K'/M'$ .

Вычисленные отклонения осей колонн выписывают на исполнительный чертеж (рис. 12.3). Отклонения верха колонны записывают над стрелкой, низа колонны – под стрелкой.

При анализе результатов определяют и наклон колонны:

$$\Delta_{\text{накл}} = \Delta_B - \Delta_H.$$

Аналогичным образом обрабатывают результаты съемки отклонений колонн от поперечных осей зданий.

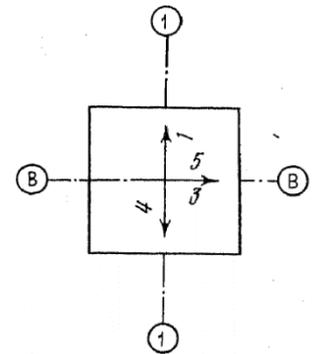


Рис. 12.3. Фрагмент исполнительного чертежа

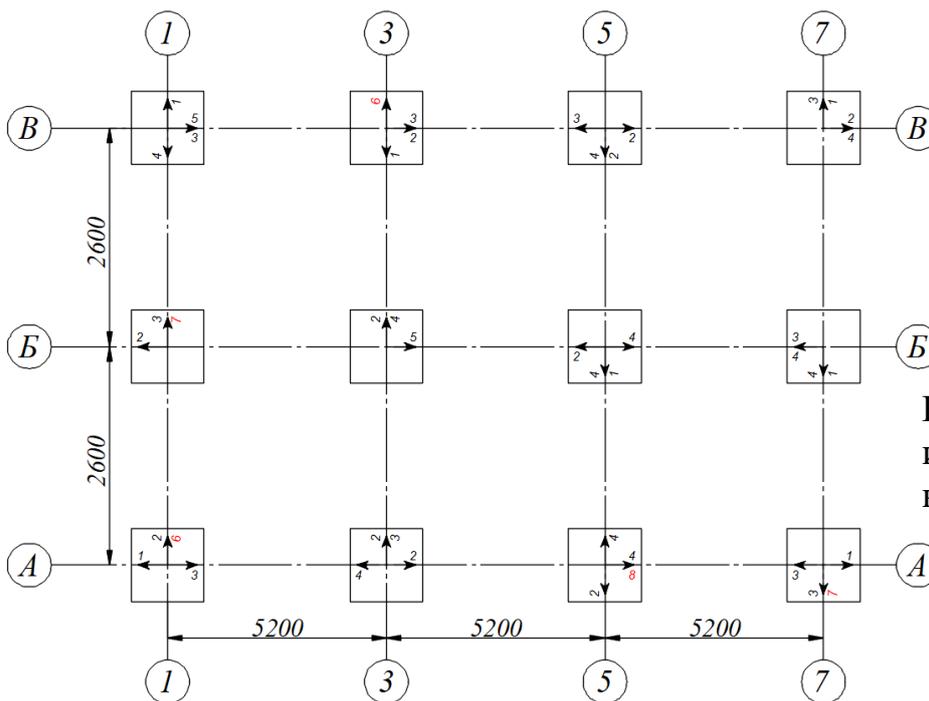


Рис. 12.4. Пример исполнительной съемки колонн зданий

**Исходные данные:**

1. Журнал плановой исполнительной съемки (Рис. 12.5);
2.  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$  и  $a_7$  – расстояния от оси здания до параллели, мм.

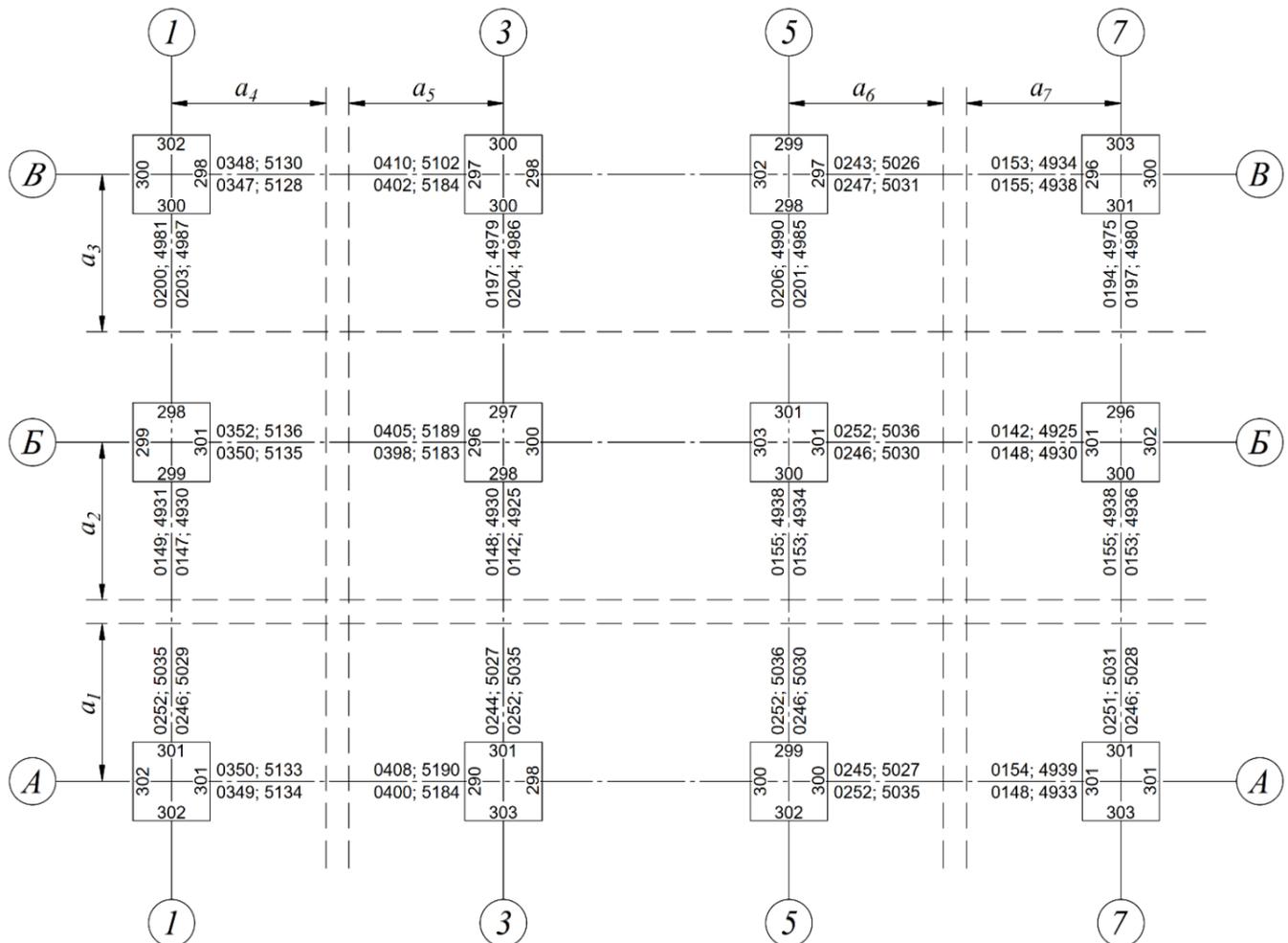
[Приложение 9](#)

Рис. 12.5. Журнал исполнительной съемки колонн

**Задание:**

Обработать журнал плановой исполнительной съемки согласно заданным вариантам и составить исполнительный чертеж.

Отчет выполненной **Лабораторной работы № 12** включает в себя:

- журнал исполнительной съемки, согласно выданному варианту;
- результаты обработки и вычисления;
- исполнительный чертеж.

## Лабораторная работа № 13

### Высотная исполнительная съемка колонн

При высотной исполнительной съемке колонн определяют отметки опорных поверхностей (колонны) (верхней поверхности колонны или поверхности консоли), вычисляют отклонения этих поверхностей от проектного положения по высоте и выписывают их на исполнительный чертеж.

Отметки опорных поверхностей определяют геометрическим нивелированием от рабочего репера на монтажном горизонте. На каждой нивелирной станции работу начинают и завершают отсчетами по рейке, установленной на репере.

Отсчеты по черной  $a_H^Ч$  и красной  $a_H^К$  сторонам рейки в начале наблюдений записывают в журнал исполнительной съемки у обозначения репера в числителе, а отсчеты  $a_K^Ч$  и  $a_K^К$  в конце работы на станции – в знаменателе.

Например, в журнале исполнительной съемки на рисунке будут отсчеты:

$$\begin{aligned} a_H^Ч &= 1523; & a_H^К &= 6305 \\ a_K^Ч &= 1519; & a_K^К &= 6302 \end{aligned}$$

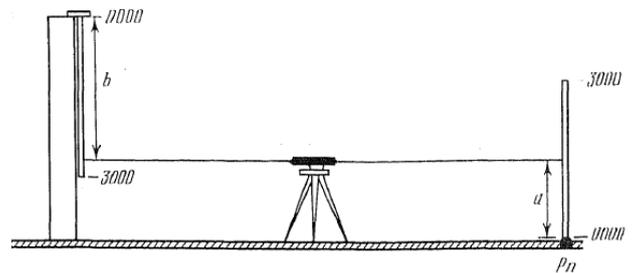


Рис. 13.1 Схема геометрического нивелирования

ⓐ Если опорные поверхности расположены выше горизонта прибора, то нивелирную рейку подвешивают к поверхности пяткой вверх на специальном кронштейне.

Отсчеты по черной  $b_i^Ч$  и красной  $b_i^К$  сторонам рейки на данной  $i$ -ой колонне записывают в журнал исполнительной съемки у соответствующей конструкции.

В рассматриваемом примере для колонны В1:  $b_{В1}^Ч = 0935$ ;  $b_{В1}^К = 5719$ . Контроль правильности отсчетов осуществляется по разности нулей рейки  $PO = b^К - b^Ч$ .

Обработку результатов выполняют в следующей последовательности:

1. Вычисляют горизонт прибора по черной и красной сторонам рейки:

$$\begin{aligned} ГП^Ч &= Н_{РП} + 0,5 (a_H^Ч + a_K^Ч) \\ ГП^К &= Н_{РП} + 0,5 (a_H^К + a_K^К) \end{aligned}$$

где  $Н_{РП}$  – отметка рабочего репера.

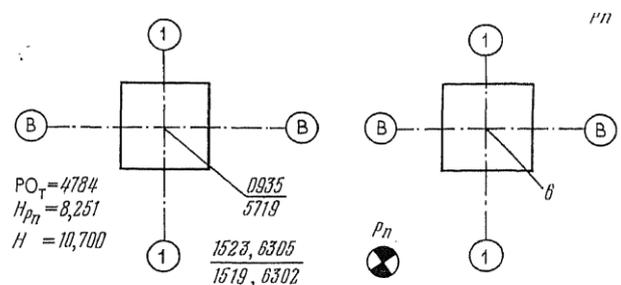


Рис. 13.2 Журнал исполнительной съемки

В рассматриваемом примере при  $H_{рп} = 8,251$ :

$$ГП^ч = 8,251 + 0,5 (1,523 + 1,519) = 9,772 \text{ м}$$

$$ГП^к = 8,251 + 0,5 (6,305 + 6,302) = 14,554 \text{ м}$$

2. Для каждой колонны вычисляют отметку опорной поверхности по черной и красной сторонам рейки:

$$H_i^ч = ГП^ч + b_i^ч$$

$$H_i^к = ГП^к + b_i^к - 2РО_т$$

В рассматриваемом примере  $РО_т = 4784$ .

Значения отметок  $H_i^ч$  и  $H_i^к$  не должны различаться более чем на 5 мм.

Далее вычисляют среднее значение:

$$H_i = 0,5 (H_i^ч + H_i^к)$$

В рассматриваемом примере:

$$H_{B1}^ч = 9,772 + 0,935 = 10,707 \text{ м}$$

$$H_{B1}^к = 14,554 + 5,719 - 2 \cdot 4,784 = 10,705 \text{ м}$$

Среднее значение будет равно:  $H_{B1} = 10,706 \text{ м}$ .

3. Для каждой колонны вычисляют отклонение опорных поверхностей от проектного положения:

$$\Delta_i = H^п - H_i,$$

где  $H^п$  – проектная отметка опорных поверхностей колонн.

В рассматриваемом примере при  $H^п = 10,700 \text{ м}$  имеем  $\Delta_{B1} = 10,700 - 10,706 = -6 \text{ мм}$ .

Результаты обработки выписывают на исполнительный чертеж. Обычно для плановой и высотной исполнительных съемок конструкций зданий составляют один объединенный чертеж. Результаты высотной исполнительной съемки выписываются на выносках из центра колонн.

**Задание:** Обработать результаты высотной исполнительной съемки, результаты вычислений внести на составленный ранее исполнительный чертеж.

**Исходные данные:**

1. Отсчеты по рейке на репер, отметки репера и проектные отметки ([Приложение 10](#)).
2. Чертеж исполнительной съемки с результатами высотного положения колонн (составленный в результате обработки данных рис.13.4).

Таблица 3.

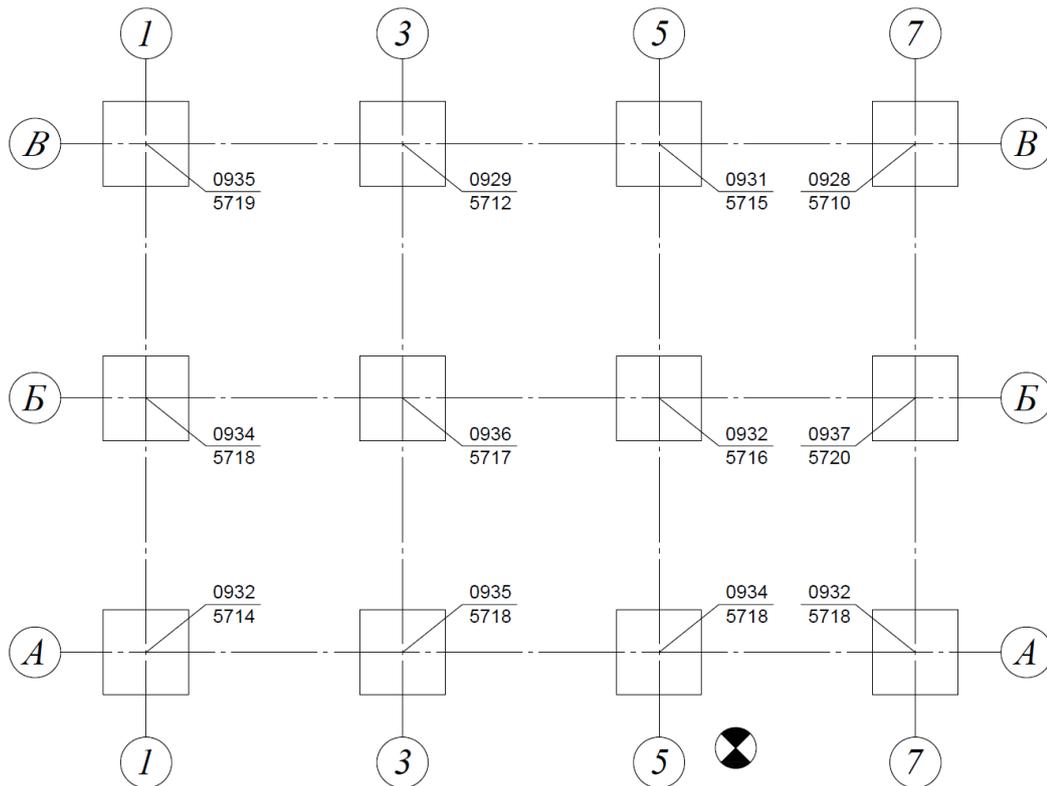


Рис. 13.3. Данные исполнительной съемки высотного положения колонн

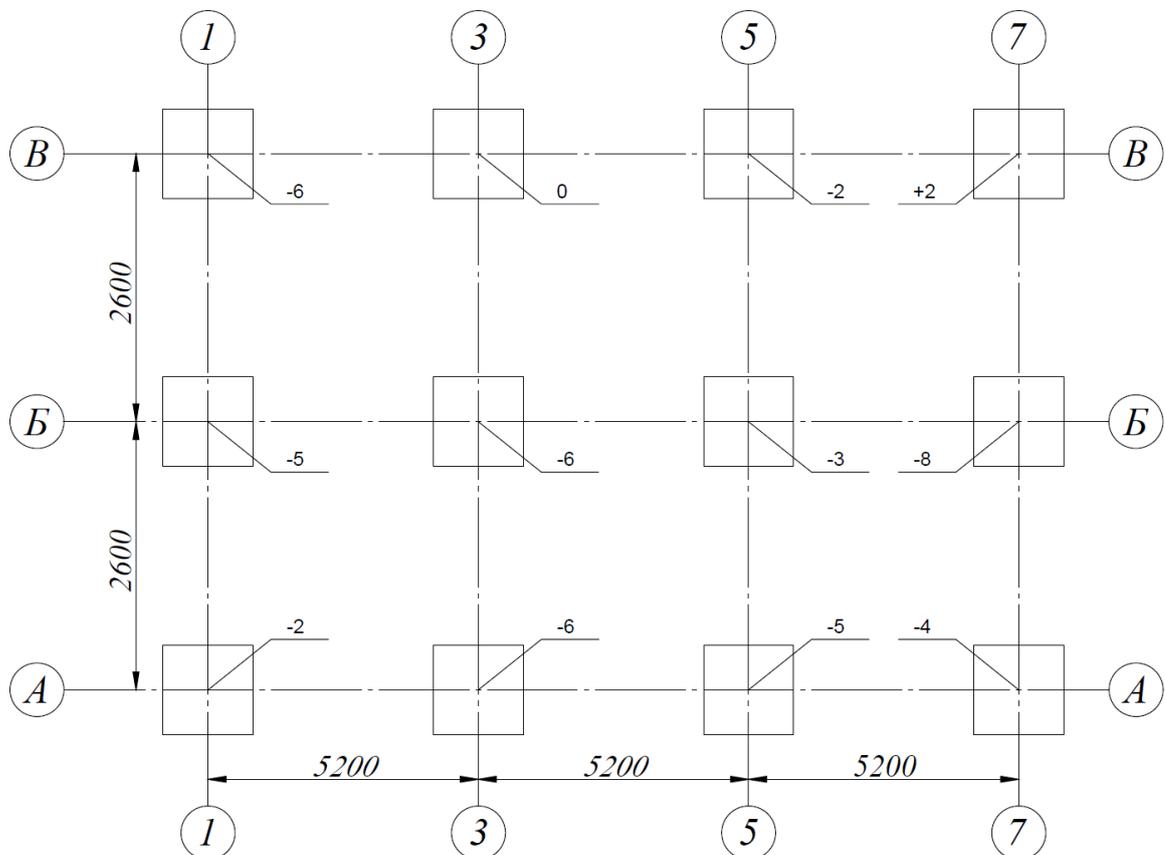


Рис. 13.4. Пример исполнительной съемки высотного положения колонн

Отчет выполненной **Лабораторной работы № 13** включает в себя:

- журнал исполнительной съемки, согласно выданному варианту;
- результаты обработки и вычисления;
- исполнительный чертеж.

## Лабораторная работа №14

## Обработка результатов наблюдений за осадками конструкций зданий

Для определения осадки в конструкции здания закладывают осадочные марки и периодически (циклами) определяют их отметки. Осадку  $S_i$  марки вычисляют как разность отметок  $H_i$  в текущем ( $i$ -м) и  $H_0$  в нулевых начальных циклах:

$$S_i = H_i - H_0 \quad (14.1)$$

Для определения отметок по осадочным маркам прокладывается нивелирный ход (рис. 14.1).

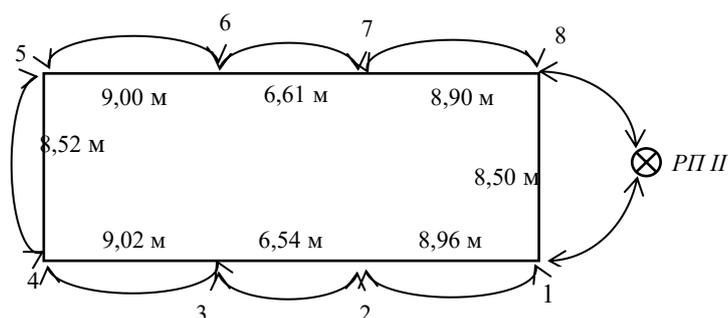


Рис. 14.1 Схема расположения осадочных марок

Нивелирный ход обычно опирается на фундаментальный репер, обеспечивающий надежную сохранность высоты на весь период наблюдений за осадками. Превышения в ходе измеряют высокоточным геометрическим нивелированием короткими лучами. Нивелирование на станции осуществляют при двух горизонтах инструмента.

**Исходные данные:**

1. Интервал времени наблюдений между циклами – 3 месяца.
2. Отметка  $РП II = 231,995 - 0,0101 \cdot (\text{номер варианта})$  м.
3. Превышения между осадочными марками в нулевом цикле (Таблица 14.1, графы 3 и 4);
4. Журнал нивелирования осадочных марок в первом цикле (Таблица 14.1).
5. Таблица отметок марок, наблюдаемых в свой цикл по вариантам ([Приложение 11](#)).

**Задание.**

1. Обработать журнал нивелирования осадочных марок (Первый цикл).
2. Заполнить ведомость вычисления отметок осадочных марок.
3. Составить график текущих осадок относительно нулевого цикла.
3. Вычислить скорости осадок марок относительно нулевого цикла.
4. Вычислить среднюю скорость осадки всего сооружения.
5. Составить график скорости осадки сооружения относительно начального цикла.

**Ход выполнения работы:**

Обработку материалов наблюдений за осадками начинают с вычисления превышений в журнале наблюдений (Таблица 14.1). Для этого:

- вычисляют превышение:  
 $(9) = (1) - (2)$  и  $(10) = (4) - (3)$  – для первого горизонта инструмента;  
 $(11) = (5) - (6)$  и  $(12) = (8) - (7)$  – для второго горизонта инструмента;  
 вычисляют среднее превышение на станции в делениях рейки:  
 $(13) = 0,25 [(9) + (10) + (11) + (12)]$ ;  
 – определяют превышение в метрической системе:  
 $h = (14) = 0,5 (13)$
- Аналогично вычисляют превышения на всех станциях хода.

Таблица 14.1

**Журнал нивелирования осадочных марок (Первый цикл)**

№ станции	Наблюдаемая точка	Отсчеты по рейкам		Превышение в делениях рейки	Среднее превышение
		задний	передний		
1	2	3	4	5	6
1	II	20,861 (1)	18,3485 (2)	+2,5125 (9)	+2,5128 (13)
		80,114 (4)	77,6035 (3)	+2,5105 (10)	
	M1	22,385 (5)	19,8685 (6)	+2,5165 (11)	+1,2564 (14)
		81,633 (8)	79,1215 (7)	+2,511 (12)	
2	M1	25,387	25,119		
		84,634	84,368		
	M2	23,838	23,568		
		84,086	83,814		
3	M2	27,150	27,303		
		86,402	86,553		
	M3	25,623	25,777		
		84,875	85,025		
4	M3	30,687	30,865		
		89,935	90,111		
	M4	27,230	27,407		
		86,483	86,658		
5	M4	32,185	31,073+0,0001·N		
		91,436	90,321+0,0001·N		
	M5	29,639	28,524+0,0001·N		
		88,886	87,773+0,0001·N		
6	M5	31,934	32,042		
		91,185	91,289		
	M6	27,540	27,652		
		86,794	86,903		
7	M6	31,735	32,212		
		90,984	91,460		
	M7	27,222	27,700		
		86,474	86,953		
8	M7	30,031	30,543		
		89,283	89,794		
	M8	27,539	28,048		
		86,786	87,294		
9	M8	25,154	27,621		
		84,306	86,781		
	II	20,207	22,671		
		79,455	81,923		

- Ⓞ При вычислении средних значений превышений в графе 6 удерживают четыре значащих цифры после запятой.
- Ⓞ Значения превышений в графе 5 не должны различаться более, чем на 8 единиц после значащих цифр. Если расхождения не допустимы, то все измерения и вычисления на станции повторяют.

После завершения обработки журнала приступают к составлению ведомости вычисления осадок марок (Таблица 14.2). Ее составляют в следующей последовательности:

1. Из схемы хода в графу 1 ведомости последовательно выписывают наименование точек хода, начиная с фундаментального репера.

2. В графу 2 ведомости выписывают вычисленные превышения  $h_i$  из нулевого цикла наблюдений.

3. Вычисляют невязку в нулевом цикле по формуле:

$$f_h = \sum_1^n h_i \quad (14.2)$$

где  $n$  – число станций в ходе.

4. Вычисляем допустимую невязку:

$$f_{h\text{доп}} = 1\sqrt{n} \text{ мм} \quad (14.3)$$

и сравнивают ее с полученным значением.

Таблица 14.2

**Ведомость вычисления отметок осадочных марок**

Наблюдаемая точка	Нулевой цикл		Первый цикл	
	29 июля		28 октября	
	Закончен нулевой цикл		Закончен монтаж первого этажа	
	Превышение	Отметка, м	Превышение	Отметка, м
1	2	3	4	5
<i>РП - II</i>				
M1	+ 1,2521		+ 1,2564	
M2	+ 0,1335			
M3	– 0,0768			
M4	– 0,0897			
M5	+ 0,5565			
M6	– 0,0535			
M7	– 0,2387			
M8	– 0,2541			
<i>РП - II</i>	– 1,2302			
	$f_h =$			
	$f_{h\text{доп}} =$			

5. Невязку распределяем с обратным знаком на все превышения поровну. Вычисляют исправленные превышения.

6. В графу 3 ведомости выписывают отметку фундаментального репера и по исправленным превышениям вычисляют отметки осадочных марок:

$$H_i = H_{i-1} + h_i^{\text{и}} \quad (14.4)$$

где  $H_i$  и  $H_{i-1}$  – отметки предшествующей и последующей осадочных марок;  $h_i^{\text{и}}$  – исправленное превышение между этими марками.

7. Из графы 6 **Журнала нивелирования** (Таблица 14.1) выписывают превышение  $h_i^{\text{и}}$  в метрах в **Ведомость вычисления отметок** в графу 4 превышения из первого цикла наблюдений (Таблица 14.2).

8. По формуле (14.2) вычисляют невязку хода и сравнивают ее с допустимой невязкой.

9. Невязку распределяют на все превышения и контролируют правильность ее распределения.

10. По формуле (14.4) последовательно вычисляют отметки осадочных марок в первом цикле наблюдений.

11. Абсолютная или полная осадка  $S$  каждой отдельной точки сооружения вычисляется как разность отметок начального и текущего циклов измерений, определенных относительно отметки исходной точки, принимаемой за неподвижную:

$$S_i = H_i - H_0$$

12. Используя значения величин текущих осадок, вычисляют величины текущих осадок относительно начального цикла ( $S_{1-0}$ ,  $S_{2-0}$ ,  $S_{3-0}$  и т.д.). Значения записывают в таблицу 14.3. Также вычисляют величины текущих осадок между последующими циклами ( $S_{1-0}$ ,  $S_{2-1}$ ,  $S_{3-2}$  и т.д.).

Таблица 14.3

**Ведомость текущих осадок относительно нулевого цикла**

Наблюдаемая точка	Осадка относительно начального цикла, мм			
	$S_{1-0}$	$S_{2-0}$	$S_{3-0}$	$S_{4-0}$
М1	4,0	1,5	1,1	0,8
М2	4,7	2,5	2,3	2,1
М3	5,2	2,8	2,6	2,2
М4	6,4	3,7	3,4	3,0
М5	6,5	3,7	3,2	2,9
М6	5,6	3,0	2,8	2,6
М7	5,3	2,9	2,7	2,8
М8	4,1	1,7	1,8	1,9

13. Используя вычисленные значения осадок, строят график текущих осадок относительно нулевого цикла (рис. 14.2). Далее делается вывод о **наибольших величинах осадок**.

