

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

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

**Т.И. Хаметов**

**ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ  
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Учебно-методическое пособие  
к лабораторным работам  
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Пенза 2016

УДК 528.48.69 (075.8)  
ББК 38.115 я 73

X18

Рекомендовано Редсоветом университета  
Рецензент – кандидат технических наук, доцент  
кафедры «Землеустройство и геодезия» Е.П. Тюкленкова (ПГУАС)

**Хаметов Т.И.**

X18 Геодезические работы в строительстве: учеб.-метод. пособие к лабораторным работам по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» / Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 72 с.

Содержит основные сведения и последовательность выполнения лабораторных занятий по Геодезическим работам при трассировании линейных сооружений, геодезической подготовки данных и разбивочных работах при перенесении проектных элементов зданий и сооружений на стройплощадку. Приведены примеры результатов геодезических измерений с оценкой их точности, а также методы инструментальных наблюдений за осадкой, креном и сдвигом зданий. Разработано в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования.

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

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2016  
© Хаметов Т.И., 2016

## ВВЕДЕНИЕ

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

Целью изучения дисциплины «Геодезические работы в строительстве» является формирование у студента четкого представления о средствах и методах геодезических работ при проектировании трасс линейных сооружений, геодезического обеспечения перенесения на местность проекта зданий, сооружений, а также разбивочных работах, при строительстве надземной и подземной частей здания, исполнительных съемках и измерении деформаций.

Дисциплина «Геодезические работы в строительстве» изучается студентами во втором семестре на первом курсе. Основной задачей пособия является: доведения до обучающихся в доступной форме излагаемого материала, с целью выполнения лабораторных работ, которые входят в программу дисциплины. Выполнение лабораторных работ позволяет закрепить теоретические знания, полученные на лекционных занятиях, а также при самостоятельном изучении специальной литературы.

Учебно-методическое пособие состоит из восьми разделов:

**В первом и втором разделах** рассматриваются вопросы геодезического обеспечения строительства в период выполнения проектно-изыскательских работ. Здесь закладывается теоретическая база необходимая для выполнения лабораторных работ в последующих разделах.

**Третий раздел** посвящён изучению геодезического обеспечения создания разбивочной основы и расчета разбивочных элементов при перенесении на местность проекта зданий и сооружений, а также порядка обработки результатов линейных и угловых измерений.

**С четвертого по седьмой разделы** включают содержание геодезических работ при строительстве подземной и надземной частей зданий, выполнении планово-высотных исполнительных съемок и инструментальные наблюдения за деформациями зданий, сооружений.

В конце каждого раздела приведены контрольные вопросы для самопроверки знаний, отвечая на которые студенты могут самостоятельно проверять уровень формирования компетенций по разделам.

Студенты, изучившие курс «Геодезические работы в строительстве» должны:

**знать:**

- общие сведения о трассе, трассировании линейных сооружений, проектировании, построении продольного и поперечного профилей трассы;
- методы подготовки и геодезического обеспечения перенесения на местность проекта здания и сооружения;
- способы и точность разбивочных работ при перенесении на строительную площадку осей здания, сооружения;
- методы проведения и обработки результатов геодезических измерений на строительной площадке, оценку их точности;
- содержание геодезических работ и расчета разбивочных элементов при строительстве зданий и сооружений, исполнительных съемках и инструментальном наблюдении за деформациями.

**уметь:**

- выполнять камеральное и полевое трассирование линейных сооружений, проектирование и построение продольного и поперечного профилей трассы;
- выполнять геодезическую подготовку данных для перенесения на местность проекта здания и сооружения;
- выполнять и оценивать точность разбивочных работ при перенесении на местность осей здания, сооружения;
- выполнять геодезические измерения и камеральную обработку результатов, оформление при решении инженерно-геодезических задач на строительной площадке, исполнительных съемках и инструментальном наблюдении за деформациями зданий, сооружений.

**владеть:**

- знаниями по трассированию линейных сооружений, проектированию и построению продольного и поперечного профилей трассы;
- методами подготовки геодезических данных для перенесения на местность элементов проекта здания и сооружения;
- методами и способами расчета разбивочных элементов при перенесении на местность проектных точек осей здания, сооружения;
- методами производства геодезических измерений и обработки их результатов при решении инженерных задач, а также оценки их точности;
- способами геодезических работ при выполнении исполнительных планово-высотных съемок и инструментальном наблюдении за деформациями зданий, сооружений.

# 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ТРАССЫ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

## Лабораторная работа 1.

Камеральное трассирование. Полевое трассирование.  
Обработка результатов нивелирования пикетов трассы

**Задание 1.** Выполнить камеральное трассирование на картах масштабов 1 : 50000; 1 : 25000; 1 : 10000.

**Цель задания** – ознакомление с содержанием работ при камеральном и полевом трассировании, камеральной обработкой результатов нивелирования пикетов трассы автодороги.

**Пособия и принадлежности:** учебные карты указанных масштабов; измеритель; линейка; калькулятор; карандаш; рабочая тетрадь.

Камеральное трассирование выполняют на топографических картах и планах, масштаб которых зависит от стадии проектирования.

Общее направление трассы определяют на картах масштабов 1:100000 – 1:500000, соединяя прямыми линиями опорные пункты: начальный и конечный, а также указанные в техническом задании промежуточные пункты. Эти прямые создают так называемую воздушную линию, являющуюся наиболее короткой. Далее на картах масштабов 1:25000 – 1:50000 намечают фиксированные точки (станции железных дорог, населенные пункты, промышленные предприятия, переходы через крупные реки, озера, болота, высотные пики и т.д.), определяющие положение трассы при обходе или пересечении контурных или высотных препятствий. Обязательному обходу подлежат крупные населенные пункты, промышленные предприятия, аэродромы, железнодорожные станции, морские и речные порты, месторождения, ценные лесонасаждения, заповедник и т.д.

Группируя опорные пункты и фиксированные точки в наиболее целесообразных комбинациях и придерживаясь воздушной линии, соединяют их прямыми и получают варианты направлений трассы. Принципиальное направление определяют по одному или нескольким критериям оптимальности, чаще всего по минимуму затрат на строительство и эксплуатацию.

Дальнейшее уточнение положения трассы производят по различным вариантам в полосе варьирования на картах более крупного масштаба. В зависимости от характера местности камеральное трассирование выполняют способом попыток или построением линии заданного уклона, руководствуясь заданным уклоном трассирования ( $i_{тр}$ ), путем проложения ли-

нии предельно-допустимого уклона или хода раствором циркуля, равным заложению ( $d$ ):

$$d = \frac{h}{i_{\text{тр}}} \cdot \frac{1}{M},$$

где  $h$  – высота сечения рельефа.

Например, при  $h = 5$  м;  $1:M = 1:25\ 000$ ,  $i_{\text{тр}} = 0,020$  получим  $d = \frac{5000}{0,020} \cdot \frac{1}{25000} = 10$  мм. По величине заложения  $d$  при трассировании

можно легко выделить участки вольного и напряженного ходов.

Трассирование начинают с участков напряженных ходов. Из начальной точки А по направлению трассы раствором циркуля ( $d$ ) засекают соседнюю горизонталь в точке 1, из точки 1 засекают так же точку 2 (рис.1). Возможны несколько вариантов таких трасс.