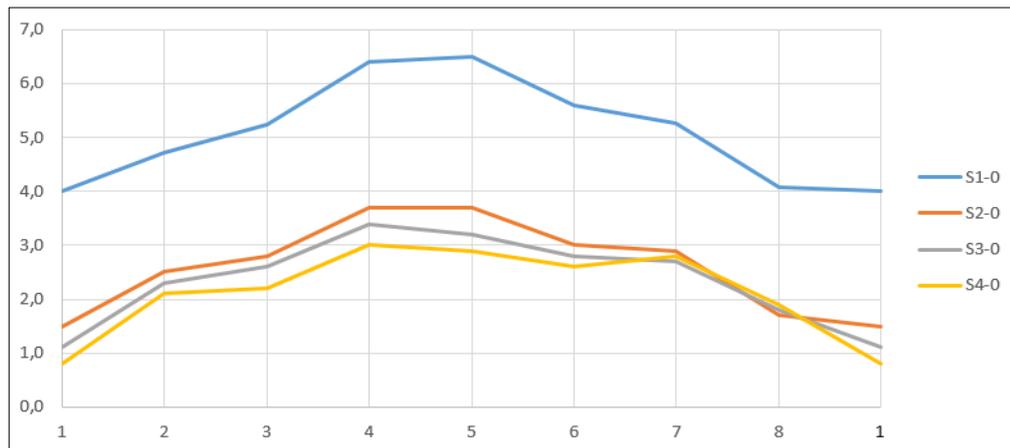


Рис. 14.2 Пример графика текущих осадок относительно начального цикла наблюдений

14. Вычисляются скорости осадки марок относительно нулевого цикла и скорость осадки марок между циклами наблюдений по формуле:

$$v_j = \frac{S_i}{t} \quad (14.5)$$

Таблица 14.4

**Скорость осадки марок относительно нулевого цикла**

Номер марки	Интервал времени			
	3 месяца	6 месяцев	9 месяцев	12 месяцев
M1	1,3	0,250	0,122	0,067
M2	1,6	0,417	0,256	0,175
...	...	...	...	...
$\Sigma v =$	13,9	3,633	2,211	1,525

15. Среднюю скорость осадки всего сооружения вычисляют по формуле:

$$v_{cp} = \frac{\sum_i^r v}{r} \quad (14.6)$$

где  $\sum_i^r v$  - сумма скорости осадки марок;

$r$  – количество наблюдаемых осадочных марок.

Таблица 14.5

**Скорость осадки всего сооружения относительно нулевого цикла**

Номер цикла	$\Sigma v$	$r$	$v_{cp}$
0	13,9	8	1,741
1	3,633	8	0,454
2	2,211	8	0,276
3	1,525	8	0,191

16. Используя полученные результаты составляют график скорости осадки сооружения относительно начального цикла (рис. 14.3).

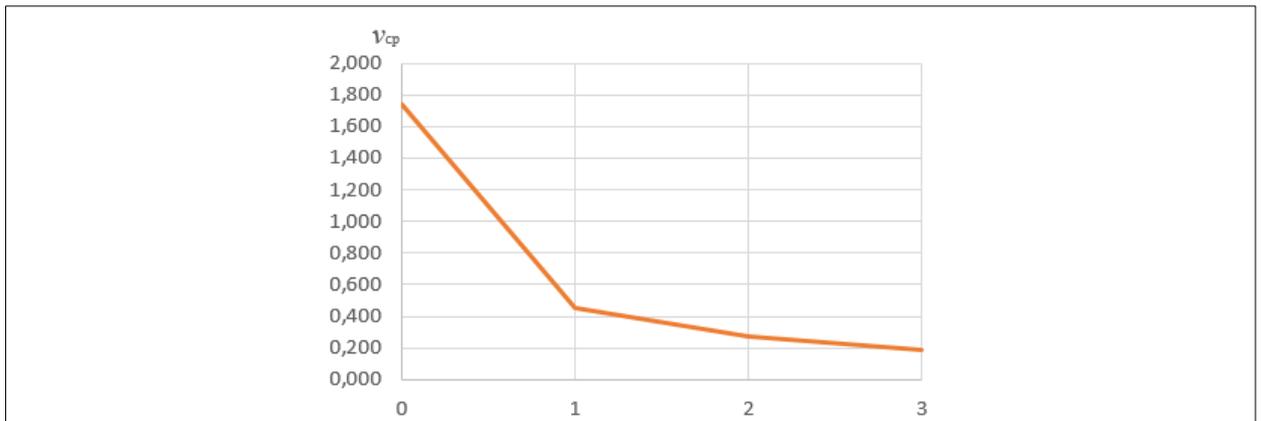


Рис. 14.3 График скорости осадки сооружения относительно начального цикла

Отчет выполненной **Лабораторной работы № 14** включает в себя:

- обработанный журнал нивелирования осадочных марок (Первый цикл);
- ведомость вычисления отметок осадочных марок;
- ведомость текущих осадок относительно нулевого цикла;
- график текущих осадок относительно нулевого цикла;
- таблицу скоростей осадок марок относительно нулевого цикла;
- таблицу скорости осадки сооружения относительно нулевого цикла;
- график скорости осадки сооружения относительно нулевого цикла.

## Лабораторная работа № 15

## Обработка результатов наблюдений за горизонтальными смещениями конструкций зданий

Для определения горизонтальных смещений в конструкции здания закладывают деформационные марки и периодически (циклами) определяют координаты этих точек в единой для всех циклов системе координат.

Для определения горизонтальных смещений наиболее широко применяется створный способ. В этом методе с опорных знаков  $A$  и  $B$  (рис. 15.1) циклами определяют отклонения  $C_1, C_2, \dots, C_j, \dots, C_n$  деформационных марок  $M_1, M_2, \dots, M_j, \dots, M_n$  от створа  $AB$ .

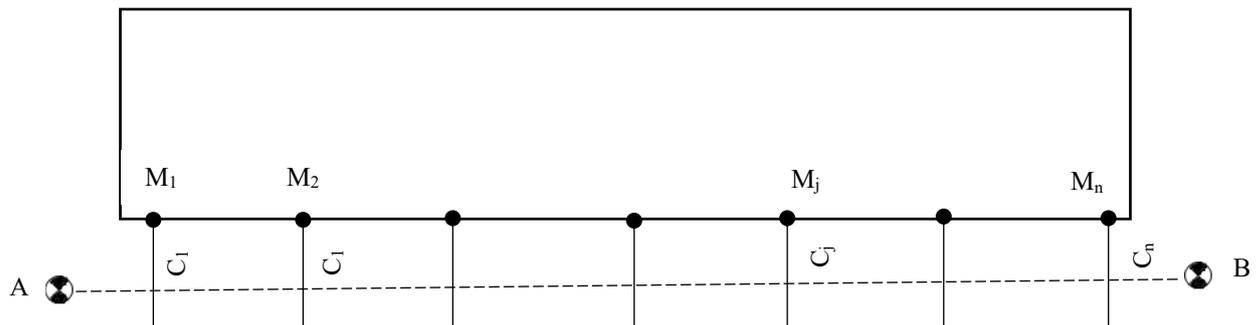


Рис. 15.1 Створный способ определения горизонтальных смещений

Если отклонение деформационной марки  $M_j$  в нулевом цикле обозначить через  $C_j^0$ , в текущем цикле – через  $C_j^i$ , то горизонтальное смещение этой марки в текущем цикле можно определить по формуле:

$$\Delta_j^i = C_j^0 - C_j^i \quad (15.1)$$

Горизонтальное смещение в створном методе определяют только в направлении, перпендикулярном к линии створа.

Для определения отклонений от створа применяют способы: измерительных линеек и с помощью измерения параллактических углов.

В одном и втором случаях измерения выполняют при помощи теодолита и визирной марки, которые в прямом ходе устанавливаются на точку  $A$  и  $B$  соответственно, в обратном ходе – теодолит и марку меняют местами. В способе измерительных линеек на деформационные марки горизонтально устанавливают измерительные линейки с миллиметровыми делениями, визирная ось теодолита будет являться створом. При визировании на конечный пункт створа, по линейкам берутся отсчеты  $c_1, c_2, \dots, c_j, \dots, c_n$ . В пределах одного цикла измерения выполняют дважды, далее между циклами находится среднее отклонение. Далее, горизонтальное смещение марки вычисляют по средним отклонениям по формуле (15.1).

Второй способ определения отклонений с помощью измерения малых (параллактических) углов.

В этом способе теодолит и визирную марки также устанавливают на опорные точки  $A$  и  $B$ , которые задают створ примерно параллельный

проектному створу М1-Мn. В прямом ходе измерений прибор устанавливают на пункт А, а марку на пункт В.

Далее, измеряют малые (параллактические) углы  $\gamma_{1a}, \gamma_{2a}, \dots, \gamma_{ja}, \dots, \gamma_{na}$  на контрольные точки - деформационные марки  $M_1, M_2, \dots, M_j, \dots, M_n$ . Затем с пункта В измеряют параллактические углы  $\gamma_{1b}, \gamma_{2b}, \dots, \gamma_{jb}, \dots, \gamma_{nb}$  и расстояния  $d_1, d_2, \dots, d_j, \dots, d_n, d$  (рис. 15.2). Измерения малого угла необходимо начинать с марки, закрепляющей ось съёмочного створа. Величины нестворностей одноименных пунктов, определенных в прямом и обратном ходах, не должны превышать 0,3 мм.

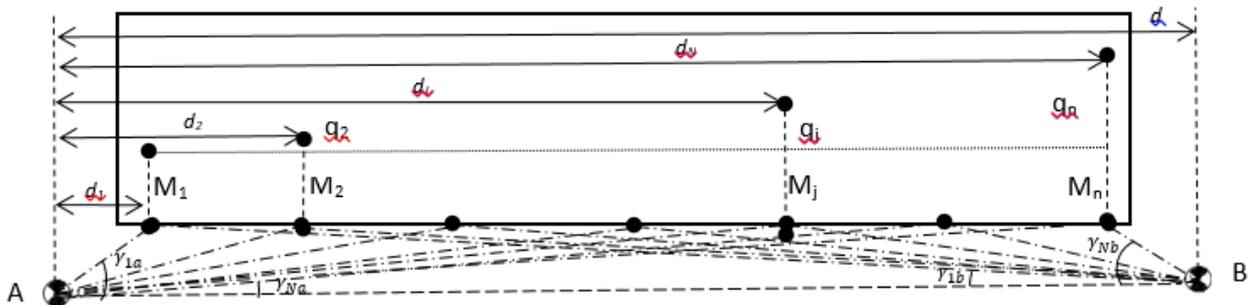


Рис. 15.1 Измерение углов и расстояний в створном способе

Результаты измерений выписывают в **Ведомость вычисления отклонений от створа** (Таблица 15.1).

### Обработка результатов измерений и оценка точности

1. Вычисляют нестворность  $j$ -ой марки от створа линии АВ. Вычисления производят в прямом и обратном ходах по формулам:

$$c_{ja} = d_j \frac{\gamma_{ja}}{\rho}; \quad - \text{прямой ход} \quad (15.2);$$

$$c_{jb} = (d - d_j) \frac{\gamma_{jb}}{\rho} \quad - \text{обратный ход} \quad (15.3);$$

где  $\rho$  – радианы.

2. Вычисляют среднее значение:

$$c_j = 0.5 (c_{ja} + c_{jb}) \quad (15.4).$$

Таблица 15.1

## Ведомость вычисления отклонений от створа

№ пунктов	Расстояние от пункта до т. А	Прямо		Обратно	
		Угол	Отклонение, $c_{ja}$ , мм	Угол	Отклонение, $c_{ja}$ , мм
Нулевой цикл					
А					
1	30,02	0 29 05	254,0	0 14 33	254,2
2	40,16	0 21 14	248,0	0 17 06	248,3
3	50,09	0 18 11	264,9	0 22 45	264,6
4	60,24	0 14 26	252,9	0 29 10	253,2
В	90,08				
Первый цикл					
1	30,02	0 28 48	251,5	0 14 23	251,3
2	40,16	0 20 45	242,4	0 16 42	243,5
3	50,09	0 17 50	259,8	0 22 21	260,0
4	60,24	0 13 57	244,4	0 28 11	244,6
Второй цикл					
1	30,02	0 28 14	246,5	0 14 09	246,9
2	40,16	0 20 56	244,5	0 16 48	244,4
3	50,09	0 18 15	265,9	0 22 47	265,8
4	60,24	0 14 13	249,1	0 29 36	249,4

3. Полученные отклонения выписывают в ведомость вычисления горизонтальных смещений.

4. Горизонтальные смещения вычисляют по формуле (15.1).

Таблица 15.2

## Ведомость вычисления горизонтальных смещений

№ марки	Нулевой цикл			Первый цикл				Второй цикл			
	прямо	обратно	среднее	прямо	обратно	среднее	гор. смещение, мм	прямо	обратно	среднее	гор. смещение, мм
<i>l</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
1	254,0	254,2	254,1	251,5	251,3	251,4		246,5	246,9	246,7	
2	248,0	248,3	248,2	242,4	242,5	242,5		244,5	244,4	244,5	
3	264,9	264,6	264,8	259,8	260,0	260,0		265,9	265,8	265,9	
4	252,9	253,2	253,0	244,4	244,6	244,5		249,1	249,4	249,3	

5. Обработку измерений завершают составлением схемы горизонтальных смещений рис. 15.3.

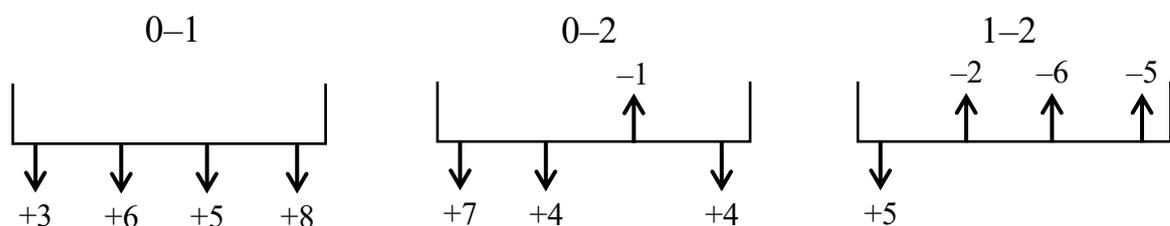


Рис. 15.3. Схемы горизонтальных смещений

6. Приведем полученные отклонения относительно начальных точек наблюдения т. А и т. В.

6.1. Для этого в отклонения всех пунктов вводят поправки:

$$\text{для прямого хода} \quad l'_i = l_i^{\text{пр}} - l_1^{\text{пр}}; \quad (15.5)$$

$$\text{для обратного хода} \quad l''_i = l_i^{\text{обр}} - l_n^{\text{обр}}. \quad (15.6)$$

6.2. Затем вводят поправку за разворот створа:

$$\eta'_i = \frac{-l'_n \cdot S_{1,i}}{S_{1,n}};$$

$$\eta''_i = \frac{-l''_1 \cdot S_{i,n}}{S_{1,n}}. \quad (15.7)$$

6.3. Вычисляют отклонение от проектного створа

$$q'_i = l'_i + \eta'_i;$$

$$q''_i = l''_i + \eta''_i. \quad (15.8)$$

6.4. Нестворность вычисляется по формуле:

$$q_i = \frac{q'_i P'_i + q''_i P''_i}{P'_i + P''_i}. \quad (15.9)$$

где  $q'_i$  и  $q''_i$  - отклонения пункта от створа, вычисленные соответственно в прямом и обратном ходе;  $P'_i$  и  $P''_i$  - веса нестворностей в прямом и обратном ходе соответственно.

Вес отклонений от створа вычисляется по формуле:

$$P'_i = \frac{1}{S_i}; \quad P''_i = \frac{1}{S_{B,i}}.$$

где  $S_i$  и  $S_{B,i}$  - измеренные расстояния от начального А и конечного В пунктов съемочного створа до контрольного пункта.

Разность полученных одноименных отклонений по створу не должна превышать 0,3 мм.

Значение СКП определения отклонений пунктов от створа можно получить по разностям отклонений, полученным из прямого и обратного ходов.

$$m_q = \sqrt{\frac{[\Delta q^2]}{2(n-1)}}. \quad (15.10)$$

где  $\Delta q_i = q'_i - q''_i$ ;  $n$  - число разностей.

### Пример расчётов:

Нулевой цикл (прямой ход)

№ марки	Расстояние, м	Отклонение, мм	Приведенное отклонение $l'_i$ , мм	Учет поправки за разворот $\eta'_i$ , мм	Отклонение от створа $q'_i$ , мм
А					
1	30,02	254,0	0,0	0,00	0,00
2	40,16	248,0	-6,0	0,37	-5,63
3	50,09	264,9	10,9	0,73	11,63
4	60,24	252,9	-1,1	1,10	0,00
В	90,08				

$$\eta'_2 = \frac{-l_4^c \cdot S_{1,2}}{S_{1,4}} = \frac{-(-1,1) \cdot 10,14}{30,22} = 0,37 \text{ мм};$$

$$\eta'_3 = \frac{-l_4^c \cdot S_{1,3}}{S_{1,4}} = \frac{-(-1,1) \cdot 20,07}{30,22} = 0,73 \text{ мм};$$

$$\eta'_4 = \frac{-l_4^c \cdot S_{1,4}}{S_{1,4}} = \frac{-(-1,1) \cdot 30,22}{30,22} = 1,10 \text{ мм}.$$

## Нулевой цикл (обратный ход)

№ марки	Расстояние, м	Отклонение, мм	Приведенное отклонение $l_i''$ , мм	Учет поправки за разворот $\eta_i''$ , мм	Отклонение от створа $q_i''$ , мм
А					
1	30,02	254,2	1,0	-1,00	0,00
2	40,16	248,3	-4,9	-0,66	-5,56
3	50,09	264,6	11,4	-0,34	11,06
4	60,24	253,2	0,0	0,00	0,00
В	90,08				

Вычисление средних отклонений и оценка точности результатов измерений

Номер пункта	$q'$	$P'$	$q''$	$P''$	$q$	$\Delta q$ , мм	$\Delta q^2$
А							
1	0,00	0,033	0,00	0,017	0,00	0,00	0,000
2	-5,63	0,025	-5,56	0,020	-5,60	-0,07	0,004
3	11,63	0,020	11,06	0,025	11,32	0,57	0,321
4	0,00	0,017	0,00	0,034	0,00	0,00	0,000
В							

$$\Sigma \Delta q^2 = 0,325 \text{ мм}^2$$

$$m_q = 0,23 \text{ мм}.$$

**Исходные данные** для выполнения лабораторной работы размещены в [Приложении 12](#).

Отчет выполненной **Лабораторной работы № 15** включает в себя:

- ведомость вычисления отклонений от створа;
- ведомость вычисления горизонтальных смещений;
- таблицу отклонений относительно начальных точек (прямой и обратный ход);
- таблицу средних отклонений и оценка точности результатов измерений.

## **Лабораторная работа № 16**

### **Составление проекта вертикальной планировки части городской территории**

Вертикальная планировка застраиваемых территорий представляет собой комплекс проектных и строительных работ по изменению существующего рельефа в целях:

- обеспечения беспрепятственного стока поверхностных (дождевых и талых) вод с территории строительства - квартала, микрорайона, промышленного предприятия и т. д.;
- создания удобных и безопасных условий для движения транспорта и пешеходов;
- формирование рельефа, удобного для размещения зданий, сооружений, зеленых насаждений и других элементов застройки.

При разработке проектов вертикальной планировки городских территорий используются методы: проектных отметок; проектных профилей; проектных горизонталей.

**Содержание работы.** В процессе выполнения работы необходимо составить:

1. Проект вертикальной планировки по улицам Юбилейной, Лесной, Восточной и Кирова в масштабе 1:1000 с решением всех перекрестков. Основное движение транспорта предусмотреть по ул. Лесной и Юбилейной.

#### **Исходные данные:**

1. Схема вертикальной планировки с исходными данными (рис. 6.1);
2. Поперечные профили улиц (рис. 16.2) и заданные уклоны по проезжей части, газонам и тротуарам.

Проектные отметки точек I, II и III пересечения улицы Лесная с улицами Кирова и Восточная и точки перегиба (изменение уклона) профиля по ул. Лесная по номерам вариантов приведены в таблице 16.1.

Таблица 16.1

вариант	Отметки точек, м			вариант	Отметки точек, м		
	I	II	III		I	II	III
1	98,6	97,6	95,1	14	97,6	98,4	96,3
2	97,7	98,5	96,0	15	98,6	97,7	96,0
3	98,5	97,3	95,0	16	97,5	98,1	96,3
4	97,8	98,4	96,2	17	98,5	97,6	95,0
5	98,4	97,8	95,1	18	97,7	98,4	96,2
6	97,6	98,5	96,1	19	98,4	97,5	94,8
7	98,3	97,6	94,9	20	97,5	98,0	96,1
8	97,5	98,2	95,9	21	98,3	97,7	95,0
9	98,4	97,7	95,8	22	97,7	98,3	96,1
10	97,8	98,6	96,2	23	98,5	97,8	95,8
11	98,5	97,7	95,9	24	97,8	98,5	96,2
12	97,7	98,0	96,2	25	98,3	97,5	94,9
13	98,4	97,8	95,0				

Пример составления проекта вертикальной планировки.

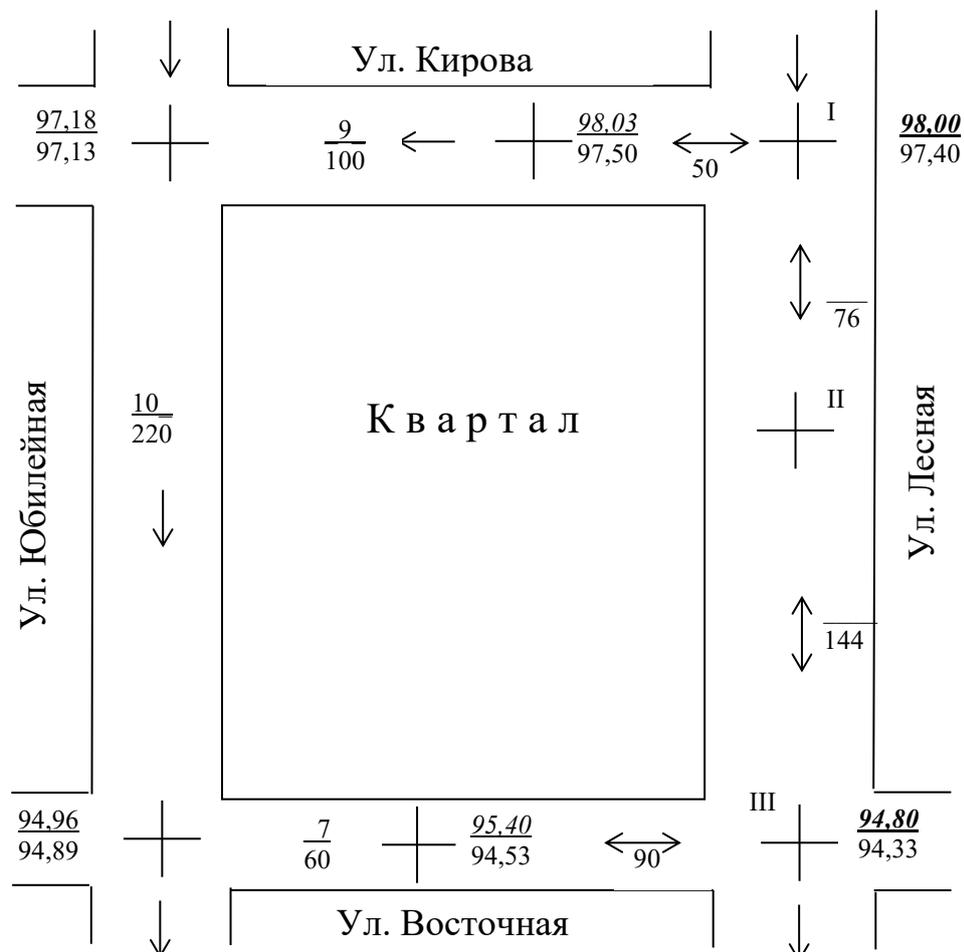


Рис. 16.1 Схема вертикальной планировки

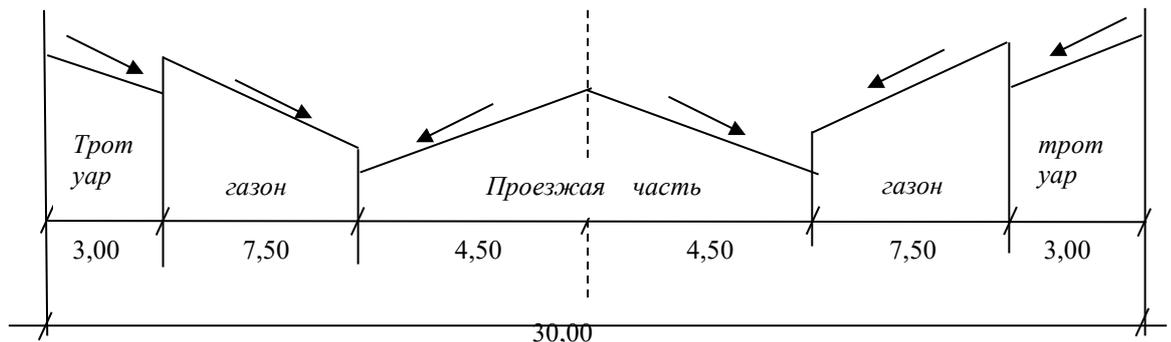
Условные обозначения:

- $\begin{array}{|c} \hline 98,00 \\ \hline \end{array}$  — проектная отметка  
 $\begin{array}{|c} \hline 97,53 \\ \hline \end{array}$  — отметка существующего рельефа  
 $\rightarrow$  — направление стока воды  
 $\frac{11}{60}$  — уклоны в промилле  
 60 — расстояние в метрах

Таблица 16.2

Характеристика улиц	Ул. Лесная, Юбилейная	Ул. Кирова Восточная,
Ширина проезжей части, $d$	9 м	8 м
Уклон поперечный, $inop$	20 ‰	20 ‰
Высота бордюрного камня газона (у лотка), $hбар$	0,2 м	0,2 м
Ширина газона, $bгаз$	7,5 м	7,0 м
Высота бордюрного камня тротуара, $hмп$	0,1 м	0,1 м
Ширина тротуара, $bмп$	3 м	2 м

ул. Лесная и Юбилейная



Условные обозначения: стрелками обозначены направления уклонов

Рис. 6.2. Поперечные профили улиц

### Ход выполнения работы:

Исходными данными для составления плана являются расстояния между осями пересечения улиц (рис. 16.1) и ширина элементов этих улиц (таблице 16.2), а также отметки точек I, II и III, заданные номером варианта.

Расстояние между центрами улиц в плане по осям улиц равно (220×150 метров) или в масштабе плана 1:1000 (22×15 см). На листе формата А4 необходимо вычертить план квартала с учетом только проездов. Вначале необходимо нанести центры улиц, а затем в обе стороны от осевых линий, нанесенных на план, расстояния равные половине ширины соответствующей улицы (рис. 16.1).

Продольный уклон определяется по проектным отметкам точек пересечения осей проездов и точек перегибов по проездам, указанным на схеме вертикальной планировки по формуле

$$i_{np} = \frac{h}{B} \quad (16.1)$$

где  $h = H_{npII} - H_{npI}$  – разность отметок между проектными точками пересечения осей проездов или перегибов;  $B$  – расстояние между этими точками.

По величине продольного уклона определяется расстояние между смежными проектными горизонталями на плане по формуле

$$a = \frac{h_{np}}{i_{np}M}, \quad (16.2)$$

где  $a$  – расстояние между смежными проектными горизонталями в плане;  $h_{np}$  – сечение проектных горизонталей;  $M$  – знаменатель численного масштаба плана.

Например, необходимо составить проект вертикальной планировки по ул. Лесной в пределах проектных отметок I и II. Проектные отметки выбираются из варианта задания.  $H_1 = 97,90$ ;  $H_2 = 98,30$  м. Расстояние между точками I и II равно 76 метров. Тогда по формуле (1) получаем

$$i = \frac{H_2 - H_1}{B} = \frac{98,3 - 97,9}{76} = 0,0053.$$

Расстояние между горизонталями в плане при масштабе 1:1000 будет равно

$$a = \frac{0,1}{0,005263 \times 1000} = 0,0190 \text{ м} = 19,0 \text{ мм}.$$

На проезжей части вдоль осевой линии откладываются отрезки равные 19,0 мм и отмечают положения проектных горизонталей (рис. 16.3).

Согласно профилю трассы по ее сторонам имеется газон шириной 7,5 м, обрамленный бордюрным камнем высотой 0,2 м. Тротуар шириной 3 м запроектирован ниже газона на 0,1 м. Поперечный уклон газона и тротуара (рис. 16.1) равен 0,2 м и сток направлен в сторону проезжей части, а продольный уклон равен продольному уклону проезжей части, т.е. 0,0053.

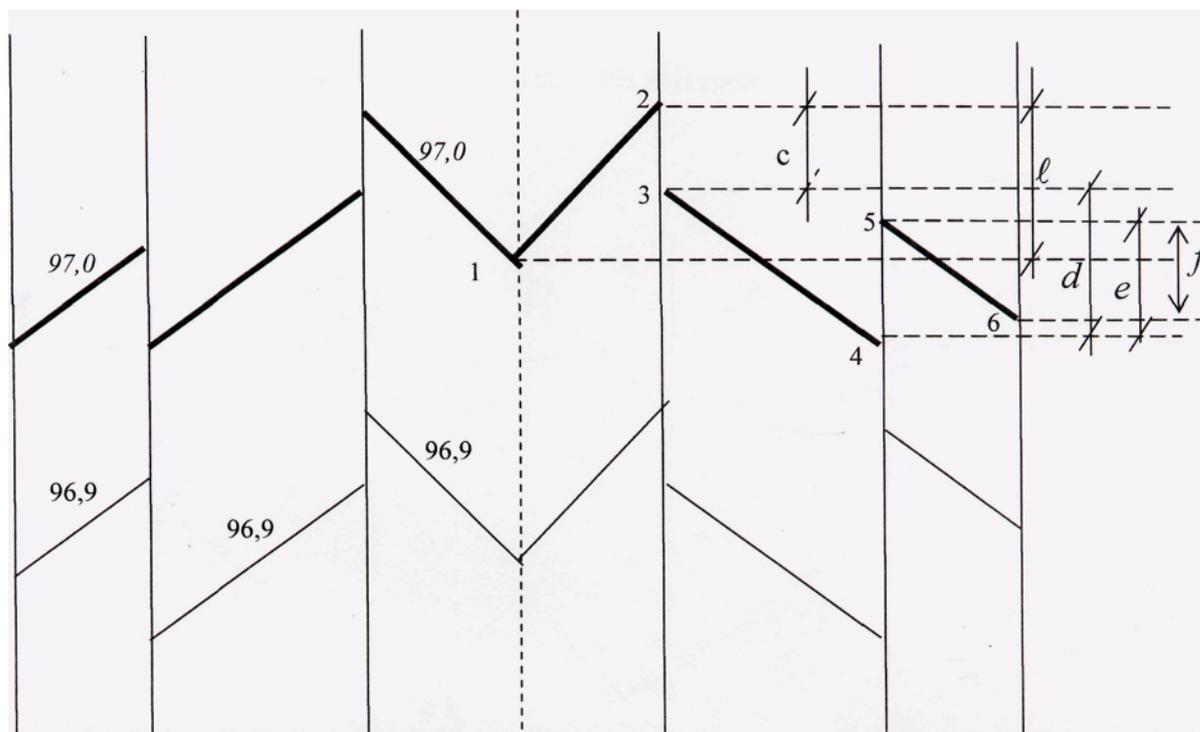


Рис. 16.3 Порядок построения проектной горизонтали

Рассмотрим порядок построения проектной горизонтали с отметкой  $H = 97,0$  м. Для этого из точки 1 проводим перпендикуляр к оси дороги. Все точки, расположенные на данном перпендикуляре, будут иметь, вследствие наклона лотка трассы, отметки меньше чем  $97,0$  м на величину

$$h_i = i_{non} \frac{d}{2}, \quad (16.3)$$

где  $i_{non}$  - поперечный уклон трассы  $0,02$ ;  $d$  - ширина проезда,

$$h_1 = 0,02 \times \frac{9}{2} = 0,09 \text{ м}. \quad (16.4)$$

Поэтому точка 2 с отметкой  $97,0$  м, лежащая в лотке проезда, будет смещена в сторону подъема трассы на величину, которую можно определить по формуле с учетом масштаба схемы планировки:

$$l = \frac{h_1}{iM}, \quad (16.5)$$

тогда  $l = \frac{0,09}{0,0053 \times 1000} = 0,01698 \text{ м} = 17,0 \text{ мм}$ .

Соединив точки 1 и 2, получим горизонталь с отметкой  $97,0$  на проезжей части.

Так как бордюрный камень выше лотка на 0,2 м, горизонтали лотка и газона будут смещены в сторону уклона оси проезда на величину  $c$  :

$$c = \frac{h_{бар}}{iM}, \quad (16.6)$$

где  $h_{бар}$  - высота выступающего бордюра, тогда для данного примера получим

$$c = \frac{0,2}{0,0053 \times 1000} = 37,7_{мм}. \text{ Отложив от точки 2 величину } c, \text{ получим точку 3,}$$

в которой газон имеет ту же отметку 97,0 метров.

Сам газон имеет поперечный уклон в сторону проезжей части равный 0,02, поэтому горизонталь с отметкой 97,0 на газоне у тротуара будет в точке 4, расположенной ниже точки 3 на величину  $d$  равную

$$d = \frac{b_{газ} \times i_{газ}}{iM}, \quad (16.7)$$

где  $b_{газ}$  - ширина газона; а  $i_{газ}$  - поперечный уклон газона, тогда в нашем примере будем иметь  $d = \frac{7,5 \times 0,02}{0,0053 \times 1000} = 28,3_{мм}$ .

Тротуар ниже газона на 0,1 м, поэтому горизонталь с отметкой 97,0 будет проходить через точку 5, расположенную выше точки 4 на величину (см. рис.16.3)

$$e = \frac{h_{мп}}{iM}, \quad (16.8)$$

где  $h_{мп}$  - высота газона над тротуаром (высота бордюрного камня), тогда

$$e = \frac{0,1}{0,0053 \times 1000} = 18,87_{мм}.$$

Так как тротуар наклонен в сторону газона с уклоном 0,02, то горизонталь с отметкой 97,0 будет расположена в точке 6 на пересечении с красной линией ниже точки 5 на величину

$$f = \frac{i_{мп} \times b_{мп}}{iM}, \quad (16.9)$$

где  $i_{мп}$  - поперечный уклон тротуара;  $b_{мп}$  - ширина тротуара. Тогда для нашего

примера получим:  $f = \frac{0,02 \times 3}{0,0053 \times 1000} = 11,3_{мм}$ .

Все остальные горизонталы как на проезжей части, так и по газону и тротуару, при одинаковых продольных и поперечных уклонах будут расположены на расстоянии равном 19,00 мм на плане. Такие расчеты необходимо выполнять через каждые 10 горизонталей и во всех местах изменения уклонов, ширины проезжей части, местах пересечения (рис. 16.3).

Ниже приведена таблица 16.3 с расчётами для составления плана вертикальной планировки по улицам: Лесная, Восточная, Юбилейная, Кирова.

Таблица 16.3

№ участка	Отметка Н, м	S, м	$i$ , в тысячных	$a$ , мм	$l$ , мм	$c$ , мм	$d$ , мм	$e$ , мм	$f$ , мм
I-II	98,00-97,20	76	-0,0105	9,5	8,6	19,0	14,3	9,5	5,7
II-III	97,20-94,80	144	-0,0167	6,0	5,4	12,0	9,0	6,0	3,6
III-IV	94,80-95,50	90	0,0078	12,9	11,6	25,7	19,3	12,9	7,7
IV-V	95,50-94,91	60	-0,0098	10,2	9,2	20,3	15,3	10,2	6,1
V-VI	94,91-97,33	220	0,0110	9,1	8,2	18,2	13,6	9,1	5,5
VI-VII	97,33-98,23	100	0,0090	11,1	10,0	22,2	16,7	11,1	6,7
VII-I	98,23-98,00	50	-0,0046	21,7	19,6	43,5	32,6	21,7	13,0

По полученным данным (таблица 16.3) строим проектные горизонталы по улицам. После этого приступаем к решению перекрёстков, вычисления отметок сведём в таблица 16.4.

**Решение перекрестков.** Первым этапом решения перекрестков является определение категории пересекающихся улиц. При проектировании перекрестков улиц не допускаются поперечные лотки на магистральных улицах. Одна из улиц обязательно должна иметь уклон для отвода воды от перекрестка. Если же такое невозможно, то необходимо проектировать подземный водосток с водоприемным колодцем для отвода воды.

Согласование горизонталей второстепенных улиц на стыке с горизонталями магистральной улицы выполняются интерполированием. С целью обеспечения плавного перехода проезжей части второстепенной улицы к магистральной, за 10-15 метров до перекрестка, гребень второстепенной улицы смещают в сторону уклона магистральной улицы (размащивание).

Размошкой улицы называется, переход от двухскатного поперечного профиля к односкатному на участке улицы, непосредственно прилегающим к перекрестку.

В зависимости от направления уклонов на пересекающихся улицах (проездах) проектные горизонтали будут иметь вид, показанный на рис. 16.4.

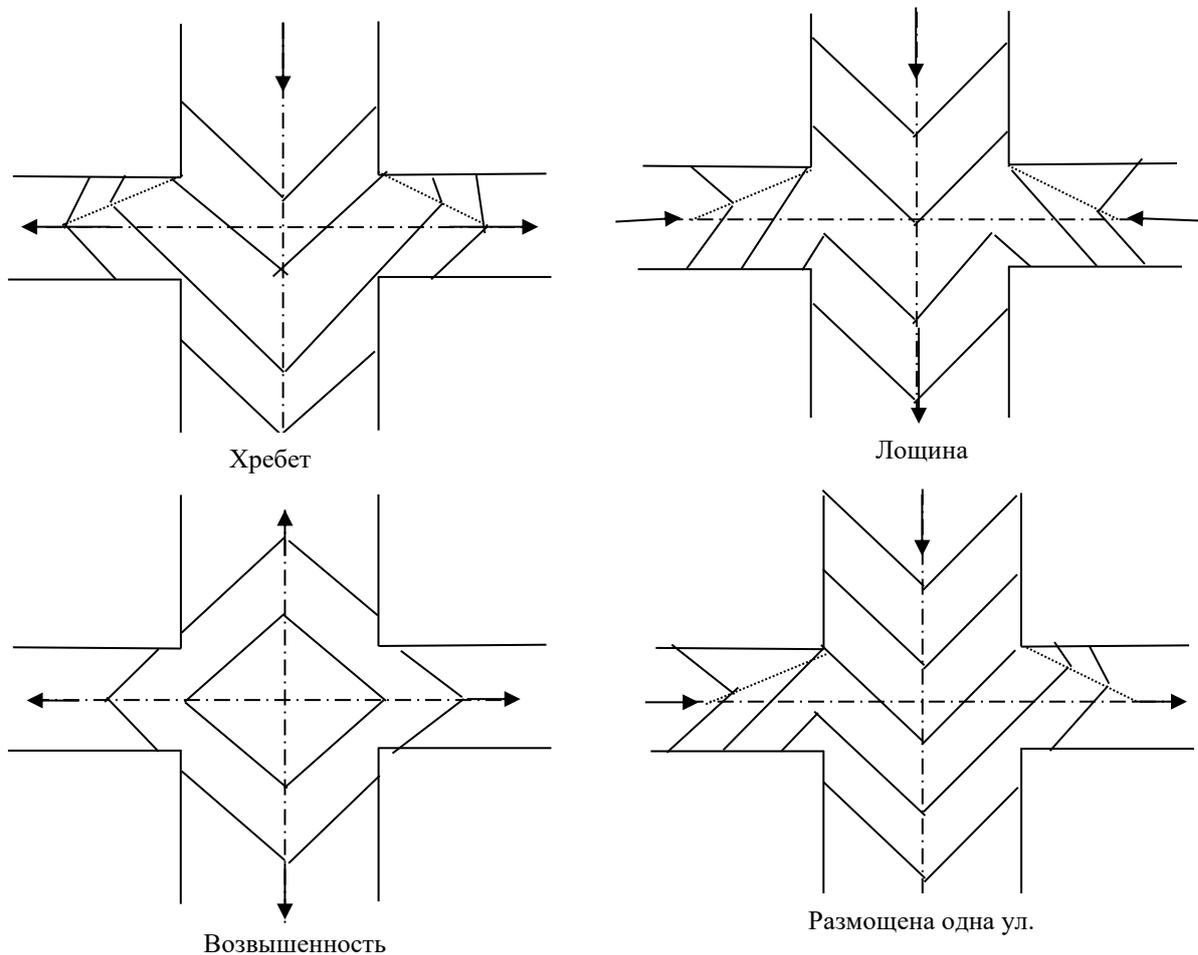


Рис. 16.4. Решение перекрестков на проезжей части дороги

Размошка улиц выполняется постепенным поворотом одной половины проезжей части от ее оси к верхнему лотку. Длина участка улицы, в пределах которого осуществляется переход от двухскатного к односкатному профилю, определяется по одной из ниже приведенных формул

$$S = \frac{B \times i_{\text{noner}}}{0,004}, \quad (16.10)$$

$$S = \frac{B \times i_{\text{noner}}}{0,2 \times i_{\text{прод}}}. \quad (16.11)$$

где  $B$  – ширина проезжей части размащиваемой улицы;  $i_{\text{попер}}$  – поперечный уклон размащиваемой улицы в конце размотки, т. е. в сечении односкатного поперечного профиля (обычно равен продольному уклону пересекающей улицы;  $i_{\text{прод}}$  – продольный уклон размащиваемой улицы.

Формула (16.10) используется для вычислений в том случае, когда продольный уклон размащиваемой улицы менее 20‰, т. е.  $i_{\text{прод}} < 20 \text{ ‰}$ . Если же  $i_{\text{прод}} \geq 20 \text{ ‰}$ , применяется формула (16.11).

Выбор улиц для устройства размотки у перекрестка зависит от рельефа, на котором расположен перекресток, а также от категории пересекающихся улиц и дорог. При пересечении улиц разных категорий рекомендуется размащивать улицу более низкой категории.

Для определения положения проектных горизонталей на перекрестке предварительно намечаются улицы, для которых будет запроектирована размотка. Затем вычисляются отметки характерных точек рельефа на перекрестке и прилегающих к нему участках улиц. Для рассматриваемого примера в [Приложении 13](#) дана схема размещения точек для решения перекрестка.

Отметки характерных точек перекрестка вычисляются последовательно с использованием размеров (ширина проезжей части, газона и тротуара) и уклонов элементов улиц, которые приведены в таблице 16.2 и на рисунке 16.2.

Для вычисления отметок точек 9 и 10 предварительно необходимо определить уклон лотка (8-11).

Вычисленные через поперечные профили двух пересекающихся улиц значения  $H'_5$  и  $H''_5$  высоты угла микрорайона не совпадают и поэтому по двум полученным значениям необходимо назначить окончательную отметку. Добиться совпадения отметок можно изменением поперечного уклона тротуаров у перекрестка.

Таблица 16.4

## Вычисление отметок характерных точек перекрестка

	I	III		V		VI	
		Лево	Право	Лево	Право	Лево	Право
$H1=$	98,0	94,8	94,8	94,91	94,91	97,33	97,33
$i_{на2}=$	-0,0105	0,0167	0,0167	0,011	0,011	0,011	0,011
$i_{на7}=$	0,0046	0,0078	-0,0078	-0,0098	0,0098	-0,0066	0,0066
$S_{7-8}=$	24,05	37,84	37,84	25,16	25,16	25,16	25,16
$S_{6-7}=S_{8-11}=$	23,63	37,58	37,58	24,75	-24,75	24,75	-24,75
$H2=$	97,84	95,05	95,05	95,08	95,08	97,50	97,50
$H3л=$	97,75	94,96	94,96	94,99	94,99	97,41	97,41
$H3в=$	97,95	95,16	95,16	95,19	95,19	97,61	97,61
$H4в=$	98,10	95,31	95,31	95,34	95,34	97,76	97,76
$H4л=$	98,00	95,21	95,21	95,24	95,24	97,66	97,66
$H5=$	98,06	95,27	95,27	95,30	95,30	97,72	97,72
$H6=$	98,02	94,84	94,76	94,87	94,95	97,30	97,36
$H7=$	98,13	95,13	94,47	94,62	94,71	97,14	97,20
$H8л=$	98,07	94,91	94,84	94,92	94,90	97,35	97,31
$H8в=$	98,17	95,01	94,94	95,02	95,00	97,45	97,41
$H14л=$	97,97	94,75	94,69	94,82	94,86	97,25	97,27
$H14в=$	98,07	94,85	94,79	94,92	94,96	97,35	97,37
$H11л=H15л=$	98,04	95,04	94,38	94,53	94,62	97,05	97,11
$H11в=H15в=$	98,24	95,24	94,58	94,73	94,82	97,25	97,31
$H12в=$	98,39	95,39	94,73	94,88	94,97	97,40	97,46
$H12л=$	98,29	95,29	94,63	94,78	94,87	97,30	97,36
$H13=$	98,34938	95,35	94,69	94,84	94,93	97,36	97,42
$i_{8-11}=$	-0,0012	0,0034	-0,0122	-0,0154	0,0114	-0,0122	0,0082
$H9л=$	98,06	94,95	94,71	94,75	95,02	97,22	97,40
$H9в=$	98,26	95,15	94,91	94,95	95,22	97,42	97,60
$H10в=$	98,41	95,30	95,06	95,10	95,37	97,57	97,75
$H10л=$	98,31	95,20	94,96	95,00	95,27	97,47	97,65
$5'=$	98,06	95,26	95,02	95,06	95,33	97,53	97,71
$i_{14-15}=$	0,0028	0,0078	-0,0082	-0,0114	0,0098	-0,0082	0,0066
$H16л=$	98,00	94,83	94,60	94,70	94,97	97,16	97,34
$H16в=$	98,20	95,03	94,80	94,90	95,17	97,36	97,54
$H17в=$	98,35	95,18	94,95	95,05	95,32	97,51	97,69
$H17л=$	98,25	95,08	94,85	94,95	95,22	97,41	97,59
$H5''=$	98,31	95,14	94,91	95,01	95,28	97,47	97,65
$Hk=$		95,55	94,55	94,745	94,7009	97,165	
$H18л=$	98,07	94,46	94,5495	94,70	94,61	97,14	97,05
$H18в=$	98,27	94,66	94,51	94,90	94,81	97,34	97,25
$H19в=$	98,42	94,81	94,71	95,05	94,96	97,49	97,40
$H19л=$	98,32	94,71	94,86	94,95	94,86	97,39	97,30
$H20=$	98,38	94,77	94,76	95,01	94,92	97,45	97,36
$H20'=$	98,37	95,14	94,82	95,01	95,28	97,47	97,65

Анализируя исходные данные на рис. 16.4, приходим к выводу, что пересекающиеся улицы имеют одинаковую категорию, а перекресток расположен на косогоре. В данном случае при проектировании рельефа на перекрестке необходимо размещать либо две улицы, либо одну из них.

Вычисленные отметки точек и уклоны направлений позволяют без особого труда определить положение проектных горизонталей на перекрестке и прилегающих к нему участках улиц.

По полученным данным из таблицы 16.4 производим размостку улиц и строим горизонтали на перекрестках. Решение всех перекрестков для рассматриваемого примера приводится в [Приложении 14](#).

Проект вертикальной планировки части городской территории представлен в [Приложении 15](#).

Таким образом, проанализировав проект планировки части городской территории по запроектированным горизонталям можно сделать следующие выводы:

- на перекрестке I сток воды будет происходить нормально, поэтому водосточные колодцы можно не проектировать;
- на перекрестке III следует запроектировать водосточный колодец в верхнем левом углу для лучшего стока дождевых вод;
- перекресток V – запроектировать водосточный колодец в нижнем левом углу;
- перекресток VI – запроектировать колодцы в верхней правой части перекрестка.

Отчет выполненной **Лабораторной работы № 16** включает в себя:

- схему вертикальной планировки, согласно выданному варианту;
- таблицу результатов расчётов для составления плана вертикальной планировки по улицам;
- таблицу вычислений отметок характерных точек перекрестка;
- проект вертикальной планировки по улицам Юбилейной, Лесной, Восточной и Кирова в масштабе 1:1000;
- проект вертикальной планировки с решением всех перекрестков в масштабе 1:500.

**РАЗДЕЛ III. Курсовое проектирование****МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ  
КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Пособие для выполнения курсовой работы по учебной дисциплине «Инженерная геодезия» разработано для студентов специальности 6-05-0731-01 «Геодезия» в соответствии с учебным планом.

Основной целью курсовой работы является: развить у студентов навыки самостоятельного проектирования инженерно-геодезических работ, выполняемых на строительной площадке, и закрепить теоретические знания.

Курсовая работа выполняется с использованием исходной растровой основы участка строительства, схемы расположения пунктов планово-высотного обоснования, каталога координат исходных пунктов, информации о грунтах на объекте застройки, параметров котлована.

### Исходная информация для выполнения курсовой работы

Топографический план участка застройки (М 1:500) - согласно варианту.

Генплан площадки строительства- согласно варианту. Класс сложности сооружения - третий (К-3).

Схема расположения пунктов планово-высотного обоснования. Пункты полигонометрии - 1 разряда, сигналы - 4 класса точности. Точность исходных пунктов по высоте - III класс.

Каталог координат пунктов.

Тип грунта на объекте застройки - согласно варианту.

Параметры котлована- согласно варианту.

On-line доступ к программам ТИМ КРЕДО: ДАТ, ТРАНСФОРМ, ТОПОГРАФИЯ.

Таблица 1

Вид грунта	Глубина выемки, м		
	Отношение высоты откоса к его заложению		
	до 1,5	от 1,5 до 3	от 3 до 5
Насыпной	1:0,67	1:1	1:1,25
Песчаный или гравийный влажный (ненасыщенный)	1:0,50	1:1	1:1
Супесь	1:0,25	1:0,67	1:0,85
Суглинок	1:0	1:0,5	1:0,75
Глина	1:0	1:0,25	1:0,5
Лессовый сухой	1:0	1:0,25	1:0,5

## Содержание курсового проекта

### Введение.

#### 1. Подготовка растрового изображения к работе.

1.1. Трансформирование и масштабирование в программе ТРАНСФОРМ.

#### 2. Общие сведения об объекте

2.1. Физико-географическая изученность района работ.

2.2. Топографо-геодезическая изученность района работ.

2.3. Определение точности планового положения пунктов опорной геодезической сети и их плотности на объекте строительства.

2.4. Проектирование опорной геодезической сети. Предрасчет необходимой плотности и точности пунктов плановых и высотных сетей в программе КРЕДО ДАТ. Закрепление сети, типы знаков и центров.

2.5. Выбор приборов для создания опорной геодезической сети и описание технологий выполнения измерений.

#### 3. Вертикальная планировка площадки строительства в программе ТОПОГРАФИЯ

3.1. Построение поверхности на участке застройки.

3.2. Вычисление средней отметки. Построение проектной поверхности.

3.3. Подсчет объемов земляных работ при вертикальной планировке площадки.

3.4. Корректировка расчета.

3.5. Создании прямоугольной сетки объемов работ.

3.6. Создание чертежа картограммы земляных работ.

#### 4. Геодезическая разбивочная основа на строительной площадке

4.1. Проектирование разбивочной основы на строительной площадке - строительной сетки.

4.2. Вычисление разбивочных элементов для выноса натуру осей строительной сетки.

#### 5. Разбивка промышленного сооружения в плане.

5.1. Разбивка и закрепление на местности главных и основных осей сооружений.

5.2. Расчёт точности выноса основных разбивочных осей.

#### 6. Разбивочные работы при сооружении котлованов.

6.1. Проектирование контура котлована по заданным параметрам.

6.2. Вычисление объема вынимаемого грунта в котловане.

### Заключение.

### Приложения:

А. Схема планово-высотного обоснования участка строительства

В. Чертеж картограммы земляных работ

С. Чертеж проекта геодезической разбивочной основы - строительной сетки

Д. Каталог координат пунктов строительной сетки

Е. Разбивочный чертеж строительной сетки

Ф. Разбивочный чертеж сооружения

Г. Разбивочный чертеж котлована

## Введение

Во введении студент должен указать целевое назначение проектных работ с перечислением проектируемых объектов, описать значимость геодезических работ при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений.

### 1. Подготовка растрового изображения к работе в программе КРЕДО ТРАНСФОРМ

Под подготовкой растрового изображения к работе понимают его трансформацию, т.е его преобразование: перемещение, вращение и масштабирование, в процессе которого выполняется его «привязка» к координатам проекта.

Программа ТРАНСФОРМ предназначена для трансформации растровых файлов, полученных в результате сканирования картографических и геодезических материалов, схем и чертежей.

1.1. Импортировать растровое изображение в программу КРЕДО ТРАНСФОРМ.

1.2. Используя координаты верхнего левого угла планшета, выданного согласно варианту, выполните трансформирование растра в масштаб 1:500.

1.3. Сохранить проект с именем номенклатуры планшета.

### 2. Общие сведения об объекте

В этом разделе дается краткая характеристика объекта строительства, экономических условий работ.

Раздел должен содержать:

- физико-географическое описание района строительства;
- топографо-геодезическая изученность района работ.

2.1. Физико-географическая изученность района работ.

Необходимо дать краткую характеристику рельефа, климата, грунтов, гидрографии, растительности, путей сообщения, средств связи в районе объекта строительства.

Описание должно быть увязано с проектируемыми инженерно-геодезическими работами. Так, характеристика грунтов и климата определяет соответствующие типы центров и реперов.

2.2. Топографо-геодезическая изученность района работ.

Для описания топографо-геодезической изученности района работ необходимо указать наличие исходной геодезической основы вблизи объекта строительства, возможность их использования для разбивочных работ. На территории строительства предполагается наличие не менее трех пунктов опорной геодезической сети.

На основе информации файла «Схема планшетов» определить пункты, которые будут являться основой для развития обоснования на строительной площадке\*. Информацию об исходных пунктах геодезической сети своего участка необходимо разместить в Таблице 1.

## Каталог координат и высот исходных пунктов

Таблица 1

Название пункта	Класс сети	Координаты, м		Отметка Н, м
		X	Y	

\*Примечание. Класс точности пунктов, указанных на «Схеме планшетов»: пункты полигонометрии - 1 разряд, пункты триангуляции - 4 класс.

2.3. Определение точности планового положения пунктов опорной геодезической сети и их плотности на объекте строительства.

В соответствии с требованиями [1] определить тип, класс опорной плановой и высотной геодезической сети для своей строительной площадки, точность определения положения пунктов опорной геодезической сети и их плотность.

2.4. Проектирование сетей сгущения. Предрасчет необходимой плотности и точности пунктов сети сгущения. Закрепление сети, типы знаков и центров.

2.4.1. При проектировании опорной геодезической сети, используя программу КРЕДО ДАТ, необходимо подобрать оптимальную конфигурацию сети, выполнить предрасчет точности и просмотреть **Ведомость оценки точности положения пунктов**.

Оценка точности взаимного планового положения пунктов сети (по сторонам сети)									
Тип стороны	Пункт1	Пункт2	Длина линии	Дир. угол	СКО расстояния	СКО угла	Относительная ошибка	СКО расстояния поперечное	СКО линии
2-й разряд, ОМС-2									
Min	6	5890	66,535	83°55'41"	0,0088	6,3	7519	0,0020	0,0091
Max	2	3	104,489	5°12'12"	0,0088	9,1	11926	0,0046	0,0099
По сети			84,794		0,0089	8,2	9566	0,0035	0,0095

Рис.1. Вкдомость оценки точности пунктов

2.4.2. Просмотрите в Ведомости таблицу Оценка точности взаимного положения пунктов сети (рис. 1) и сравните полученные значения относительной ошибки и СКП определения координат точек съёмочной геодезической сети относительно исходных пунктов (согласно [1]). При необходимости ужесточите точность измерения углов и расстояний для этого класса точности и заново выполните уравнивание.

2.4.3. Сформируйте чертеж опорной сети и распечатайте его. Проект сохраните с именем **Номенклатура планшета\_Фамилия**.

2.4.3. Указать типы центров и реперов для закрепления на местности пунктов опорных сетей.

2.5. В соответствии сделанными в п. 2.3 и 2.4 выводами, указать приборы, которые могут быть использованы для создания опорной геодезической сети и описать технологию выполнения работ на станции в соответствии с классом точности сетей.

### 3. Вертикальная планировка площадки строительства в программе ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ

Вертикальная планировка территории необходима для подготовки строительной площадки к застройке и предполагает выравнивание существующего рельефа до нужной горизонтальной поверхности. Выполнение планировки при подготовке к строительству практически неизбежно, так как найти участок с естественным горизонтальным рельефом не просто, а строить на наклонном рельефе - чаще всего нетехнологично. Данные работы направлены на изменение именно микрорельефа, естественный же рельеф остается максимально нетронутым.

Главный принцип, который необходимо сохранять при вертикальной планировке участка, — сохранение оптимального баланса земляных масс. Он должен быть близок к нулю. Если баланс превышает эту отметку, значительно увеличиваются расходы на строительство. Для определения баланса составляют картограмму земляных масс.

В курсовой работе предлагается выполнить расчет вертикальной планировки площадки в программе **ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ** и описать технологию выполнения полевых и камеральных геодезических работ, выполняемых при вертикальной планировке поверхности строительной площадки.

3.1 Построение фактической поверхности на участке застройки.

3.1.1. Открыть новый *Набор проектов* в программе **ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ** и выполнить переименование согласно рис. 1. Задать имя проекту как номенклатура планшета, на котором будет вестись строительство. Создать структуру слоев согласно рис. 2.

3.1.2. Сделать активный слой *Растр* и выполнить импорт трансформированного растра.

3.1.3. Сделать активным слой *Площадка строительства* и по заданным координатам создать точки, являющиеся углами строительной площадки. При создании точек их тип указать как *Ситуационная без отметки*.

3.1.4. Используя команду *Построение/Графическая маска* создать границу строительной площадки.

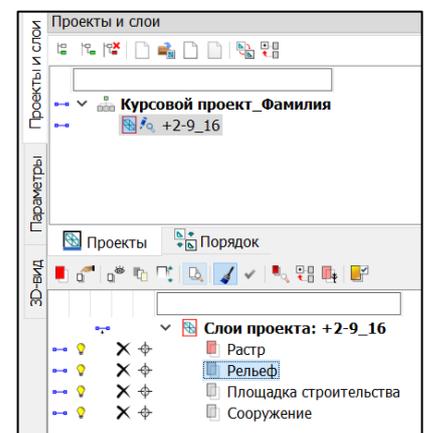


Рис. 2. Набор проектов

3.1.5. Сделать активным слой *Рельеф* и выполнить оцифровку растра в пределах границ строительной площадки. При создании точек их тип указать как *Рельефная*.

3.1.6. Постройте поверхность в границах строительной площадки.

3.1.7. Сделать активным слой *Площадка строительства*. Площадку строительства разбить на квадраты размерами 50х50 м (рис. 3).

3.1.8. Сделать активным слой *Рельеф* и используя команду *Посторенние/Точка/Точка по курсору* создать точки в углах квадратов. В окне *Параметры* указать *Интерполировать- Да*, слой с данными указать - *Рельеф*.

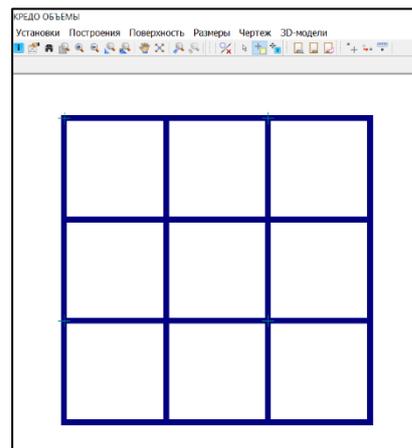


Рис. 3. Разбивка площадки на квадраты

3.2. Выполнить расчет средней отметки  $H_0$  участка в программе Microsoft Excel. Построение проектной поверхности.

3.2.1. Сделайте активным слой *Площадка строительства*.

3.2.2. По периметру площадки создайте структурную линию. В окне *Параметры* выберите *Метод определения – С постоянной высотой* и укажите высоту равную средней отметке.

3.2.3. Выполните построение проектной поверхности.

3.2.4. Используя команду *Поверхность/Разрез* просмотрите разрез поверхностей на площадке (рис. 4).

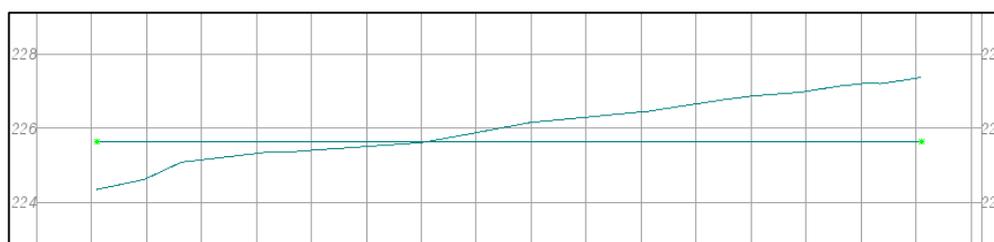


Рис. 4. Разрез поверхности

3.3. Подсчет объемов земляных работ при вертикальной планировке площадки.

3.3.1. Используя команду *Поверхность/Объемы между поверхностями* выполните расчет объемов насыпи и срезки на площадке. При этом в окне *Параметры Слой Проекта 1 (исходный)* укажите - *Рельеф*, *Слой Проекта 2 - Площадка для строительства*.

3.3.2. Сравните полученные значения объемов насыпи и выемки. Контролем подсчета объемов является полученная разность объемов земляных масс в насыпи и выемке:

$$\Delta V = V_H - V_B$$

которая не должна превышать допустимой, вычисляемой по формуле:

$$\Delta V = \delta_h \cdot P$$

где  $\delta_h$  - предельная погрешность округления рабочих отметок (отметки центра тяжести, средней отметки), равная 0,005 м;

$P$  - площадь участка планировки в м<sup>2</sup>.

3.4. **Корректировка расчета.** При условии нулевого баланса  $\sum V_H \approx \sum V_B$  (без учета коэффициента разрыхления грунта) разность в итоговых объемах выемки и насыпи не должна превышать 5%. В противном случае требуется введение поправки  $\Delta h$  в величину  $H_0$  и корректировка расчета.

Величина поправки (м) определяется по упрощенному варианту:

$$\Delta h = \frac{V_p}{P}$$

$V_p$  - расхождение в объемах насыпи и выемки (т.е. объем недостающего или избыточного грунта), м<sup>3</sup>.

$P$  - площадь планируемого участка, м<sup>2</sup>.

Планируемую отметку  $H_0$  при избытке грунта повышают на величину поправки  $\Delta h$ , при недостающем грунте на площадке ее соответственно понижают:

$$H'_0 = H_0 \pm \Delta h$$

3.4.1. С учетом полученной откорректированной  $H_0$  выполните исправление проектной поверхности и повторите вычисление объемов.

3.5. Создании прямоугольной сетки объемов работ.

3.5.1. Сделайте проект *Объемы* активным. Выберите команду *Объемы/Сетка объемов/Создать прямоугольную сетку*. Выполните следующие настройки:

- шаг сетки укажите  $L_1=50\text{м}$ ,  $L_2=50\text{м}$ .
- цвет шрифта рабочей отметки – черный;
- проектной - красный;
- исходной - черный;
- для таблиц - расстояние от сетки – 10 мм;
- отметки на границе работ - нет.

3.5.2. Формирование ведомости объемов по сетке.

Выберите команду меню **Объемы/Ведомости/Объемов** - по сетке. В окне **Параметры** установите параметры согласно (рис. 5).

3.5.3. Просмотрите сохраненную ведомость.

3.6. Создание чертежа картограммы земляных работ.

3.6.1. Выберите команду **Чертеж/Создать чертеж**.

В окне **Открыть объект «Шаблон чертежа»** выбрать из папки **Шаблоны чертежей** **Шаблон 1**. В окне **Параметры** установите:

- Формат листа - А4;
- Ориентация листа - Книжная;
- Масштаб чертежа - 1:1000.

В разделе **Переменные поля** шаблона установите переменные согласно рис. 6.

После завершения метода система автоматически перейдет из окна **План** в окно **Чертежной модели**.

3.6.2 В окне **Чертежи**, в чертежной модели, вместе с картограммой земляных работ отобразите **Ведомость объемов по сетке**.

На панели **Проекты и слои** в окне **Проекты** выбрать проект **Чертеж плана 100** и создайте на том же уровне новый проект. При его создании укажите (рис. 7):

- Создать импортом внешних данных;
- Импорт файла RTF;
- Путь к хранению **Ведомости объемов по сетке**.

3.6.3. Разместить подгруженную ведомость в Шаблоне чертежа используя команды **Правка/Преобразование координат проекта/Интерактивно** (рис. 8).

3.6.4. Меняя порядок отрисовки слоев в чертежной модели и отключая видимость некоторых, приведите чертеж к виду согласно рис. 8, заполните поля штампа и распечатайте его.

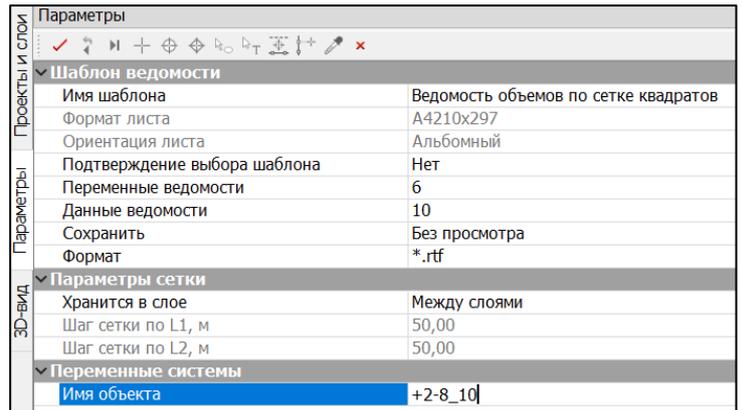


Рис. 5. Формирование ведомости по сетке

Дата Техн.	
Инв. N подл.	
Инженер	ФИО
Лист	1
Листов	1
Масштаб	1:1000
Н. контроль	
Название проекта	
Начальник отдела	
Организация	БНТУ
Подп. и дата	
Рук. группы	Рак И.Е

Рис. 6. Создание чертежа

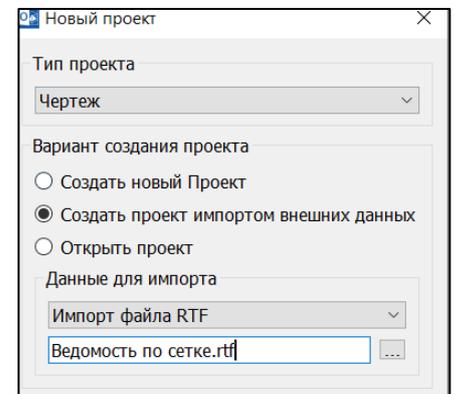


Рис. 7. Импорт ведомости

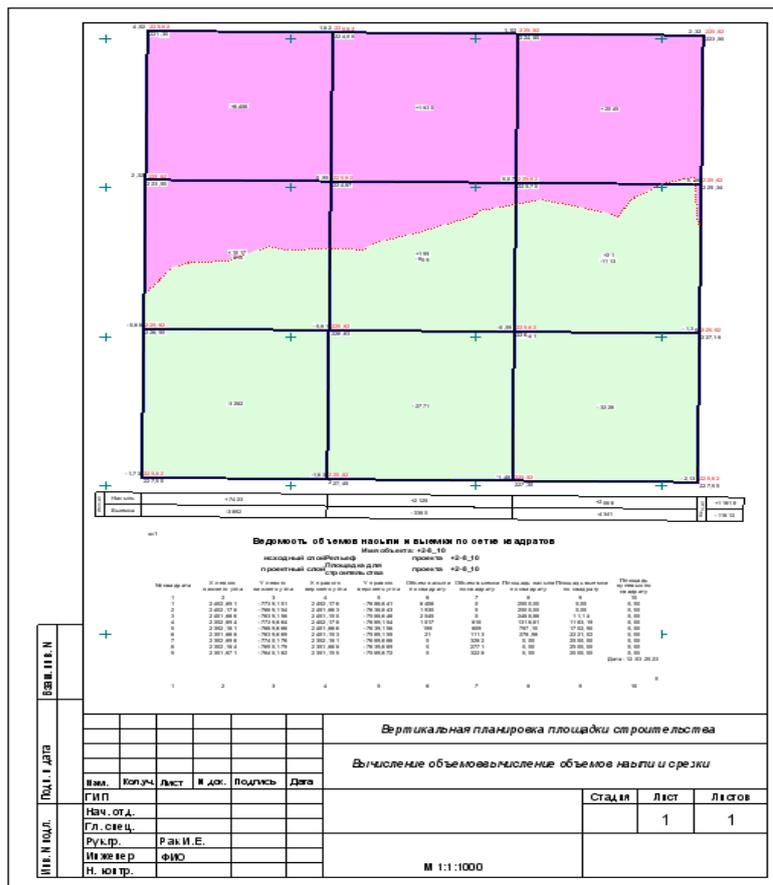


Рис. 8. Чертеж картограммы

#### 4. Геодезическая разбивочная основа на строительной площадке

Геодезическая разбивочная основа для строительства должна состоять из плановых и высотных или плано-высотных пунктов разбивочной сети строительной площадки и пунктов внешней разбивочной сети здания.

В курсовой работе предлагается разбивочную основу создать в виде **строительной геодезической сетки**.

Стороны строительной сетки располагают параллельно главным и основным осям зданий. При составлении проекта необходимо учитывать следующие требования:

- 1) между пунктами должна была прямая видимость;
- 2) пункты сетки располагаются на свободных от застройки местах;
- 3) длины сторон сетки должны быть кратны 10 м;
- 4) крайние пункты сетки должны несколько выходить за территорию промышленной площадки, что обеспечит их большую сохранность;
- 5) расположение пунктов должно позволять удобно производить работы по выносу точек основных осей зданий.

Плановую привязку строительной геодезической сетки для картографирования застроенной территории производят не менее чем к двум пунктам государственной или городской геодезической сети при не менее двух исходных направлениях.

Высотная разбивочная основа на территории строительства должна быть закреплена постоянными знаками с таким расчетом, чтобы отметки передавались на рабочие реперы строительства от двух знаков не более чем тремя станциями нивелирного хода [2].

Точность разбивочных работ в процессе строительства принимают, руководствуясь данными, приведенными в таблице 2 [2].

В курсовой работе предлагается выполнить проектирование строительной сетки в программе **ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ** и описать технологию выполнения полевых и камеральных геодезических работ, выполняемых при выносе ее в натуру.

4.1. Проектирование строительной сетки предлагается выполнить в программе **ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ**.

4.1.1. Откройте набор проектов *Курсовой проект\_Фамилия* и в нем проект с именем номенклатуры планшета, выданного для выполнения курсовой работы. В слое *Сооружение* по заданным координатам определите местоположение сооружения на строительной площадке.

4.1.2. В окне плана выберите команду *Установки/Свойства набора проектов/Дополнительные системы*. Выполните создание дополнительной системы координат – *СК\_500* с соблюдением следующих условий:

- ось АА разбивочной сетки должна быть параллельна осям А-А и В-В проектируемого сооружения;
- шаг сетки установить 20 м
- цвет линий сетки - синий.

Расположить сетку таким образом, чтобы ее границы были удалены от сооружения не менее чем на 20 метров (рис. 9).

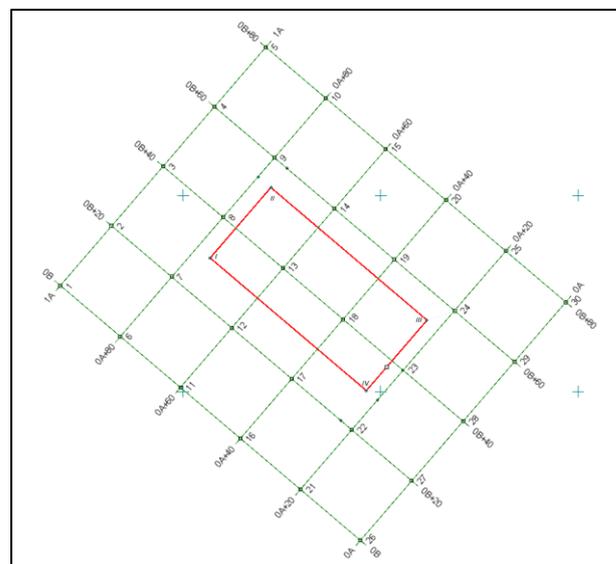


Рис. 9. Строительная сетка

Каждая вершина квадрата должна быть подписана арабскими цифрами слева направо, начиная с верхнего ряда, далее второй ряд слева направо и т.д.

4.1.3. Сформируйте каталога координат вершин строительной сетки и ее чертеж.

4.1.4. Выберите команду Построение/ Точка/По дополнительной СК.

В окне параметров укажите имя дополнительной системы координат *СК\_500*

Укажите создание *Точек* и *Точечных объектов*. Точечный объект укажите - *Пункты сетей сгущения*.

4.1.5. Выберите команду Правка/Группа элементов и выделите рамкой всю площадку строительства. Установив необходимый шаблон экспорта (Имя точки, X, Y), примените настройки.

1	2409,643	-7676,912
2	2396,640	-7661,716
3	2383,637	-7646,520
4	2370,634	-7631,324
5	2355,438	-7644,327

Рис. 10. Экспорт точек

4.1.6. Выполните экспорт сформированной группы в \*.txt формат. Пример фрагмента файла на рис. 10.

4.1.7. Сформируйте каталог координат пунктов строительной сетки (Таблица 2).

### Каталог координат пунктов строительной сетки

Таблица 2.

Имя пункта	Координаты СС		Координаты площадки		Высота
	X	Y	X	Y	H
1	1A+00	B+00	2409,643	-7676,912	225,151

4.1.8. Создайте чертеж окончательного варианта проекта строительной сетки (рис. 11), заполните поля штампа.

4.1.9. На основании требований [2] определите допустимые средние квадратические погрешности измерений при создании разбивочной сети строительной площадки.

4.2. Вычисление разбивочных элементов для выноса натуры осей строительной сетки.

Вынос в натуру строительной сетки начинается с разбивки главных осей, то есть двух взаимно перпендикулярных направлений. Каждая из этих осей должна быть закреплена на местности двумя-тремя пунктами. В качестве главных осей могут быть два направления по периметру строительной сетки или посередине, либо

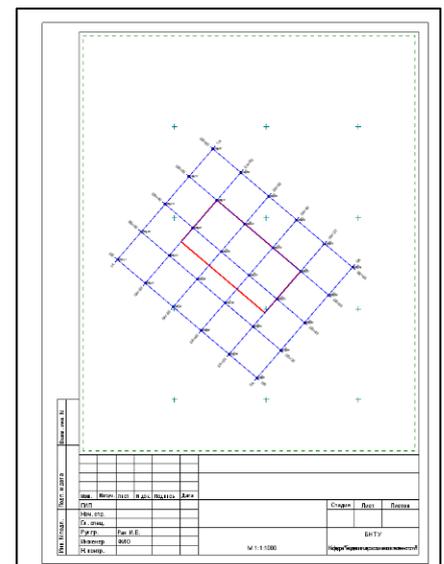


Рис. 11. Пример чертежа

одна ось по периметру, а другая посередине – это зависит от конфигурации строительной сетки и количества пунктов.

При разбивке сетки способом редуцирования сначала производят предварительную разбивку сетки квадратов относительно вынесенной стороны. Прямые углы задают с погрешностью от 15" до 20", длины сторон — с относительной погрешностью 1:5000. Вершины сетки закрепляют устойчивыми знаками с пластинами в верхнем торце размером 30×30 см. На пластину наносят временную метку центра знака. Через все метки прокладывают замкнутые полигонометрические ходы, опирающиеся на исходные пункты. Затем вычисляют координаты временных меток и сравнивают их с проектными. Решая обратные геодезические задачи, вычисляют направление и величину редуций. Затем на пластине обозначают редуцированное положение каждого центра. Точность положения центров проверяют контрольными измерениями углов и сторон сетки.

4.2.1. Выполните импорт проекта плано-высотного обоснования из программы КРЕДО ДАТ.

Составьте чертеж плано-высотного обоснования строительной площадки. Пример чертежа представлен на рис. 12.

4.2.2. Составление схемы выноса в натуру осей строительной сетки. Состав работ по выносу в ее натуру.

Описание начинают с приведения требований ТКП по допустимым средним квадратическим погрешностям измерений при создании разбивочной сети строительной площадки [2]. На основании приведенных требований, даются рекомендации по применению приборов для выполнения разбивочных работ.

Вынос в натуру пунктов закрепления осей может быть выполнен полярным способом, прямой угловой засечкой или координатным способом от пунктов геодезической основы.

При составлении схемы на ней указываются угловые и линейные элементы привязки (в зависимости от выбранного способа) для каждого пункта, закрепляющего главные оси сетки. В случае использования координатного способа на схему выносятся координаты выносимых точек.

В курсовой работе студентам предлагается составить схему для выноса в натуру осей строительной сетки **способом полярных координат**. Определение

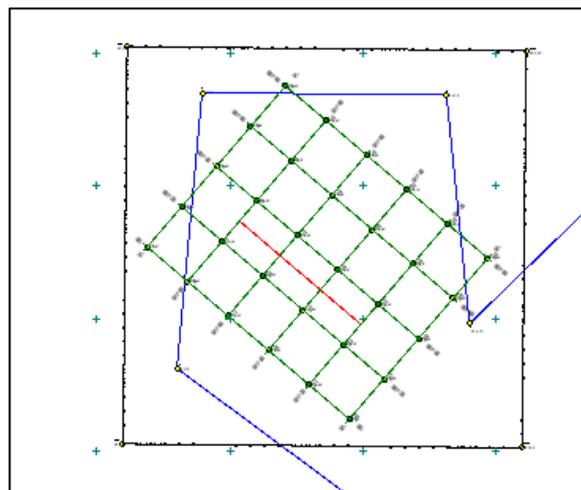


Рис. 12. Плано-высотное обоснование площадки

элементов разбивки выполняется инструментами программы **ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ** (в отдельном слое «Разбивка»).

Пример разбивочной схемы представлен на рис. 13.

Далее нужно описать последовательность разбивки сетки от ее главных осей, дать описание типов центров геодезических пунктов, закрепляющих вершины квадратов строительной сетки.

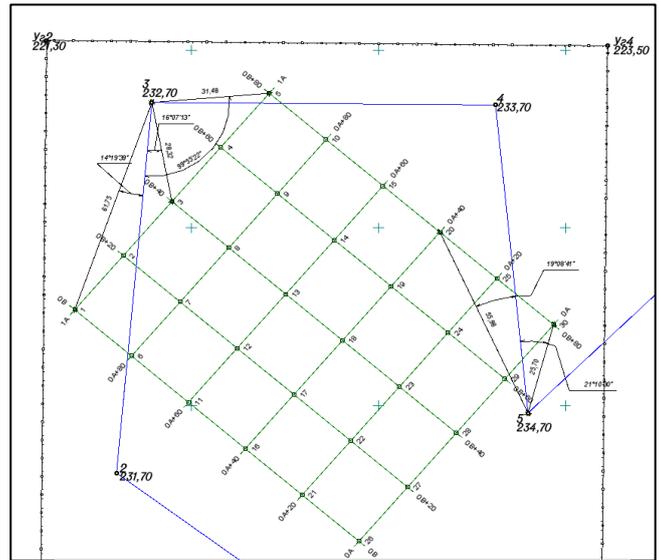


Рис. 13. Схема разбивки

## 5. Разбивка промышленного сооружения в плане.

5.1. Разбивка и закрепление на местности и основных осей сооружений.

В разделе необходимо привести требования ТКП по допустимым средним квадратическим погрешностям измерений при производстве разбивочных работ зданий и сооружений в процессе строительства [2].

В курсовой работе студенту предлагается выбрать не менее двух разных способа разбивки основных осей проектируемого сооружения от строительной сетки. Далее следует описать технологию выполнения разбивочных работ выбранными способами, выполнить расчет точности выноса в натуру выбранными способами и составить схему разбивки (рис. 14).

5.2. Расчёт точности выноса основных разбивочных осей.

5.2.1. Создайте слой Оси, подчиненный слою Сооружение. Подпишите их (рис. 15).

Выполните расчет точности выноса в натуру четырёх углов проектируемого сооружения.

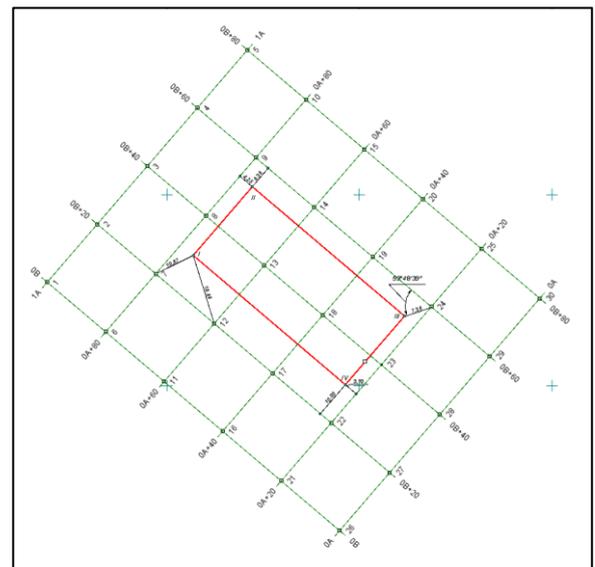


Рис. 14. Схема разбивки

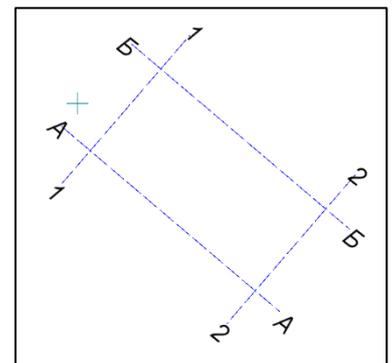
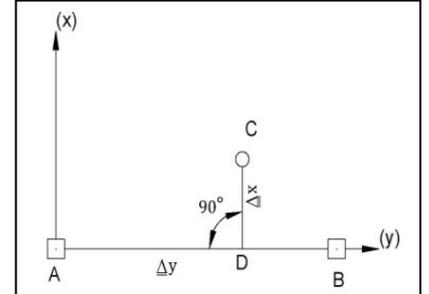


Рис. 15.  
Оси сооружения

**Пример расчета средней квадратической погрешности выноса в натуру способом прямоугольных координат.**

Разбивку проектной точки С производят по вычисленным значениям приращений ее координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$  от ближайшего пункта сетки. Большое приращение (на рис. 16 –  $\Delta y$ ) откладывают по створу пунктов сетки АВ. В полученной точке D устанавливают теодолит и строят от стороны сетки прямой угол. По перпендикуляру откладывают меньшее приращение  $\Delta x$  и закрепляют полученную точку С.



Средняя квадратическая погрешность в положении точки С, определенной способом прямоугольных координат, может быть выражена формулой:

$$m_c^2 = m_{\Delta x}^2 + m_{\Delta y}^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \cdot \Delta x^2 + m_{исх}^2 + m_{ц}^2 + m_{\phi}^2,$$

где  $m_{\Delta x}$  и  $m_{\Delta y}$  – погрешности отложения приращений координат.

При условии  $m_A = m_B = m_{AB}$  погрешностей в положении исходных пунктов:

$$m_{исх}^2 = m_{AB}^2 \left[ 1 + \left(\frac{\Delta x}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{b}\right)^2 - \frac{\Delta y}{b} \right],$$

а погрешностей центрирования:

$$m_{ц}^2 = e^2 \left[ 1 + \left(\frac{\Delta x}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{b}\right)^2 - \frac{\Delta y}{b} \right]$$

где  $b$  – длина стороны строительной сетки.

Рассчитаем для примера точность выноса в натуру проектной точки С, расположенной в середине квадрата строительной сетки со стороной 200 м. Примем относительную погрешность отложения расстояния равной 1:10000,  $m_\beta = 10''$ ,  $m_{AB} = 10$  мм,

$e = 1$  мм,  $m_\phi = 1$  мм.

Поскольку точка С расположена в середине квадрата строительной сетки, то  $\Delta x = \Delta y = 100$  м. Для этого случая:

$$m_{\Delta x} = m_{\Delta y} = \frac{100\,000}{10\,000} = 10 \text{ мм}, \quad m_{и} = m_{AB} = 10 \text{ мм}, \quad m_{ц} = e = 1 \text{ мм},$$

$$\frac{m_\beta}{\rho} = \Delta x = \frac{10 \cdot 100\,000}{206265} = 5 \text{ мм}, \quad m_c = \sqrt{10^2 + 10^2 + 5^2 + 10^2} = 18 \text{ мм}.$$

Рис. 16.  
Разбивка способом  
прямоугольных

### Способы полярных координат

Применяют для разбивки с пунктов теодолитных или полигонометрических ходов, когда ходы расположены недалеко от выносимых точек.

В этом способе положение определяемой точки С находят на местности путем отложения от направления АВ проектного угла  $\beta$  и расстояния S (рис.17). Проектный угол  $\beta$  находится как разность дирекционных углов  $\alpha_{AB}$  и  $\alpha_{AC}$ , вычисленных как и расстояние S из решения

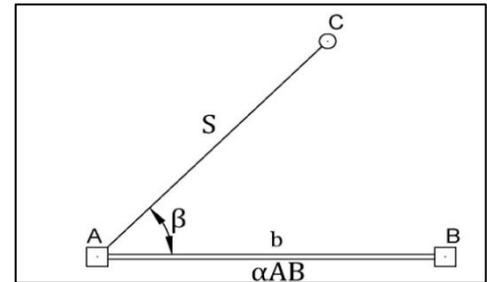


Рис. 17.

Разбивка способом полярных координат

обратных геодезических задач по координатам точек А, В и С. Средняя квадратическая погрешность выноса в натуру точки С определяется формулой:

$$m_c^2 = m_{c.p}^2 + m_{исх}^2 + m_{ц}^2 + m_{ф}^2;$$

где  $m_{ср}$  - ошибка собственно разбивки;  $m_{исх}$  - ошибка исходных данных;  $m_{ц}$  - ошибка центрирования;  $m_{ф}$  - ошибка фиксации.

$m_{ср}$  - ошибка собственно разбивки. зависит от погрешности  $m_{\beta}$  построения угла  $\beta$  и погрешности  $m_s$  отложения проектного расстояния S:

$$m_{ср}^2 = m_s^2 + \left(\frac{m_{\beta}}{\rho}\right)^2 \cdot S^2,$$

$m_{исх}$  - ошибка исходных данных. При  $m_A = m_B = m_{AB}$

$$m_{исх}^2 = m_{AB}^2 \left[ 1 + \left(\frac{S}{b}\right)^2 - \frac{S}{b} \cos\beta \right],$$

$m_{ц}$  - ошибка центрирования. Если  $e$  - линейный элемент центрирования

$$m_{ц}^2 = e^2 \left[ 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{S}{b}\right)^2 - \frac{S}{b} \cos\beta \right],$$

Из формул следует, что для уменьшения влияния ошибок  $m_{исх}$  и  $m_{ц}$  необходимо стремиться чтобы угол  $\beta$  и отношение  $b$  были как можно меньше или  $\beta \leq 90^\circ$ ,  $S \leq b$  (базиса разбивки).

Для приближенных расчетов, приняв  $\beta = 90^\circ$  и  $S = b$ , получим:

$$m_{исх}^2 = 2m_{AB}^2, m_{ц}^2 = 2e^2,$$

Где  $e$  – линейный элемент.

Для суммарной ошибки в положении точки, разбиваемой способом полярных координат:

$$m_c^2 = m_s^2 + \left(\frac{m_{\beta}}{\rho}\right)^2 \cdot S^2 + 2m_{AB}^2 + m_{ц}^2 + m_{ф}^2,$$

Для примера оценим точность разбивки проектного положения точки с пунктов полигонометрии:

$$b = 250 \text{ м}, \quad m_{AB} = 10 \text{ мм}, \quad S = 100 \text{ м}, \quad \frac{m_s}{S} = \frac{1}{5000}, \quad \beta = 45^\circ,$$

$$m_\beta = 10'',$$

$$e = 1 \text{ мм}, \quad m_\phi = 1 \text{ мм}$$

$$\frac{m_\beta}{\rho} S = \frac{1 \cdot 100 \ 000}{206265} = 5 \text{ мм}, \quad m_s = \frac{100 \text{ м}}{5000} = 20 \text{ мм}$$

Ошибка положения проектной линии:

- Линейная величина построения проектного угла
- Ошибка исходных данных

Ошибки центрирования и фиксации пренебрежимо малы. Тогда:

$$m_c = \sqrt{20^2 + 5^2 + 9.4^2} = 23 \text{ мм}, \quad m_{\text{и}} = \sqrt{1 + 0.4^2 - 0.4 \cdot 0.7} = 9.4 \text{ мм}$$

**Пример расчета средней квадратической погрешности выноса в натуру  
способом прямой и обратной угловых засечек**

Способ угловой засечки применяют для разбивки недоступных точек, находящихся на значительном расстоянии от исходных пунктов.

В способе прямой угловой засечки положение на местности проектной точки С находят отложением на исходных пунктах А и В проектных углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$  (рис. 18). Базисом засечки служит или специально измеренная сторона, или сторона разбивочной сети.

На точность разбивки способом прямой угловой засечки оказывают влияние погрешности собственно прямой засечки, исходных данных, центрирования теодолита и визирных целей, фиксирования разбивочной точки, т.е.

$$m_c^2 = m_{\text{с.з}}^2 + m_{\text{исх}}^2 + m_{\text{ц}}^2 + m_{\text{ф}}^2$$

Средняя квадратическая погрешность собственно равна:

$$m_{\text{с.з}}^2 = \frac{m_\beta b}{\rho \cdot \sin^2 \gamma} \sqrt{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}$$

или

$$m_{\text{с.з}}^2 = \frac{m_\beta}{\rho \cdot \sin \gamma} \sqrt{S_1^2 + S_2^2}$$

где  $m_\beta$  – средняя квадратическая погрешность отложения углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$ .

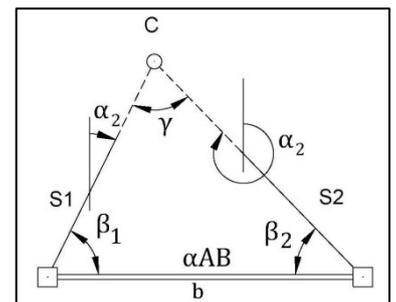


Рис. 18.  
Разбивка способом  
засечек

Согласно исследованиям А. С. Чеботарева наиболее выгодная фигура – равнобедренный треугольник ( $\beta_1 = \beta_2$ ,  $S_1 = S_2$ ). Погрешность засечки будет минимальной при  $\gamma = 109^\circ 28'$ .

Погрешность исходных данных является следствием погрешностей в положении пунктов А и В. Если принять, что  $m_A = m_B = m_{AB}$ , то:

$$m_{\text{исх}}^2 = m_{AB}^2 \frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^2 \gamma} = m_{AB}^2 \frac{S_1^2 + S_2^2}{b_2^2}$$

Совместное влияние погрешностей центрирования теодолита и визирной цели выразится формулой:

$$m_{\text{ц}}^2 = e^2 \frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^2 \gamma} = e^2 \frac{S_1^2 + S_2^2}{b_2^2}$$

где  $e$  – средняя квадратическая погрешность определения линейного элемента центрирования.

Основными погрешностями, определяющими точность способа прямой угловой засечки, являются погрешности собственно засечки и исходных данных.

Суммарная величина этих погрешностей составит:

$$m_c^2 = \left( \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2 \sin^2 \gamma} + \frac{m_{AB}^2}{b_2^2} \right) (S_1^2 + S_2^2);$$

При  $S_1 = S_2 = S$ ;  $\gamma = 90^\circ$  ошибка в положении выносимой точки выразится:

$$m_c = \left( \frac{m_{\beta}}{\rho} \right)^2 b^2 + m_{AB}^2;$$

При проектировании решают задачу о необходимой точности отложения угла, если задана точность определения проектного положения выносимой точки.

Тогда, для  $b = 500$  м,  $m_c = 20$  мм,  $m_{AB} = 8$  мм,

используя формулу будем иметь:

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{(m_c^2 - m_{AB}^2) \cdot \rho^2}{b^2}} = \sqrt{\frac{(20^2 - 8^2)(2 \cdot 10^5)^2}{(5 \cdot 10^5)^2}} = 2.3$$

### ***Пример расчета средней квадратической погрешности выноса в натру способом линейной засечки***

Средняя квадратическая погрешность в положении определяемой точки в общем виде выражается формулой, аналогичной выражению для угловой засечки:

$$m_c^2 = \left( \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2 \sin^2 \gamma} + \frac{m_{AB}^2}{b^2} \right) (S_1^2 + S_2^2),$$

Погрешность собственно линейной засечки может быть подсчитана по формуле:

$$m_{\text{с.з}}^2 = \sqrt{\frac{m_{s_1}^2 + m_{s_2}^2}{\sin^2 \gamma}},$$

Если  $\gamma = 90^\circ$ , то  $m_{\text{с.з}} = m_s \sqrt{2}$ .

Влияние погрешностей исходных данных в линейной засечке выражается формулой:

$$m_{\text{исх}}^2 = \frac{m_A^2 + m_B^2}{2 \sin^2 \gamma},$$

Общая погрешность в определении положения разбиваемой точки С при  $\gamma = 90^\circ$ :

$$m_C = \sqrt{2m_S^2 + m_{AB}^2}.$$

Если задана точность определения проектного положения выносимой в натуру точки и известна погрешность в положении исходных пунктов, то точность отложения разбивочных расстояний будет определена из формулы.

Например, при  $m_C = 10$  мм и  $m_{AB} = 5$  мм можно получить  $m_S = 6$  мм.

$$m_S = \sqrt{\frac{m_C^2 - m_{AB}^2}{2}} = \sqrt{\frac{100 - 25}{2}} = 6.1 \text{ мм},$$

В случае, если для линейной засечки применяются приборы, которые центрируются при помощи штативов, то влияние погрешностей центрирования можно определить по формуле:  $m_{\text{ц}} = \frac{e}{\sin \gamma}$ .

## 6. Разбивочные работы при сооружении котлованов.

### 6.1. Проектирование контура котлована по заданным параметрам.

Размеры котлована в плане определяются в зависимости от соответствующих размеров габарита здания (сооружения) по фундаменту и планируемой технологии его возведения.

Крутизна откоса характеризуется отношением глубины выемки (высоты насыпи)  $h$  к заложению откоса  $a$ , т. е.

$$\frac{h}{a} = \frac{1}{m}$$

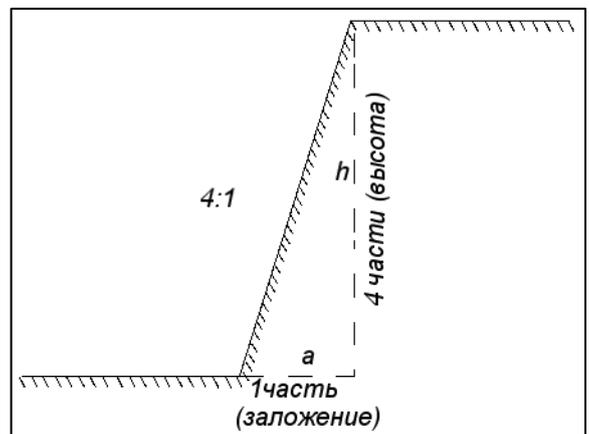


Рис. 19.

Крутизна откоса

В курсовой работе студенту предлагается выполнить проектирование верхней и нижней бровок котлована с учетом исходных данных, вычислить объем вынимаемого грунта и описать технологию выполнения полевых геодезических работ при разбивке контура на местность.

**Исходные данные.**

Ширина пазух 1,15 м;

Расстояния 0,35 м. от осей до наружной грани фундамента;

Данные, выданные студенту согласно варианту:

план строительного участка масштаба 1:500 с нанесенными на него основными осями здания, отметка поверхности, полученная в результате вертикальной планировки,

глубина выемки, отношение высоты откоса к его заложению, вид грунта.

6.1.1. Создайте два дополнительных слоя Верхняя бровка и Нижняя бровка.

6.1.2. Сделайте активным слой Нижняя бровка. Определите на плане положение контура нижней бровки котлована.

Для этого выберите команду Поверхность/Структурная линия (СЛ). На локальной панели окна Параметры выберите способ создания структурной линии По эквидистанте. Постройте СЛ на расстоянии 1.5 м. (ширина пазух 1.15 + расстояние от осей до наружной грани фундамента) от осей проектируемого сооружения. Метод определения высоты СЛ укажите - с постоянной высотой, равную отметки поверхности, опущенной на глубину котлована. Для рассматриваемого примера:  $225,82 - 3,5 = 222,32$  м.

Выполните посторенние поверхности в этом слое. Стиль поверхности - Без отображения.

6.1.3. Определите положение контура верхней бровки котлована. Сделайте активным слой Верхняя бровка.

На основании данных о глубине котлована и типа грунта определите заложение.

Например, для глубины котлована 3,5 м. и грунта насыпного отношение высоты откоса к заложению будет равно 1:1,25 (Таблица 1). Это значит, что для глубины 3,5 м. заложение будет равно 4,375 м.

Далее, от линии контура нижней бровки котлована наружу строится СЛ на расстоянии, равном вычисленному заложению. Метод определения высоты СЛ укажите - С постоянной высотой и задайте ей отметку, равной высоте, используемой при вертикальной планировке площадки. Для рассматриваемого примера - 225,82 м.

Постройте поверхность в этом слое. Стиль поверхности - Без отображения.

6.1.4. Для построения откосов котлована переместите СЛ из слоя Верхняя бровка в слой Нижняя бровка.

6.1.5. Выберите команду Поверхность/Создать поверхность в слое или контуре и постройте поверхность в слое Нижняя бровка. Стиль поверхности - Без отображения.

6.1.6. При этом будет выделена новая группа треугольников по откосу котлована (рис. 20). Измените стиль ее отображения на Откос не укрепленный.

Итоговый вид котлована в плане представлен на рис. 21. Вид котлована в разрезе - на рис. 22.

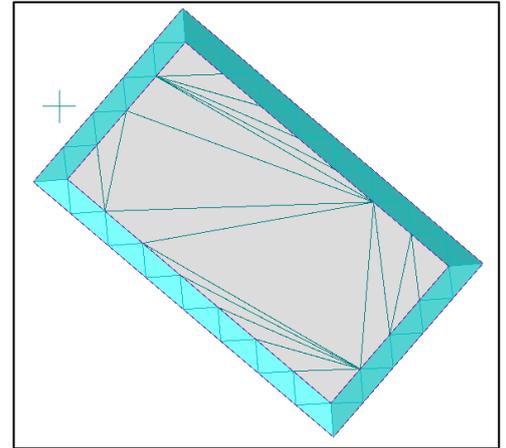


Рис. 20.  
Выделение группы  
треугольников

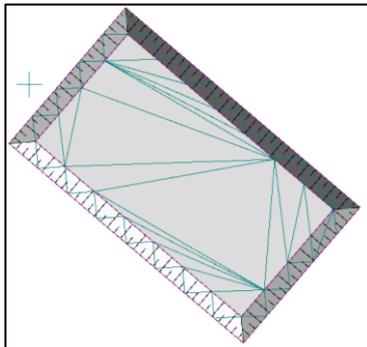


Рис. 21.  
Вид котлована в плане

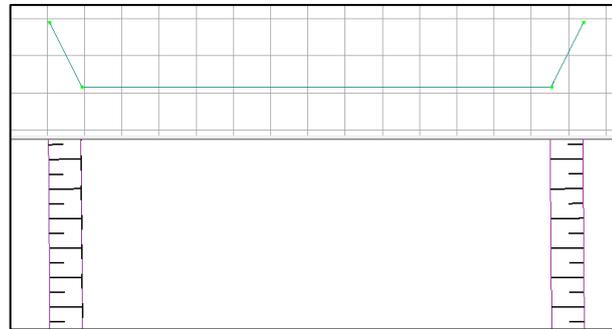


Рис. 22.  
Вид котлована в разрезе

Отображение котлована в окне 3D-модель на рис. 23.

6.1.7. Составьте разбивочный чертеж котлована (рис. 24).

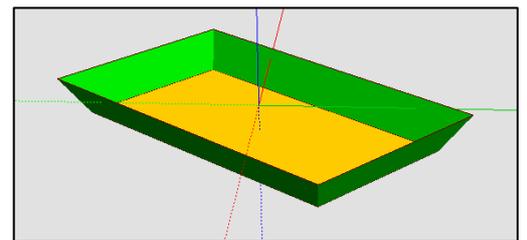


Рис. 23.  
Вид котлована в окне 3D-  
модель

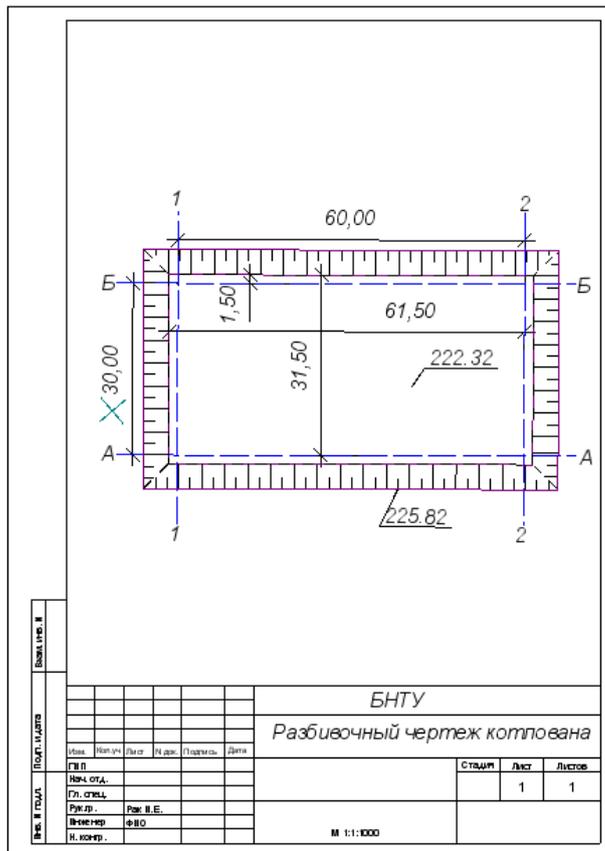


Рис. 24.  
Разбивочный чертеж

## 6.2. Вычисление объема вынимаемого грунта в котловане.

6.2.1. Создайте новый слой - Котлован\_Крышка и скопируйте в него СЛ верхней бровки котлована.

6.2.2. Постройте поверхность по верху котлована. Вид в разрезе показан на рис. 25.

6.2.3. Вычислите объем грунта, который необходимо вынуть в котловане и сформируйте ведомость объемов.

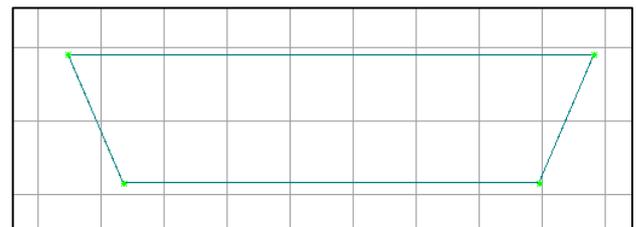


Рис. 25.  
Вид котлована в разрезе

**РАЗДЕЛ IV. Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов**

1. Дать характеристику терминам «Здания», «Сооружения», «Строительная конструкция», «Строительная продукция» и «Строительное изделие».
2. Перечислить этапы строительства инженерных сооружений.
3. Охарактеризовать состав инженерно-геодезических работ на этапе изысканий строительства.
4. Охарактеризовать состав инженерно-геодезических работ на этапе инженерно-геодезического проектирования.
5. Назвать и охарактеризовать состав разделов ППГР.
6. Назвать принципы организации геодезической службы в строительстве.
7. Дать характеристики проектной и действительной точностям геометрических размеров строительных конструкций.
8. Метрологическое обеспечение строительного производства – это... (продолжить определение).
9. Поверка средств измерений – это... (продолжить определение). Перечислить и охарактеризовать виды поверок.
10. Назвать виды геодезического контроля качества строительной продукции на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации.
11. Назвать виды геодезической разбивочной основы для строительства.
12. Создание геодезической разбивочной основы для строительства, геодезические измерения деформаций оснований зданий или их частей в процессе их строительства, выполнение заключительных исполнительных съемок после завершения строительства являются функциями ... (продолжить определение).
13. Создание внутренней разбивочной сети зданий, производство детальных разбивочных работ, производство геодезических работ в процессе строительства, геодезический контроль точности геометрических параметров здания и производство геодезических исполнительных съемок являются функциями ... (продолжить определение).
14. Заказчик передает подрядчику техническую документацию на геодезическую разбивочную основу для строительства и закрепленные на площадке строительства пункты основы по ... (продолжить определение).
15. Перечислить задачи, решаемые при проектировании инженерно-геодезических опорных сетей, исходя из назначения работ, вида и площади объекта и описать варианты решения этих задач.
16. Дать определение исходной и поэтапной точностям.
17. Назначение и виды плановых инженерно-геодезических сетей стройплощадки, отличие их от государственных геодезических сетей.

18. Общая структура ГГС Республики Беларусь. Охарактеризовать геодезические сети, составляющие ГГС.
19. Охарактеризовать высотную опорную инженерно-геодезическую сеть Республики Беларусь.
20. Местные системы координат. Их необходимость при строительстве отдельных сооружений.
21. Назначение, основные требования, вынос в натуру и закрепление геодезических строительных сеток.
22. Главные оси здания/сооружения – это... (продолжить определение).
23. Основными осями здания и сооружения называются оси ... (продолжить определение).
24. Дополнительные оси сооружения служат для ... (продолжить определение).
25. Точность выноса точек оси отдельного сооружения определяется по формуле ... (записать формулу).
26. Пункты геодезической разбивочной основы должны быть переданы заказчиком и приняты по ... (продолжить определение).
27. Построение проектного угла. Вынос в натуру проектной длины линии. Вычисление необходимых поправок.
28. Способы выноса в натуру проектной отметки. Погрешности, влияющие на точность выноса.
29. Перенесение в натуру проектных точек способами полярных и прямоугольных координат, угловой засечкой, способом полигонов; оценка точности.
30. Точность детальной разбивки зависит от вида сооружения и включает в себя...
31. Назвать виды подземных коммуникаций. Охарактеризовать типы трубопроводов.
32. Перечислить геодезические работы, выполняемые при сооружении подземных коммуникаций.
33. Перечислить виды работ, выполняемые при полевом трассировании.
34. Геодезические работы при сооружении траншей для трубопроводов.
35. Перечислить и охарактеризовать состав геодезических работ, выполняемых в период нулевого цикла строительства.
36. Перечислить и охарактеризовать состав геодезических работ, выполняемых при устройстве котлована.
37. Состав геодезических работ при возведении фундаментов.
38. Перечислить и охарактеризовать состав геодезических работ при выполнении наземного цикла строительства зданий и сооружений.
39. Назвать принципы геодезического обеспечения монтажа конструкций и оборудования.
40. Описать способ перенесения осей на монтажный горизонт теодолитом.
41. Описать способа бокового нивелирования для переноса осей.

42. Описать технологию перенесение точек на монтажный горизонт специальными приборами вертикального проектирования. Основные источники ошибок и пути их уменьшения.
43. Описать технологию перенесение разбивочных осей и отметок на монтажный горизонт методом свободной станции.
44. Описать технологию передачи отметок на монтажные горизонты с помощью рулетки, лазерной рулетки и тахеометра.
45. Охарактеризовать створные способы выверки прямолинейности. Струнный, струнно-оптический, оптический методы.
46. Охарактеризовать коллиматорный, дифракционный методы выверки прямолинейности.
47. Зарисовать и описать схемы (программы) створных измерений - целого створа, полуствора, четвертьствора.
48. Зарисовать и описать схемы малых створов и последовательных створов.
49. Описать методы и средства измерений при установке конструкций по высоте.
50. Микронивелирование. Определение места нуля и превышений.
51. Гидростатическое нивелирование. Физические основы гидростатического нивелирования. Определение превышений и места нуля. Ошибки, возникающие при гидростатическом нивелировании и пути их уменьшения.
52. Методы и средства для контроля установки конструкций по вертикали. Способ отвесов.
53. Способ проектирования наклонным лучом теодолита. Основные источники ошибок и пути их уменьшения.
54. Выверка конструкций методом бокового нивелирования. Основные источники ошибок и пути их уменьшения.
55. Способ оптической вертикали. Основные источники ошибок и пути их уменьшения.
56. Выверка вертикальности конструкций способом автоколлимации.
57. Технология определения отклонений при поэлементном контроле геометрической точности монтажа строительных конструкций: наклон поверхности грани (ребра) конструкции, измерение наклона с помощью отвеса и линейки относительно боковой грани конструкции.
58. Перечислить геодезические работы, выполняемые при монтаже подкрановых путей. Требования, предъявляемые к укладке рельсовых путей мостового крана.
59. Зарисовать и описать способы разбивки осей подкрановых путей.
60. Назвать и охарактеризовать методы нивелирования для определения высотного положения рельсов мостового крана.
61. Исполнительные съемки. Назначение и точность исполнительных съемок.

62. Технический контроль и управление качеством геодезической продукции с помощью исполнительных съемок.
63. Геодезическая основа исполнительных съемок.
64. Съемка скрытых сооружений.
65. Исполнительная съемка смонтированных строительных конструкций и оборудования.
66. Составление исполнительных генеральных планов.
67. Виды деформаций и причины их вызывающие.
68. Понятия абсолютной, средней и относительной осадок, разности осадок.
69. Горизонтальные и вертикальные смещения.
70. Относительный прогиб или выгиб сооружения.
71. Понятия крена и кручения.
72. Назначение и организация наблюдений за деформациями сооружений и их оснований.
73. Геодезические методы определения осадок (геометрическое нивелирование, высокоточное тригонометрическое нивелирование коротким лучом).
74. Размещение нивелирных знаков для наблюдений за осадками и анализ устойчивости реперов.
75. Наблюдения за кренами высотных сооружений (способ координат, горизонтальных углов, вертикального проектирования, высокоточного нивелирования).
76. Методы наблюдений за горизонтальными смещениями (угловых посторенний, створных наблюдений, отдельных направлений, лазерного сканирования).
77. Контроль деформаций строительных конструкций зданий и сооружений методами исполнительных съемок.
78. Наблюдения за трещинами. Классификация трещин. Маяки и приборы для измерения раскрытия трещин.
79. Типы гидротехнических сооружений.
80. Составные части гидроузла.
81. Виды гидроэлектростанций. Мощность ГЭС.
82. Состав геодезических работ выполняемых при изысканиях, проектировании и строительстве гидротехнических сооружений.
83. Составление продольного профиля реки (подготовительные и полевые работы).
84. Составление продольного профиля реки (камеральные работы).
85. Нивелирование уровней воды в реке (водомерные посты, точки однодневной связи, определение глубин).
86. Инженерно-геодезические работы на водохранилищах.
87. Плановая и высотная основа для съемки водохранилища.
88. Кривая подпора.

89. Определение объема водохранилища приближенным способом и уточненным способом.
90. Вынос в натуру проектного контура водохранилища.
91. Плановая и высотная разбивочная сеть гидроузла.
92. Геодезическое обеспечение разбивочных работ на гидроузле.
93. Виды тоннелей, способы их сооружения.
94. Виды тоннелей, способы их проектирования.
95. Виды габаритов при сооружении тоннелей. Форма поперечных сечений.
96. Плановое геодезическое обоснование тоннеля (на поверхности).
97. Плановое геодезическое обоснование тоннеля (под землей).
98. Высотное обоснование тоннелей.
99. Понятие сбойки встречных подземных выработок.
100. Влияние на сбойку подземных выработок ошибок геодезических измерений.
101. Расчет требуемой точности измерений в тоннельной триангуляции.
102. Расчет требуемой точности измерений в полигонометрии на поверхности и под землей.
103. Расчет требуемой точности ориентирования подземных выработок и высотного обоснования.
104. Трасса тоннеля (оси трассы, пути и тоннеля).
105. Аналитический расчет трассы тоннеля на прямых участках, круговых и переходных кривых.
106. Вычисление координат пикетов и точек кривых через центральные углы.
107. Вычисление координат пикетов и точек кривых способом хорд.
108. Вынесение кривых в натуру по хордам и по секущим.
109. Ориентирование подземных выработок (существующие способы), их точностные характеристики.
110. Ориентирование способом створа двух отвесов.
111. Ориентирование способом соединительного треугольника.
112. Ориентирование способом двух шахт.
113. Гироскопическое ориентирование.
114. Передача отметок в подземные выработки (на разную глубину).
115. Особенности геодезических работ при строительстве прецизионных сооружений.
116. Требования к точности возведения прецизионных сооружений.
117. Анализ результатов измерений деформаций земной поверхности.
118. Определение основных количественных характеристик деформаций оснований.
119. Вычисление деформационных характеристик
120. Создание сетей наблюдений за микросмещениями.
121. Знаки для наблюдений за микросмещениями горных пород.
122. Методы наблюдений за микросмещениями горных пород.

123. Особенности и методы построения особо точной плановой основы.
124. Особенности и методы построения особо точной высотной основы.
125. Методы разбивки прецизионных сооружений.
126. Измерение смещений гидротехнических сооружений высокого напора, применение прямых и обратных отвесов, струнно-поплавковый метод.
127. Контроль кренов высоких сооружений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Инженерные изыскания для строительства: СН 1.02.01-2019.- Введ. с отменой СНБ 1.02.01-96. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2020.- 356 с.
2. Геодезические работы в строительстве: СН 1.03.02-2019. - Введ. с отменой ТКП 45-1.03.-313-2018 (33020)) - Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь : Стройтехнорм, 2020.- 13 с.
3. Геодезические работы в строительстве: Пособие 1 к ТКП 45-1.03-313-2018(33020). - Введ. с 18.03.2019. - Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь : Стройтехнорм, 2019.- 75 с.
4. Основные положения по созданию топографических карт и планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500: ГКИП 02-004-2010. - Введ. с 01.06.2010. - Минск: БелНИЦзем, 2010. – 23 с.
5. Нестерёнок М.С. Геодезическое обеспечение строительства : учеб.-метод. пособие/М.С. Нестерёнок. - Минск 2007. - 104 с.
6. Подшивалов В.П., Геодезическое обеспечение строительства : учеб.-метод. пособие/ В.П. Подшивалов, М.С. Нестерёнок, В.В. Мкртычан. - Минск : БНТУ, 2013. - 162 с.
7. Геодезическое обеспечение жилищно-гражданского и промышленного строительства / Ф. В. Андреева, Б. Г. Борисенков, В. Г. Бузятков, В. С. Сытник. – М. : Недра, 1988.
8. Д. Ш. Михелев, Инженерная геодезия / Д. Ш. Михелев. – М. :Высш. шк., 2001.
9. Л.Ф. Зуева, Прикладная геодезия. Учебно-методический комплекс. - Новополоцк, 2006

**РАЗДЕЛ V. Приложения**

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

Исходные данные для выполнения лабораторных работ №1, 2 и 3.

№ варианта	План/растр	Номера исходных пунктов
1	<u>Лист 1</u>	7, 10
2		4, 11
3		8, 12
4		9, 54
5		51, 55
6	<u>Лист 2</u>	16, 18
7		17, 19
8		16, 19
9	<u>Лист 3</u>	st3, 56
10		20, 23
11		21, 56
12		st3, 23
13	<u>Лист 4</u>	24, 28
14		62, 27
15		28, 26
16		25, 62
17		59, 63
18		26, 28
19		63, 27
20	<u>Лист 5</u>	28, 67
21		62, 31
22		66, 28
23		29, 31
24		64, 31
25	<u>Лист 6</u>	01, 04
26		02, 06
27	<u>Лист 7</u>	23, 27
28		56, 28
29		24, 27
30		57, 28
31		26, 23
32		27, 28

Все листы можно скачать по ссылке:

<https://drive.google.com/drive/folders/18oM9cdGVA9JLvy4FDzhcNxjpPMdLNKIX?usp=sharing>

[Вернуться к описанию Лабораторной работы №1](#)

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

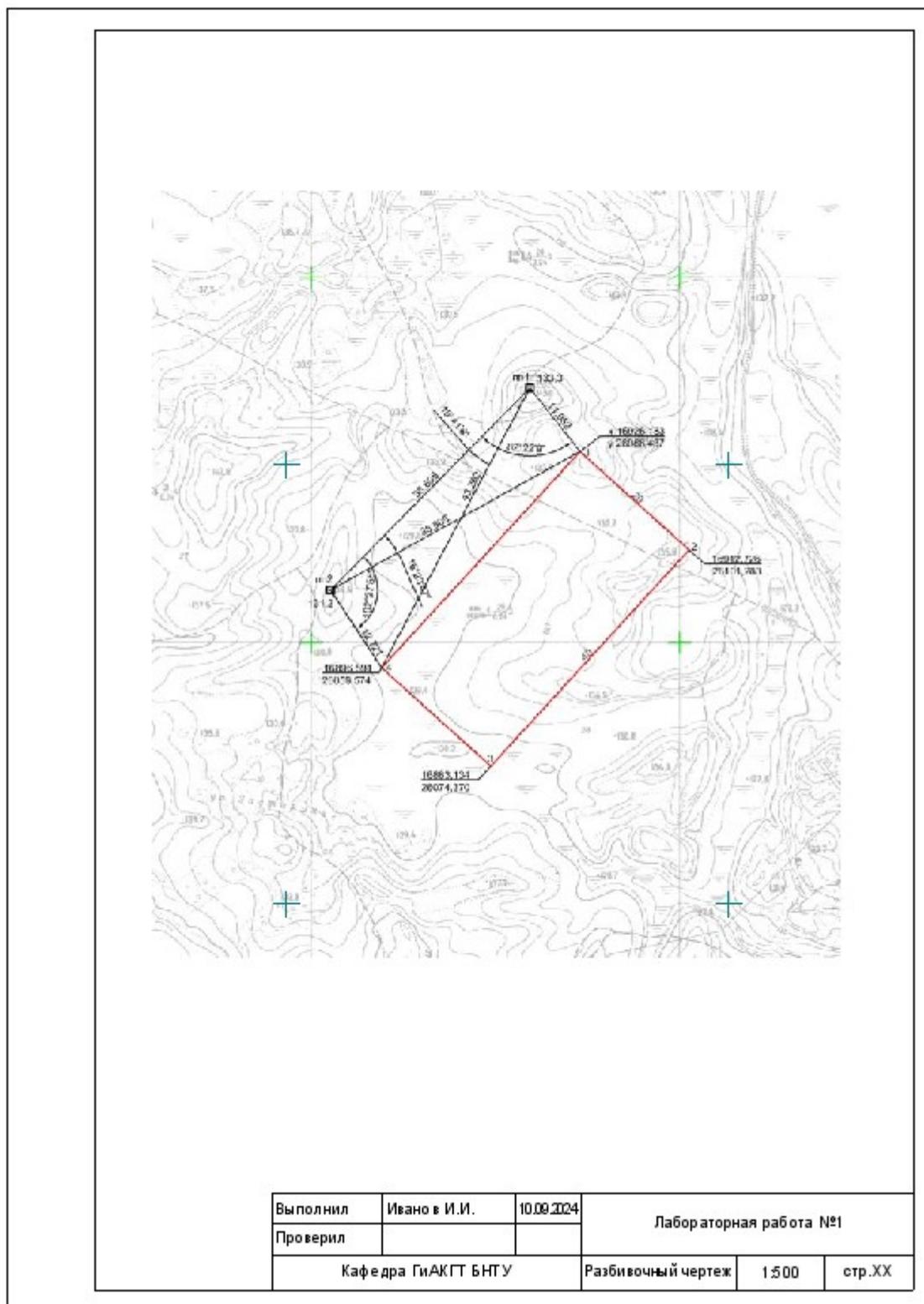
## Координаты исходных пунктов

Название пункта	х, м	у, м	Н, м
st1	26010,475	27088,671	138,854
st2	26140,411	27105,791	136,326
st3	26191,804	27272,027	133,860
01	26061,508	27092,340	138,261
02	26044,181	27096,850	138,880
03	26023,825	27102,010	139,423
04	25991,937	27110,003	140,085
06	25945,717	27098,566	140,660
BP1	26024,377	27077,830	138,450
1	26081,939	27087,234	137,173
2	26103,435	27081,689	136,908
2.1	26111,665	27079,901	136,699
3	26123,093	27083,276	136,444
4	26143,333	27089,254	135,887
6	26108,669	27080,351	136,687
7	26132,022	27085,893	136,122
8	26151,899	27091,714	135,541
9	26172,149	27097,801	134,674
10	26192,301	27103,716	133,507
11	26212,364	27109,630	132,351
12	26220,571	27112,478	131,758
13	26233,955	27134,804	130,745
14	26232,682	27146,655	130,850
15	26231,517	27156,247	130,942
16	26228,581	27179,993	131,147
17	26227,004	27204,028	131,339
18	26227,479	27228,105	130,993
19	26227,864	27249,028	130,563
20	26224,743	27275,093	129,952
21	26223,573	27284,815	129,929
22	26220,633	27308,663	129,907
23	26216,520	27332,234	129,894
24	26209,131	27355,189	129,876
25	26201,861	27377,903	129,550

Название пункта	х, м	у, м	Н, м
26	26192,891	27405,730	129,552
27	26175,738	27402,406	130,502
28	26127,917	27362,423	135,030
29	26104,742	27356,230	135,506
30	26078,610	27349,236	136,328
31	26047,408	27340,863	136,603
50	26123,212	27083,456	
51	26160,590	27094,457	135,247
52	26180,745	27100,341	134,110
53	26200,774	27106,214	
54	26225,120	27120,105	131,558
55	26229,738	27127,857	131,008
56	26211,904	27346,616	129,862
57	26206,449	27363,629	129,522
58	26203,896	27371,524	
59	26199,368	27385,794	129,535
60	26195,475	27397,880	
61	26183,695	27404,117	130,183
62	26119,214	27360,077	135,111
63	26110,465	27357,732	135,477
64	26095,916	27353,873	135,904
65	26088,009	27351,717	135,974
66	26069,906	27346,934	136,456
67	26061,241	27344,610	136,538

[Вернуться к описанию Лабораторной работы №1](#)

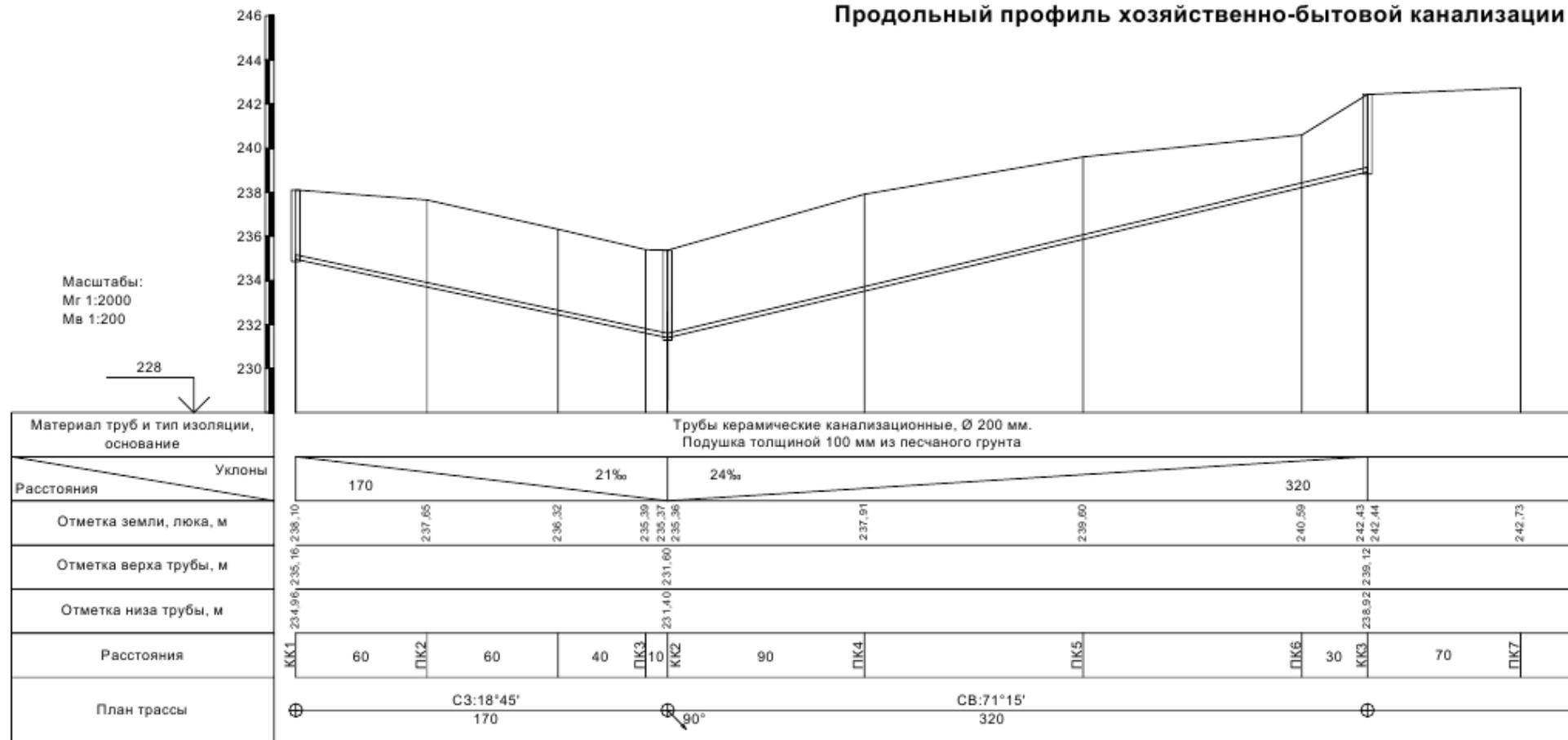
ПРИЛОЖЕНИЕ 3



[Вернуться к описанию Лабораторной работы №1](#)

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

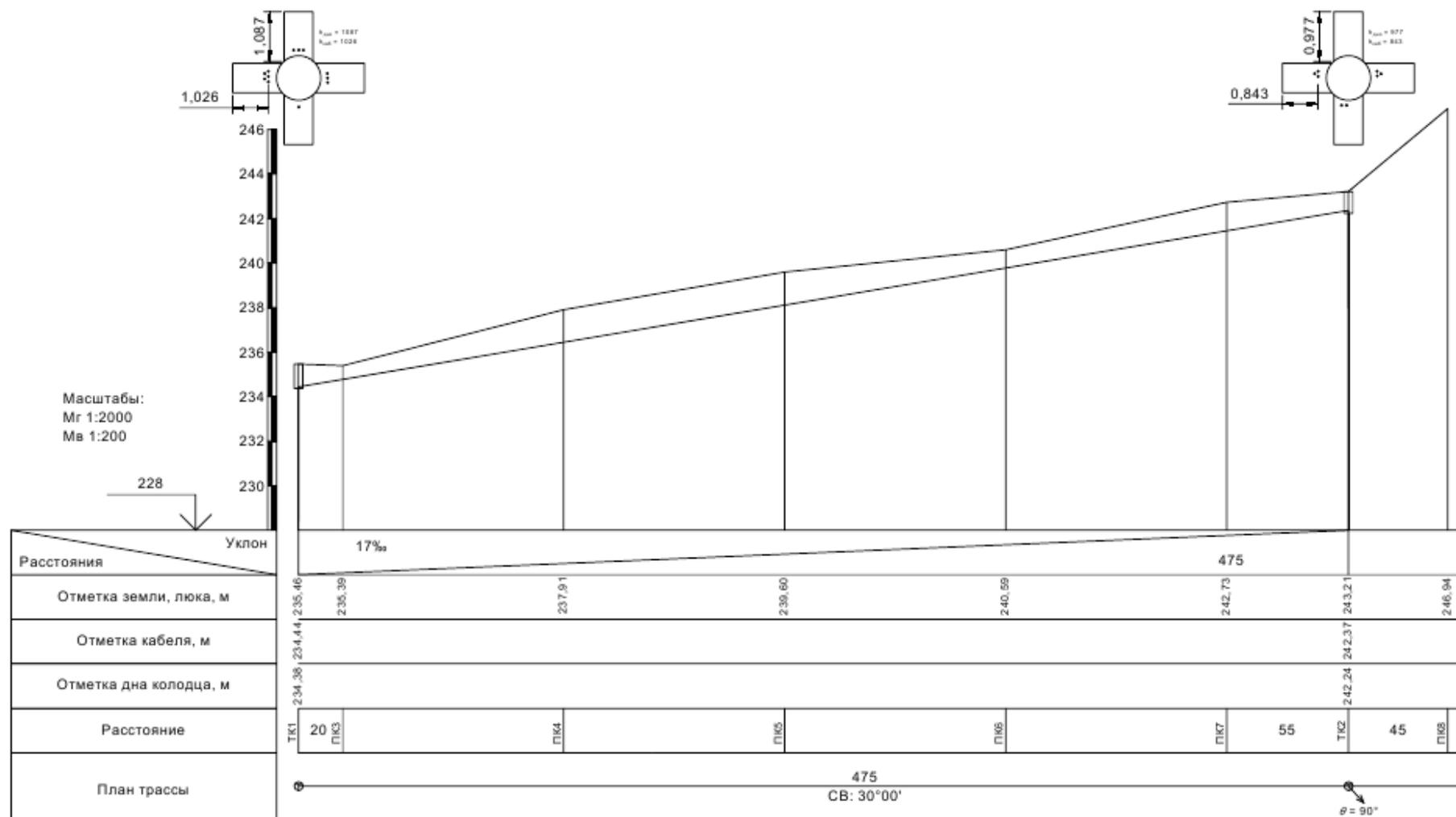
Продольный профиль хозяйственно-бытовой канализации



[Вернуться к описанию Лабораторной работы №7](#)

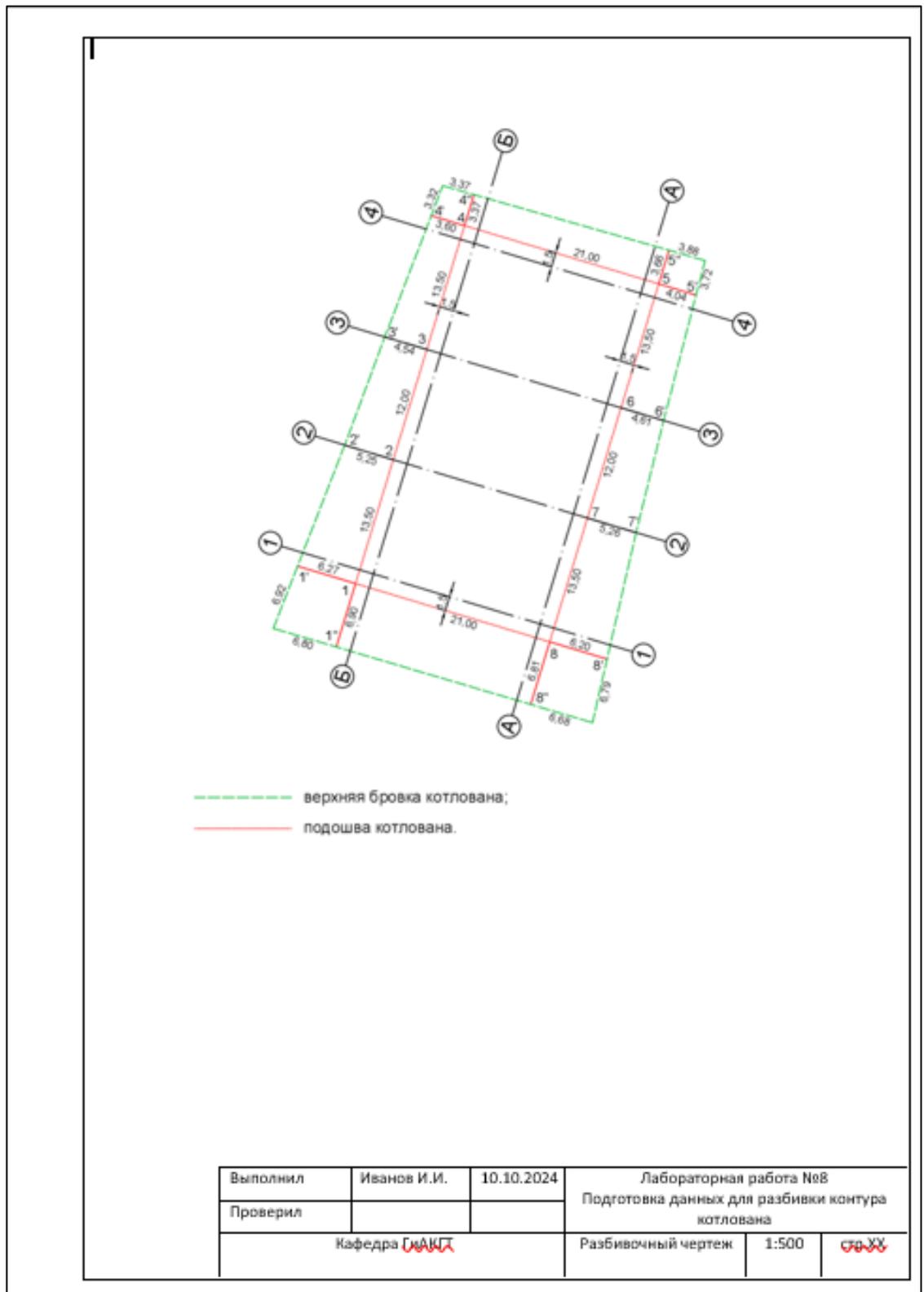
## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

### Продольный профиль телефонной канализации



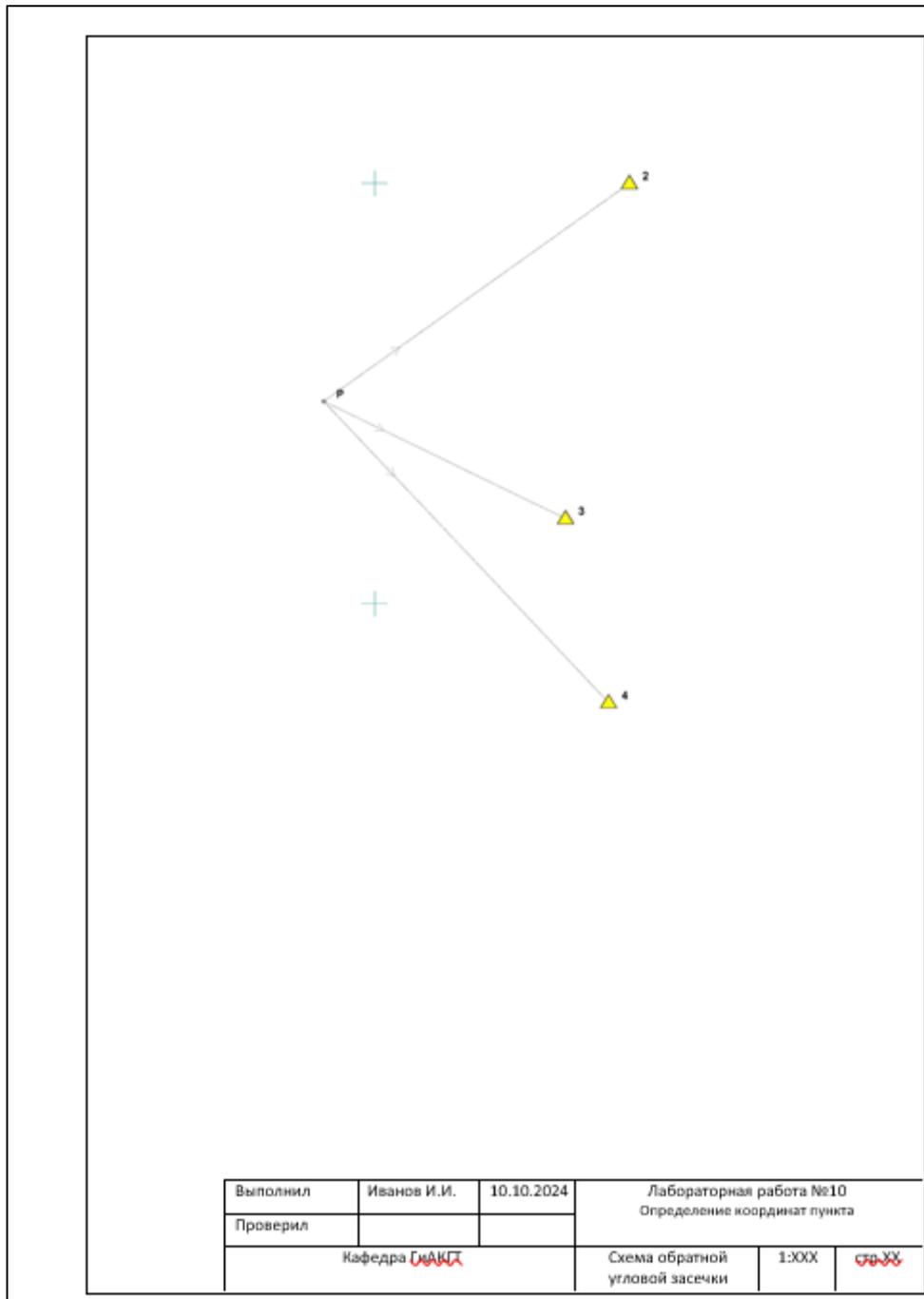
[Вернуться к описанию Лабораторной работы №7](#)

ПРИЛОЖЕНИЕ 6



[Вернуться к описанию Лабораторной работы №8](#)

ПРИЛОЖЕНИЕ 7



[Вернуться к описанию Лабораторной работы №10](#)

## ПРИЛОЖЕНИЕ 8

### Результаты исполнительной съемки анкерных болтов.

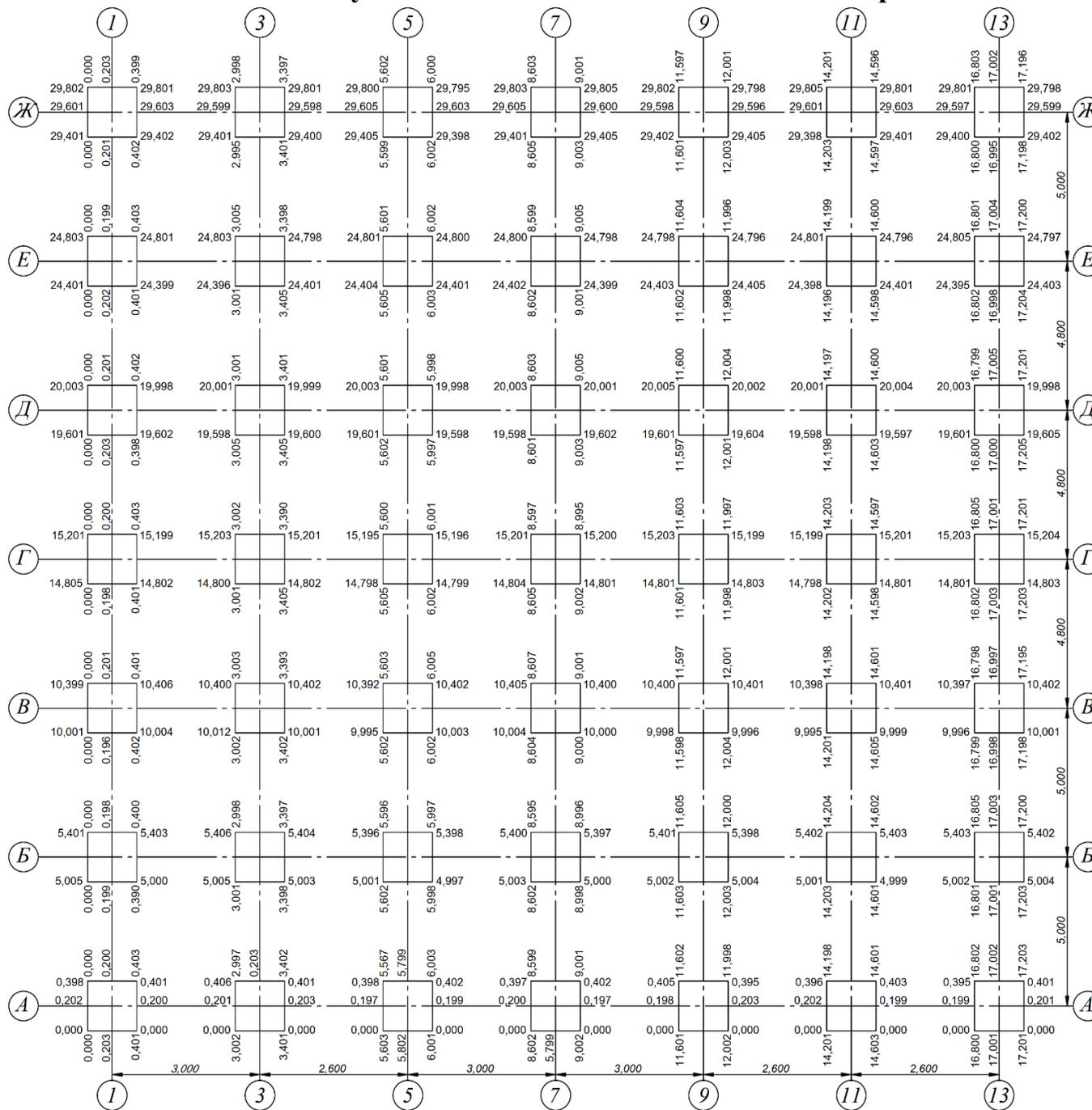


Таблица вариантов

№ варианта	Оси	Оси
1	1, 5, 7	В, Г, Д
2	3, 5, 9	А, В, Г
3	5, 7, 9	Б, Д, Е
4	7, 11, 13	В, Д, Ж
5	1, 3, 11	А, Б, Е
6	3, 7, 9	Б, В, Ж
7	1, 3, 13	А, В, Е
8	5, 7, 11	Г, Д, Е
9	1, 3, 7	А, Г, Д
10	3, 5, 11	Б, В, Ж
11	5, 9, 13	Д, Е, Ж
12	9, 11, 13	Б, Г, Ж
13	1, 9, 13	А, Д, Е
14	3, 7, 11	Д, Е, Ж
15	7, 9, 11	В, Г, Д
16	9, 11, 13	Г, Е, Ж
17	5, 7, 13	А, Г, Ж
18	1, 9, 11	В, Д, Е
19	3, 9, 11	Б, Д, Ж
20	3, 7, 13	А, Д, Ж
21	5, 9, 11	Г, Д, Е
22	7, 11, 13	В, Д, Ж
23	7, 9, 13	А, Д, Е
24	3, 9, 11	Д, Е, Ж
25	1, 7, 11	Г, Д, Е

[Вернуться к описанию  
Лабораторной работы №11](#)

**ПРИЛОЖЕНИЕ 9**

Варианты индивидуальных заданий по плановой исполнительной съемке колонн зданий.

Вариант	Расстояния от оси здания до параллели, мм						
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$
1	400	299	351	503	550	402	301
2	401	300	349	499	549	398	300
3	400	303	350	502	548	400	303
4	398	302	348	500	547	402	302
5	400	303	351	501	551	403	297
6	402	300	352	500	552	397	297
7	403	299	348	502	553	398	299
8	397	300	349	499	550	399	303
9	398	301	350	503	548	403	301
10	399	302	351	498	549	401	300
11	403	298	352	500	547	400	302
12	401	297	351	499	551	402	298
13	400	299	349	501	552	398	297
14	402	300	351	502	553	397	299
15	398	301	352	503	549	399	300
16	397	302	349	499	548	400	301
17	399	303	350	498	550	401	302
18	400	299	348	497	547	402	300
19	401	298	351	500	552	400	297
20	402	297	350	503	551	397	299
21	400	299	352	502	549	399	298
22	397	300	349	502	547	398	300
23	399	303	351	500	550	399	303
24	398	301	349	499	548	403	302
25	400	302	348	498	549	402	301
26	403	299	351	497	551	401	300
27	402	298	352	501	550	400	297
28	401	300	349	502	552	399	299
29	400	297	351	501	551	398	298
30	398	301	352	499	549	401	302

[Вернуться к описанию  
Лабораторной работы №12](#)

## ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Варианты индивидуальных заданий по высотной исполнительной съемке колонн зданий

Вариант	Отсчеты по рейке на репере, мм		Отметки, м	
	до съемки	после съемки	репера	проектные
1	0581; 5365	0582; 5364	7,850	9,360
2	0579; 5364	0580; 5363	7,850	9,370
3	0576; 5357	0574; 5358	7,855	9,370
4	0571; 5378	0573; 5377	7,855	9,370
5	0580; 5360	0579; 5362	7,850	9,360
6	0580; 5363	0579; 5364	7,850	9,360
7	0580; 5364	0581; 5365	7,850	9,360
8	0584; 5367	0585; 5369	7,845	9,350
9	0585; 5370	0586; 5369	7,847	9,350
10	0584; 5369	0584; 5367	7,846	9,350
11	0586; 5368	0587; 5370	7,845	9,360
12	0584; 5369	0586; 5369	7,843	9,360
13	0561; 5345	0560; 5343	7,870	9,380
14	0558; 5343	0559; 5342	7,870	9,380
15	0560; 5345	0561; 5344	7,868	9,380
16	0561; 5344	0562; 5345	7,869	9,380
17	0562; 5344	0561; 5344	7,871	9,380
18	0560; 5344	0558; 5341	7,872	9,380
19	0559; 5342	0557; 5340	7,873	9,380
20	0601; 5384	0600; 5383	7,830	9,340
21	0599; 5388	0601; 5385	7,838	9,340
22	0601; 5387	0602; 5386	7,832	9,340
23	0600; 5383	0599; 5382	7,834	9,340
24	0599; 5384	0598; 5384	7,828	9,340
25	0632; 5315	0630; 5413	7,800	9,310
26	0630; 5414	0628; 5412	7,789	9,300
27	0628; 5412	0629; 5411	7,803	9,310
28	0631; 5415	0631; 5413	7,801	9,310
29	0631; 5415	0632; 5414	7,802	9,310
30	0684; 5469	0685; 5470	7,745	9,550

[Вернуться к описанию  
Лабораторной работы №13](#)

**ПРИЛОЖЕНИЕ 11**

**Таблица отметок марок, наблюдаемых в свой цикл по вариантам**

		№ вариантов														
Отметки марок во 2-4 циклах		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
H <sub>2</sub> , м	M1	233,2389	233,2292	233,2185	233,2088	233,1992	233,1888	233,1785	233,1689	233,1582	233,1482	233,1383	233,1288	233,1183	233,1092	233,0982
	M2	233,3737	233,3636	233,3529	233,3435	233,3335	233,3236	233,3138	233,3035	233,2930	233,2834	233,2731	233,2631	233,2537	233,2438	233,2336
	M3	233,2966	233,2864	233,2773	233,2665	233,2574	233,2470	233,2365	233,2266	233,2172	233,2068	233,1970	233,1865	233,1766	233,1673	233,1567
	M4	233,2087	233,1982	233,1883	233,1777	233,1685	233,1586	233,1479	233,1377	233,1279	233,1178	233,1079	233,0980	233,0886	233,0782	233,0683
	M5	233,7651	233,7550	233,7449	233,7353	233,7246	233,7149	233,7047	233,6952	233,6848	233,6750	233,6650	233,6548	233,6449	233,6348	233,6248
	M6	233,7110	233,7009	233,6912	233,6805	233,6705	233,6604	233,6512	233,6403	233,6310	233,6203	233,6108	233,6010	233,5906	233,5810	233,5705
	M7	233,4724	233,4618	233,4520	233,4421	233,4321	233,4210	233,4123	233,4019	233,3906	233,3825	233,3722	233,3623	233,3522	233,3415	233,3319
	M8	233,2182	233,2073	233,1971	233,1866	233,1764	233,1667	233,1568	233,1464	233,1360	233,1273	233,1168	233,1064	233,0966	233,0873	233,0764
H <sub>3</sub> , м	M1	233,2378	233,2280	233,2181	233,2086	233,1986	233,1885	233,1784	233,1684	233,1579	233,1485	233,1378	233,1288	233,1186	233,1087	233,0985
	M2	233,3729	233,3632	233,3529	233,3430	233,3326	233,3233	233,3136	233,3036	233,2930	233,2833	233,2728	233,2632	233,2531	233,2431	233,2333
	M3	233,2965	233,2862	233,2762	233,2662	233,2570	233,2463	233,2362	233,2266	233,2165	233,2064	233,1967	233,1867	233,1762	233,1671	233,1562
	M4	233,2077	233,1974	233,1874	233,1783	233,1679	233,1574	233,1475	233,1379	233,1284	233,1175	233,1076	233,0979	233,0881	233,0777	233,0682
	M5	233,7639	233,7538	233,7441	233,7346	233,7243	233,7140	233,7044	233,6943	233,6840	233,6738	233,6640	233,6539	233,6444	233,6340	233,6247
	M6	233,7107	233,7010	233,6905	233,6800	233,6707	233,6607	233,6505	233,6410	233,6300	233,6201	233,6109	233,6003	233,5908	233,5810	233,5701
	M7	233,4721	233,4621	233,4513	233,4421	233,4319	233,4211	233,4114	233,4020	233,3911	233,3823	233,3714	233,3618	233,3513	233,3423	233,3322
	M8	233,2184	233,2064	233,1965	233,1872	233,1772	233,1674	233,1568	233,1466	233,1356	233,1279	233,1172	233,1073	233,0969	233,0873	233,0772
H <sub>4</sub> , м	M1	233,2381	233,2275	233,2177	233,2077	233,1981	233,1885	233,1781	233,1676	233,1575	233,1476	233,1385	233,1283	233,1177	233,1082	233,0983
	M2	233,3730	233,3633	233,3534	233,3424	233,3333	233,3232	233,3133	233,3031	233,2931	233,2833	233,2732	233,2634	233,2533	233,2427	233,2325
	M3	233,2963	233,2866	233,2764	233,2667	233,2567	233,2462	233,2360	233,2258	233,2165	233,2061	233,1968	233,1859	233,1761	233,1658	233,1561
	M4	233,2072	233,1971	233,1872	233,1780	233,1676	233,1572	233,1475	233,1376	233,1274	233,1180	233,1071	233,0972	233,0875	233,0776	233,0670
	M5	233,7645	233,7538	233,7436	233,7342	233,7244	233,7142	233,7039	233,6938	233,6845	233,6742	233,6645	233,6545	233,6435	233,6336	233,6239
	M6	233,7106	233,7008	233,6904	233,6803	233,6708	233,6601	233,6502	233,6403	233,6298	233,6205	233,6105	233,6005	233,5904	233,5803	233,5698
	M7	233,4719	233,4621	233,4518	233,4422	233,4323	233,4209	233,4116	233,4021	233,3911	233,3814	233,3722	233,3619	233,3518	233,3414	233,3322
	M8	233,2175	233,2068	233,1974	233,1871	233,1767	233,1668	233,1569	233,1472	233,1364	233,1280	233,1173	233,1071	233,0975	233,0872	233,0774

**Продолжение таблицы отметок марок, наблюдаемых в свой цикл по вариантам**

		№ вариантов														
Отметки марок во 2-4 циклах		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
H <sub>2</sub> , м	M1	233,0888	233,0791	233,0687	233,0590	233,0484	233,0384	233,0290	233,0182	233,0085	232,9984	232,9888	232,9783	232,9691	232,9588	232,9486
	M2	233,2228	233,2135	233,2033	233,1932	233,1828	233,1732	233,1630	233,1537	233,1436	233,1336	233,1237	233,1129	233,1034	233,0930	233,0833
	M3	233,1471	233,1366	233,1273	233,1172	233,1064	233,0972	233,0865	233,0774	233,0670	233,0564	233,0464	233,0374	233,0274	233,0171	233,0074
	M4	233,0578	233,0480	233,0381	233,0287	233,0180	233,0084	232,9980	232,9883	232,9781	232,9686	232,9577	232,9484	232,9377	232,9279	232,9180
	M5	233,6149	233,6047	233,5951	233,5848	233,5753	233,5650	233,5551	233,5447	233,5349	233,5253	233,5152	233,5044	233,4953	233,4844	233,4744
	M6	233,5603	233,5502	233,5403	233,5304	233,5212	233,5111	233,5004	233,4911	233,4803	233,4708	233,4604	233,4510	233,4410	233,4312	233,4204
	M7	233,3220	233,3120	233,3018	233,2925	233,2817	233,2722	233,2619	233,2516	233,2405	233,2323	233,2221	233,2115	233,2022	233,1917	233,1813
	M8	233,0673	233,0573	233,0467	233,0371	233,0280	233,0166	233,0063	232,9973	232,9868	232,9760	232,9671	232,9572	232,9483	232,9363	232,9268
H <sub>3</sub> , м	M1	233,0879	233,0788	233,0679	233,0581	233,0481	233,0385	233,0285	233,0185	233,0086	232,9981	232,9879	232,9784	232,9682	232,9580	232,9479
	M2	233,2230	233,2130	233,2026	233,1930	233,1826	233,1731	233,1634	233,1530	233,1431	233,1334	233,1229	233,1132	233,1028	233,0933	233,0828
	M3	233,1465	233,1368	233,1266	233,1167	233,1067	233,0970	233,0867	233,0765	233,0668	233,0565	233,0462	233,0365	233,0272	233,0171	233,0070
	M4	233,0583	233,0479	233,0375	233,0276	233,0182	233,0080	232,9974	232,9876	232,9783	232,9677	232,9583	232,9477	232,9382	232,9279	232,9175
	M5	233,6146	233,6046	233,5947	233,5845	233,5742	233,5642	233,5548	233,5438	233,5344	233,5244	233,5140	233,5042	233,4945	233,4843	233,4741
	M6	233,5608	233,5505	233,5400	233,5303	233,5210	233,5108	233,5003	233,4906	233,4802	233,4706	233,4605	233,4510	233,4409	233,4304	233,4201
	M7	233,3217	233,3115	233,3014	233,2916	233,2822	233,2717	233,2614	233,2521	233,2414	233,2311	233,2220	233,2113	233,2017	233,1915	233,1813
	M8	233,0664	233,0565	233,0472	233,0367	233,0283	233,0170	233,0072	232,9971	232,9868	232,9774	232,9666	232,9567	232,9477	232,9368	232,9265
H <sub>4</sub> , м	M1	233,0878	233,0776	233,0675	233,0575	233,0485	233,0375	233,0285	233,0182	233,0080	232,9985	232,9883	232,9779	232,9684	232,9577	232,9478
	M2	233,2233	233,2127	233,2034	233,1925	233,1825	233,1726	233,1628	233,1527	233,1425	233,1332	233,1234	233,1130	233,1028	233,0934	233,0830
	M3	233,1466	233,1368	233,1268	233,1158	233,1067	233,0966	233,0858	233,0766	233,0663	233,0559	233,0463	233,0363	233,0258	233,0162	233,0066
	M4	233,0577	233,0470	233,0380	233,0276	233,0176	233,0076	232,9979	232,9879	232,9780	232,9673	232,9573	232,9478	232,9377	232,9272	232,9171
	M5	233,6137	233,6041	233,5941	233,5842	233,5738	233,5635	233,5544	233,5444	233,5342	233,5239	233,5143	233,5038	233,4937	233,4844	233,4742
	M6	233,5599	233,5507	233,5402	233,5301	233,5199	233,5102	233,5000	233,4901	233,4801	233,4705	233,4602	233,4505	233,4400	233,4299	233,4208
	M7	233,3215	233,3123	233,3015	233,2914	233,2823	233,2719	233,2624	233,2521	233,2415	233,2314	233,2215	233,2118	233,2016	233,1917	233,1814
	M8	233,0669	233,0566	233,0472	233,0369	233,0279	233,0169	233,0068	232,9967	232,9865	232,9767	232,9671	232,9565	232,9484	232,9373	232,9262

[Вернуться к описанию  
Лабораторной работы №14](#)

**ПРИЛОЖЕНИЕ 12**

**Варианты исходных данных для выполнения Лабораторной работы №15**

В а р и а н т 1	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 25 25	0 08 29	0 25 46	0 08 36	0 26 05	0 08 42
	2	40,16	0 19 00	0 09 34	0 18 43	0 09 25	0 19 06	0 09 36
	3	50,09	0 15 19	0 10 58	0 15 53	0 11 21	0 16 01	0 11 28
	4	60,24	0 12 44	0 12 49	0 12 35	0 12 39	0 12 37	0 12 41
	5	70,08	0 10 56	0 15 19	0 11 13	0 15 44	0 11 08	0 15 36
	6	80,05	0 09 33	0 19 08	0 09 16	0 18 33	0 09 02	0 18 05
7	90,11	0 08 31	0 25 37	0 08 40	0 26 05	0 08 32	0 25 41	
B	120,04							
В а р и а н т 2	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 27 19	0 09 07	0 28 05	0 09 22	0 27 49	0 09 17
	2	40,16	0 20 25	0 10 16	0 20 36	0 10 21	0 20 29	0 10 18
	3	50,09	0 16 20	0 11 41	0 16 28	0 11 48	0 16 09	0 11 33
	4	60,24	0 13 34	0 13 41	0 13 34	0 13 39	0 13 35	0 13 42
	5	70,08	0 11 44	0 16 28	0 11 35	0 16 16	0 11 42	0 16 25
	6	80,05	0 10 16	0 20 34	0 10 32	0 21 07	0 10 25	0 20 49
7	90,11	0 09 05	0 27 22	0 09 02	0 27 14	0 08 59	0 27 03	
B	120,04							
В а р и а н т 3	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 27 30	0 09 10	0 26 38	0 08 54	0 26 23	0 08 49
	2	40,16	0 20 35	0 10 21	0 21 02	0 10 35	0 21 05	0 10 35
	3	50,09	0 16 34	0 11 51	0 16 32	0 11 51	0 16 26	0 11 46
	4	60,24	0 13 42	0 13 48	0 13 18	0 13 24	0 13 06	0 13 11
	5	70,08	0 11 48	0 16 34	0 12 03	0 16 56	0 11 51	0 16 38
	6	80,05	0 10 22	0 20 46	0 10 45	0 21 32	0 10 51	0 21 44
7	90,11	0 09 09	0 27 34	0 09 22	0 28 12	0 09 33	0 28 44	
B	120,04							
В а р и а н т 4	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 28 44	0 09 35	0 28 21	0 09 27	0 28 19	0 09 26
	2	40,16	0 21 31	0 10 49	0 22 18	0 11 13	0 22 14	0 11 10
	3	50,09	0 17 19	0 12 24	0 17 34	0 12 34	0 17 19	0 12 23
	4	60,24	0 14 22	0 14 29	0 14 04	0 14 10	0 13 51	0 13 57
	5	70,08	0 12 22	0 17 20	0 12 38	0 17 42	0 12 46	0 17 54
	6	80,05	0 10 49	0 21 40	0 10 39	0 21 18	0 10 49	0 21 40
7	90,11	0 09 37	0 29 00	0 09 39	0 29 05	0 09 49	0 29 32	
B	120,04							

[Вернуться к описанию  
Лабораторной работы №15](#)

В а р и а н т  5	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 26 05	0 08 41	0 27 06	0 09 02	0 27 26	0 09 08
	2	40,16	0 19 25	0 09 45	0 19 25	0 09 45	0 19 05	0 09 35
	3	50,09	0 15 38	0 11 12	0 15 56	0 11 24	0 16 14	0 11 37
	4	60,24	0 12 57	0 13 02	0 13 04	0 13 09	0 13 19	0 13 25
	5	70,08	0 11 07	0 15 37	0 10 58	0 15 22	0 10 59	0 15 25
	6	80,05	0 09 47	0 19 34	0 10 09	0 20 18	0 10 16	0 20 33
7	90,11	0 08 40	0 26 07	0 08 21	0 25 10	0 08 09	0 24 31	
B	120,04							
В а р и а н т  6	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 31 24	0 10 28	0 30 27	0 10 09	0 30 01	0 10 01
	2	40,16	0 23 26	0 11 48	0 22 56	0 11 31	0 23 01	0 11 34
	3	50,09	0 18 46	0 13 26	0 18 37	0 13 20	0 18 32	0 13 15
	4	60,24	0 15 36	0 15 44	0 15 30	0 15 38	0 15 25	0 15 31
	5	70,08	0 13 28	0 18 54	0 12 60	0 18 12	0 13 09	0 18 26
	6	80,05	0 11 48	0 23 36	0 11 53	0 23 46	0 11 44	0 23 28
7	90,11	0 10 28	0 31 30	0 10 34	0 31 47	0 10 23	0 31 18	
B	120,04							
В а р и а н т  7	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 26 26	0 08 49	0 27 00	0 09 01	0 27 07	0 09 02
	2	40,16	0 19 43	0 09 54	0 19 53	0 09 59	0 19 41	0 09 54
	3	50,09	0 15 51	0 11 21	0 15 35	0 11 10	0 15 39	0 11 12
	4	60,24	0 13 11	0 13 17	0 13 02	0 13 08	0 12 49	0 12 55
	5	70,08	0 11 19	0 15 53	0 11 02	0 15 27	0 10 49	0 15 10
	6	80,05	0 09 53	0 19 48	0 09 40	0 19 21	0 09 47	0 19 35
7	90,11	0 08 47	0 26 29	0 08 52	0 26 42	0 08 42	0 26 13	
B	120,04							
В а р и а н т  8	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 27 44	0 09 14	0 28 48	0 09 37	0 29 16	0 09 45
	2	40,16	0 20 39	0 10 23	0 21 24	0 10 45	0 21 33	0 10 50
	3	50,09	0 16 33	0 11 52	0 17 10	0 12 17	0 17 21	0 12 26
	4	60,24	0 13 47	0 13 53	0 13 41	0 13 47	0 13 39	0 13 45
	5	70,08	0 11 52	0 16 40	0 12 01	0 16 50	0 12 16	0 17 12
	6	80,05	0 10 23	0 20 46	0 10 17	0 20 36	0 10 30	0 21 02
7	90,11	0 09 13	0 27 48	0 09 25	0 28 22	0 09 37	0 28 57	
B	120,04							

[Вернуться к описанию  
Лабораторной работы №15](#)

В а р и а н т 9	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 29 25	0 09 48	0 29 19	0 09 47	0 29 29	0 09 49
	2	40,16	0 21 55	0 11 01	0 21 09	0 10 37	0 20 48	0 10 28
	3	50,09	0 17 38	0 12 38	0 17 46	0 12 44	0 17 39	0 12 38
	4	60,24	0 14 37	0 14 45	0 14 48	0 14 55	0 15 05	0 15 11
	5	70,08	0 12 36	0 17 40	0 12 59	0 18 12	0 13 16	0 18 37
	6	80,05	0 10 60	0 22 01	0 11 04	0 22 10	0 11 01	0 22 03
7	90,11	0 09 48	0 29 28	0 09 25	0 28 21	0 09 19	0 28 03	
B	120,04							
В а р и а н т 10	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 32 39	0 10 53	0 32 45	0 10 55	0 32 36	0 10 53
	2	40,16	0 24 25	0 12 16	0 25 11	0 12 40	0 25 07	0 12 38
	3	50,09	0 19 32	0 13 60	0 19 13	0 13 47	0 19 36	0 14 03
	4	60,24	0 16 14	0 16 22	0 16 33	0 16 40	0 16 36	0 16 44
	5	70,08	0 13 59	0 19 37	0 13 43	0 19 14	0 13 35	0 19 04
	6	80,05	0 12 16	0 24 32	0 12 33	0 25 09	0 12 41	0 25 22
7	90,11	0 10 53	0 32 46	0 11 04	0 33 18	0 10 59	0 33 04	
B	120,04							
В а р и а н т 11	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 32 59	0 11 00	0 32 54	0 10 58	0 32 53	0 10 58
	2	40,16	0 24 36	0 12 22	0 24 51	0 12 30	0 24 38	0 12 22
	3	50,09	0 19 48	0 14 10	0 20 20	0 14 33	0 20 41	0 14 50
	4	60,24	0 16 23	0 16 31	0 16 48	0 16 55	0 16 30	0 16 37
	5	70,08	0 14 06	0 19 46	0 13 50	0 19 23	0 13 35	0 19 02
	6	80,05	0 12 24	0 24 47	0 12 14	0 24 28	0 12 18	0 24 38
7	90,11	0 10 59	0 33 03	0 11 04	0 33 17	0 11 06	0 33 27	
B	120,04							
В а р и а н т 12	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 25 04	0 08 22	0 23 57	0 07 60	0 24 14	0 08 05
	2	40,16	0 18 49	0 09 28	0 19 09	0 09 37	0 19 33	0 09 49
	3	50,09	0 15 03	0 10 47	0 14 41	0 10 31	0 15 03	0 10 47
	4	60,24	0 12 32	0 12 37	0 12 40	0 12 46	0 12 36	0 12 42
	5	70,08	0 10 45	0 15 04	0 10 17	0 14 25	0 10 05	0 14 09
	6	80,05	0 09 24	0 18 51	0 09 43	0 19 27	0 09 42	0 19 25
7	90,11	0 08 23	0 25 14	0 08 14	0 24 47	0 08 08	0 24 29	
B	120,04							

[Вернуться к описанию  
Лабораторной работы №15](#)

В а р и а н т  1 3	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 24 39	0 08 13	0 24 41	0 08 14	0 24 59	0 08 20
	2	40,16	0 18 23	0 09 14	0 18 15	0 09 11	0 18 21	0 09 13
	3	50,09	0 14 44	0 10 34	0 15 06	0 10 49	0 14 47	0 10 35
	4	60,24	0 12 15	0 12 20	0 12 08	0 12 13	0 12 16	0 12 21
	5	70,08	0 10 35	0 14 52	0 10 51	0 15 13	0 10 42	0 15 00
	6	80,05	0 09 15	0 18 33	0 09 14	0 18 28	0 09 02	0 18 04
7	90,11	0 08 12	0 24 40	0 08 24	0 25 21	0 08 23	0 25 12	
B	120,04							
В а р и а н т  1 4	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 28 36	0 09 32	0 29 06	0 09 42	0 28 34	0 09 31
	2	40,16	0 21 20	0 10 44	0 21 44	0 10 56	0 22 08	0 11 07
	3	50,09	0 17 08	0 12 16	0 16 40	0 11 56	0 16 32	0 11 50
	4	60,24	0 14 14	0 14 19	0 13 49	0 13 55	0 14 04	0 14 11
	5	70,08	0 12 15	0 17 10	0 12 06	0 16 58	0 11 57	0 16 45
	6	80,05	0 10 42	0 21 25	0 10 29	0 20 59	0 10 32	0 21 05
7	90,11	0 09 31	0 28 42	0 09 54	0 29 50	0 09 44	0 29 18	
B	120,04							
В а р и а н т  1 5	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 26 13	0 08 44	0 26 03	0 08 41	0 26 29	0 08 50
	2	40,16	0 19 39	0 09 52	0 20 15	0 10 11	0 20 05	0 10 06
	3	50,09	0 15 47	0 11 18	0 16 03	0 11 30	0 16 08	0 11 33
	4	60,24	0 13 03	0 13 10	0 12 54	0 12 59	0 13 15	0 13 20
	5	70,08	0 11 13	0 15 45	0 11 04	0 15 31	0 10 47	0 15 09
	6	80,05	0 09 51	0 19 42	0 09 33	0 19 07	0 09 41	0 19 23
7	90,11	0 08 45	0 26 21	0 08 49	0 26 35	0 08 58	0 26 58	
B	120,04							
В а р и а н т  1 6	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 26 08	0 08 43	0 26 03	0 08 42	0 25 49	0 08 37
	2	40,16	0 19 30	0 09 47	0 20 16	0 10 11	0 19 52	0 09 60
	3	50,09	0 15 40	0 11 13	0 15 38	0 11 12	0 15 59	0 11 27
	4	60,24	0 13 00	0 13 07	0 12 42	0 12 47	0 12 30	0 12 35
	5	70,08	0 11 11	0 15 42	0 11 02	0 15 29	0 11 15	0 15 47
	6	80,05	0 09 47	0 19 36	0 09 21	0 18 43	0 09 09	0 18 19
7	90,11	0 08 42	0 26 11	0 09 01	0 27 08	0 09 10	0 27 37	
B	120,04							

[Вернуться к описанию  
Лабораторной работы №15](#)

В а р и а н т  1 7	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 31 53	0 10 38	0 32 08	0 10 42	0 32 27	0 10 49
	2	40,16	0 23 43	0 11 56	0 24 10	0 12 09	0 24 15	0 12 12
	3	50,09	0 19 02	0 13 37	0 18 33	0 13 17	0 18 26	0 13 12
	4	60,24	0 15 52	0 15 59	0 16 22	0 16 29	0 16 41	0 16 48
	5	70,08	0 13 38	0 19 07	0 13 23	0 18 47	0 13 12	0 18 31
	6	80,05	0 11 55	0 23 50	0 11 51	0 23 43	0 11 45	0 23 32
	7	90,11	0 10 37	0 32 00	0 10 27	0 31 29	0 10 37	0 32 00
B	120,04							
В а р и а н т  1 8	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 29 42	0 09 54	0 29 03	0 09 41	0 29 29	0 09 50
	2	40,16	0 22 12	0 11 10	0 22 49	0 11 29	0 23 02	0 11 35
	3	50,09	0 17 46	0 12 42	0 18 24	0 13 11	0 18 23	0 13 10
	4	60,24	0 14 50	0 14 56	0 14 17	0 14 24	0 14 33	0 14 39
	5	70,08	0 12 42	0 17 49	0 12 51	0 18 01	0 12 37	0 17 43
	6	80,05	0 11 09	0 22 17	0 10 43	0 21 28	0 10 45	0 21 32
	7	90,11	0 09 54	0 29 48	0 10 10	0 30 35	0 10 18	0 31 02
B	120,04							
В а р и а н т  1 9	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 28 59	0 09 40	0 28 20	0 09 26	0 27 40	0 09 14
	2	40,16	0 21 42	0 10 54	0 21 47	0 10 57	0 21 28	0 10 48
	3	50,09	0 17 25	0 12 28	0 16 59	0 12 09	0 16 34	0 11 53
	4	60,24	0 14 26	0 14 32	0 14 14	0 14 20	0 14 09	0 14 15
	5	70,08	0 12 27	0 17 28	0 12 32	0 17 36	0 12 42	0 17 48
	6	80,05	0 10 52	0 21 47	0 11 14	0 22 28	0 11 02	0 22 04
	7	90,11	0 09 40	0 29 05	0 09 39	0 29 04	0 09 50	0 29 34
B	120,04							
В а р и а н т  2 0	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 25 17	0 08 26	0 24 60	0 08 20	0 25 22	0 08 27
	2	40,16	0 18 52	0 09 29	0 18 18	0 09 11	0 18 38	0 09 22
	3	50,09	0 15 14	0 10 55	0 15 24	0 11 02	0 15 48	0 11 20
	4	60,24	0 12 39	0 12 45	0 13 08	0 13 14	0 12 58	0 13 04
	5	70,08	0 10 53	0 15 15	0 11 12	0 15 43	0 11 29	0 16 06
	6	80,05	0 09 28	0 18 56	0 09 23	0 18 47	0 09 28	0 18 57
	7	90,11	0 08 25	0 25 19	0 08 02	0 24 12	0 08 02	0 24 08
B	120,04							

[Вернуться к описанию  
Лабораторной работы №15](#)

В а р и а н т  2 1	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 26 15	0 08 46	0 25 26	0 08 29	0 25 43	0 08 35
	2	40,16	0 19 43	0 09 55	0 19 42	0 09 54	0 19 24	0 09 46
	3	50,09	0 15 42	0 11 15	0 15 49	0 11 19	0 15 50	0 11 20
	4	60,24	0 13 05	0 13 12	0 13 06	0 13 11	0 12 54	0 12 59
	5	70,08	0 11 18	0 15 51	0 11 22	0 15 57	0 11 21	0 15 55
	6	80,05	0 09 54	0 19 49	0 09 42	0 19 24	0 09 46	0 19 34
7	90,11	0 08 46	0 26 24	0 08 34	0 25 48	0 08 20	0 25 07	
B	120,04							
В а р и а н т  2 2	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 28 20	0 09 27	0 28 43	0 09 34	0 28 57	0 09 39
	2	40,16	0 21 12	0 10 40	0 21 31	0 10 49	0 21 14	0 10 41
	3	50,09	0 16 56	0 12 08	0 17 20	0 12 25	0 17 39	0 12 37
	4	60,24	0 14 06	0 14 11	0 13 35	0 13 42	0 13 26	0 13 32
	5	70,08	0 12 05	0 16 56	0 11 38	0 16 19	0 11 52	0 16 39
	6	80,05	0 10 35	0 21 11	0 10 22	0 20 46	0 10 21	0 20 43
7	90,11	0 09 24	0 28 15	0 09 37	0 28 56	0 09 48	0 29 28	
B	120,04							
В а р и а н т  2 3	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 30 41	0 10 14	0 29 57	0 09 59	0 29 26	0 09 50
	2	40,16	0 22 55	0 11 31	0 23 06	0 11 37	0 22 36	0 11 22
	3	50,09	0 18 22	0 13 08	0 18 46	0 13 26	0 18 41	0 13 23
	4	60,24	0 15 17	0 15 25	0 15 18	0 15 24	0 15 32	0 15 40
	5	70,08	0 13 11	0 18 29	0 13 33	0 19 01	0 13 31	0 18 58
	6	80,05	0 11 31	0 23 02	0 11 15	0 22 32	0 11 02	0 22 06
7	90,11	0 10 14	0 30 50	0 10 12	0 30 43	0 10 18	0 31 01	
B	120,04							
В а р и а н т  2 4	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 31 00	0 10 21	0 32 02	0 10 41	0 32 06	0 10 43
	2	40,16	0 23 11	0 11 40	0 22 51	0 11 28	0 22 56	0 11 32
	3	50,09	0 18 36	0 13 19	0 18 53	0 13 31	0 18 55	0 13 33
	4	60,24	0 15 29	0 15 36	0 15 38	0 15 44	0 15 41	0 15 49
	5	70,08	0 13 18	0 18 40	0 13 38	0 19 09	0 13 34	0 19 01
	6	80,05	0 11 41	0 23 24	0 11 35	0 23 12	0 11 43	0 23 29
7	90,11	0 10 20	0 31 09	0 10 41	0 32 09	0 10 55	0 32 50	
B	120,04							

[Вернуться к описанию  
Лабораторной работы №15](#)

В а р и а н т  2 5	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 32 31	0 10 50	0 32 56	0 10 59	0 33 31	0 11 10
	2	40,16	0 24 20	0 12 13	0 23 37	0 11 53	0 23 55	0 12 02
	3	50,09	0 19 32	0 13 59	0 19 01	0 13 38	0 19 23	0 13 53
	4	60,24	0 16 14	0 16 22	0 16 25	0 16 32	0 16 30	0 16 37
	5	70,08	0 13 58	0 19 36	0 13 31	0 18 56	0 13 25	0 18 48
	6	80,05	0 12 13	0 24 29	0 11 58	0 23 56	0 12 08	0 24 17
7	90,11	0 10 51	0 32 42	0 10 37	0 31 56	0 10 49	0 32 33	
B	120,04							
В а р и а н т  2 6	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 31 05	0 10 22	0 31 38	0 10 33	0 32 07	0 10 42
	2	40,16	0 23 12	0 11 39	0 23 53	0 11 60	0 24 19	0 12 13
	3	50,09	0 18 34	0 13 18	0 18 47	0 13 27	0 18 46	0 13 27
	4	60,24	0 15 30	0 15 37	0 15 34	0 15 41	0 15 25	0 15 31
	5	70,08	0 13 18	0 18 40	0 13 34	0 19 01	0 13 27	0 18 52
	6	80,05	0 11 39	0 23 18	0 11 51	0 23 44	0 12 02	0 24 03
7	90,11	0 10 22	0 31 10	0 10 21	0 31 08	0 10 10	0 30 37	
B	120,04							
В а р и а н т  2 7	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 25 20	0 08 26	0 26 05	0 08 42	0 25 50	0 08 37
	2	40,16	0 18 52	0 09 29	0 19 29	0 09 47	0 19 44	0 09 56
	3	50,09	0 15 08	0 10 51	0 14 34	0 10 26	0 14 25	0 10 19
	4	60,24	0 12 37	0 12 42	0 12 29	0 12 35	0 12 22	0 12 27
	5	70,08	0 10 50	0 15 11	0 11 18	0 15 52	0 11 32	0 16 12
	6	80,05	0 09 27	0 18 54	0 09 25	0 18 51	0 09 28	0 18 57
7	90,11	0 08 24	0 25 19	0 08 26	0 25 24	0 08 35	0 25 49	
B	120,04							
В а р и а н т  2 8	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	A							
	1	30,02	0 32 45	0 10 55	0 32 04	0 10 41	0 32 21	0 10 48
	2	40,16	0 24 23	0 12 15	0 24 54	0 12 31	0 25 10	0 12 39
	3	50,09	0 19 35	0 14 02	0 19 38	0 14 04	0 19 50	0 14 12
	4	60,24	0 16 16	0 16 23	0 15 47	0 15 53	0 15 58	0 16 05
	5	70,08	0 14 01	0 19 39	0 14 14	0 19 59	0 14 11	0 19 53
	6	80,05	0 12 15	0 24 33	0 12 41	0 25 24	0 12 41	0 25 23
7	90,11	0 10 52	0 32 42	0 11 05	0 33 22	0 11 10	0 33 36	
B	120,04							

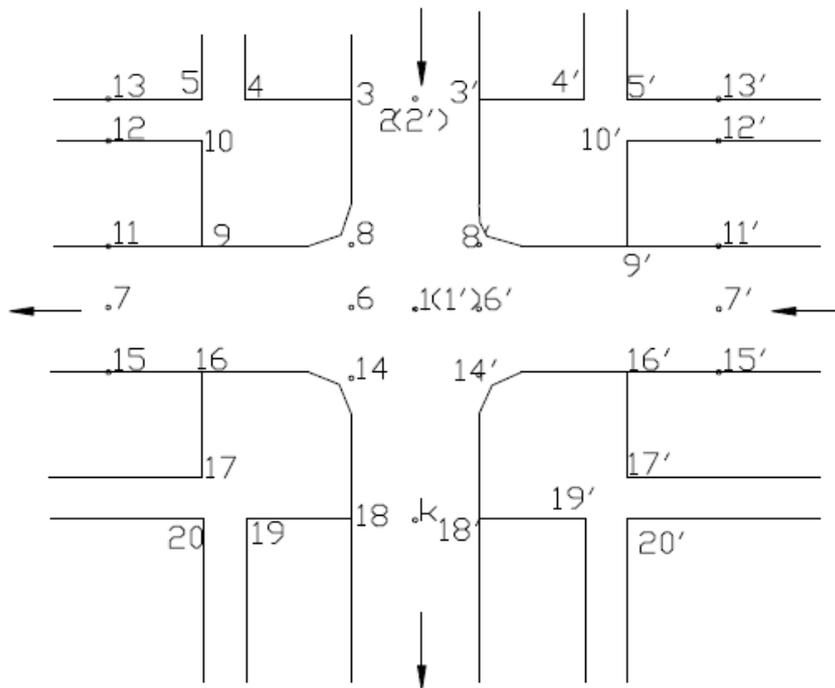
[Вернуться к описанию  
Лабораторной работы №15](#)

В а р и а н т  2 9	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	А							
	1	30,02	0 30 37	0 10 13	0 29 44	0 09 55	0 29 47	0 09 56
	2	40,16	0 22 53	0 11 30	0 23 43	0 11 55	0 23 13	0 11 41
	3	50,09	0 18 22	0 13 10	0 18 17	0 13 05	0 18 06	0 12 58
	4	60,24	0 15 16	0 15 23	0 15 04	0 15 10	0 15 15	0 15 21
	5	70,08	0 13 10	0 18 27	0 12 45	0 17 53	0 12 49	0 17 59
	6	80,05	0 11 29	0 22 58	0 11 44	0 23 30	0 11 56	0 23 53
	7	90,11	0 10 14	0 30 50	0 10 24	0 31 18	0 10 35	0 31 51
	В	120,04						
В а р и а н т  3 0	№ марки	Расстояния	Нулевой цикл		Первый цикл		Второй цикл	
			прямо	обратно	прямо	обратно	прямо	обратно
	А							
	1	30,02	0 27 51	0 09 18	0 27 11	0 09 03	0 27 29	0 09 09
	2	40,16	0 20 47	0 10 26	0 20 09	0 10 08	0 20 25	0 10 16
	3	50,09	0 16 42	0 11 58	0 16 10	0 11 34	0 15 56	0 11 25
	4	60,24	0 13 56	0 14 02	0 14 07	0 14 13	0 13 54	0 13 60
	5	70,08	0 11 54	0 16 42	0 12 22	0 17 19	0 12 39	0 17 45
	6	80,05	0 10 26	0 20 55	0 10 14	0 20 29	0 10 01	0 20 03
	7	90,11	0 09 15	0 27 51	0 09 09	0 27 31	0 09 15	0 27 50
	В	120,04						

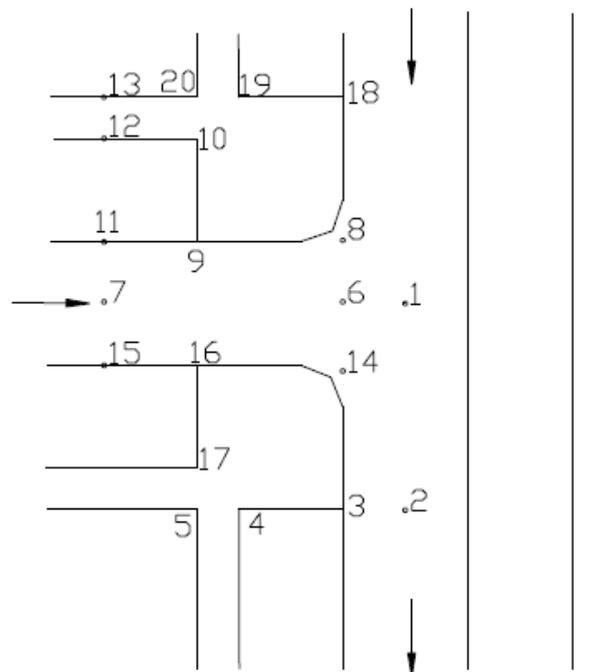
[Вернуться к описанию  
Лабораторной работы №15](#)

**ПРИЛОЖЕНИЕ 13**

**Схема размещения точек на перекрестках III, V, VI**



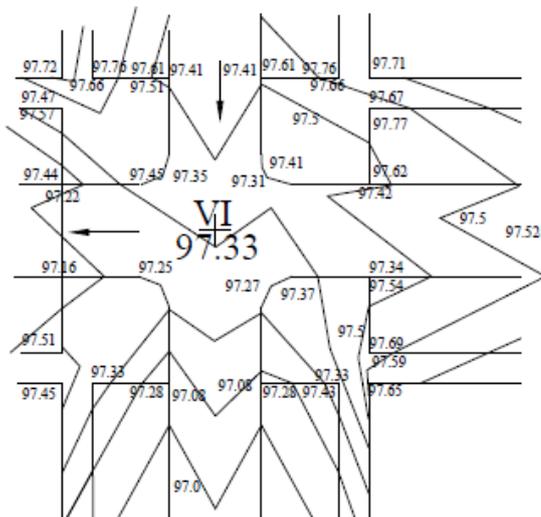
**Схема размещения точек на перекрестке I**



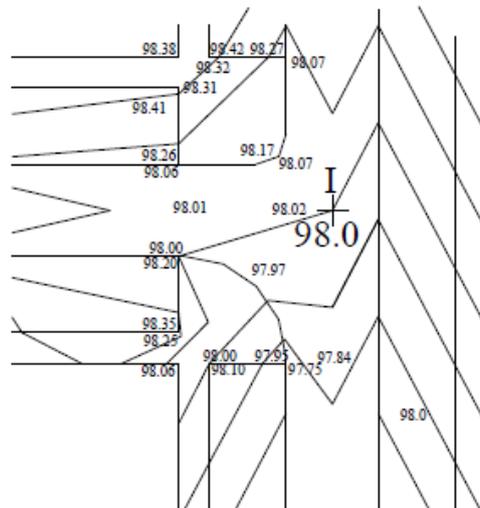
[Вернуться к описанию  
Лабораторной работы №16](#)

## ПРИЛОЖЕНИЕ 14

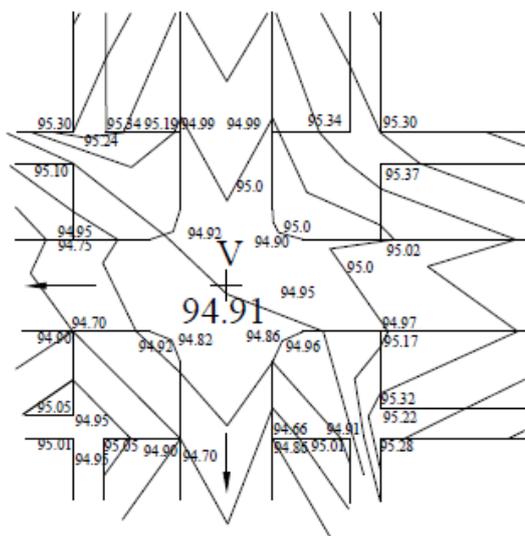
Решение 6-го перекрестка



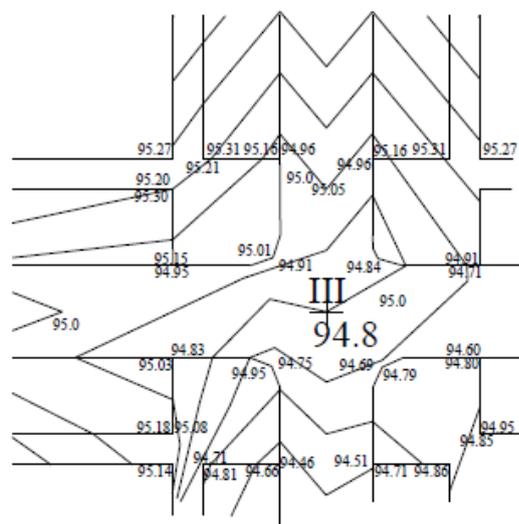
Решение 1-го перекрестка



Решение 5-го перекрестка



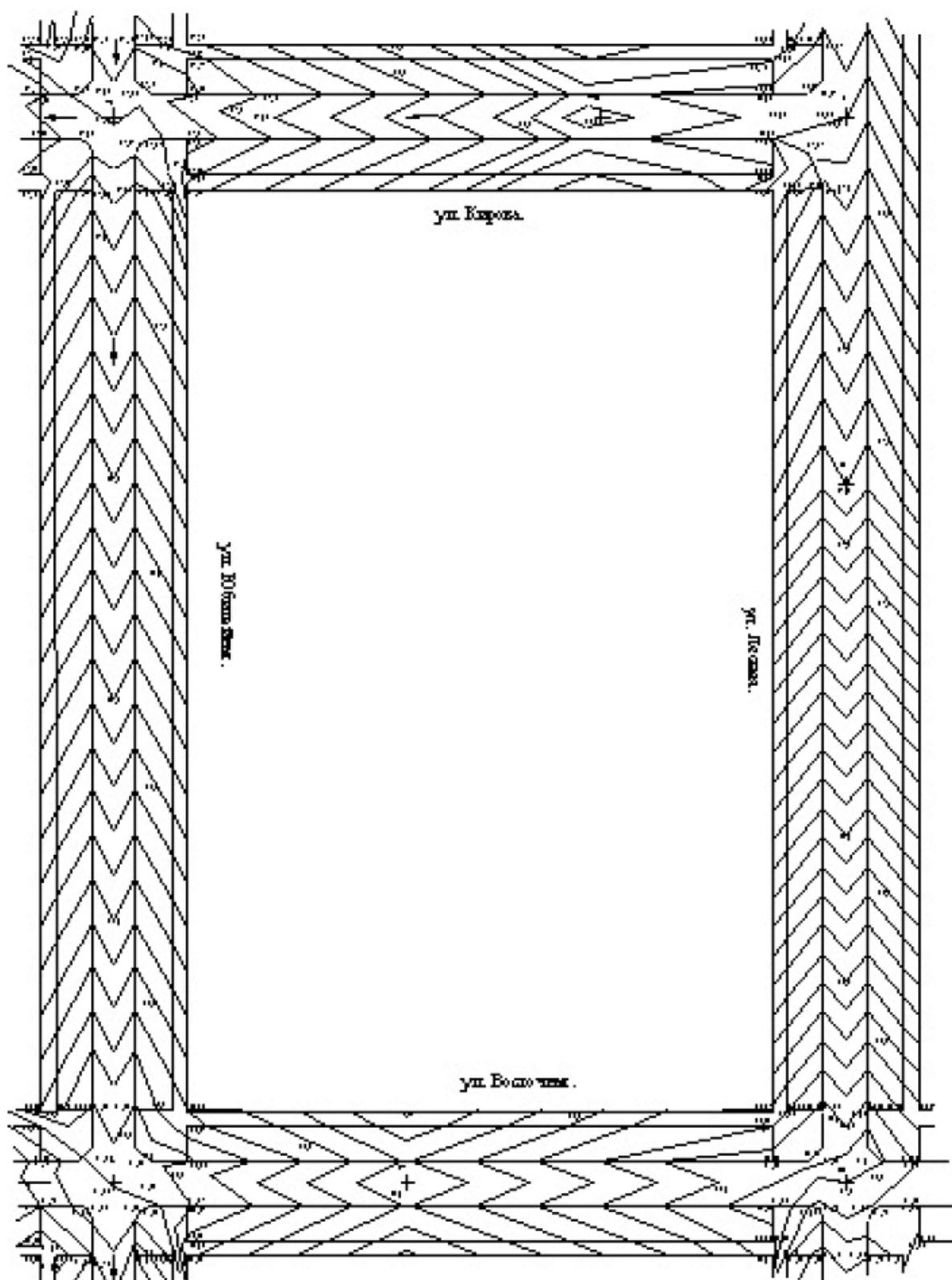
Решение 3-го перекрестка



[Вернуться к описанию  
Лабораторной работы №16](#)

## ПРИЛОЖЕНИЕ 15

## Проект вертикальной планировки части городской территории



[Вернуться к описанию  
Лабораторной работы №16](#)

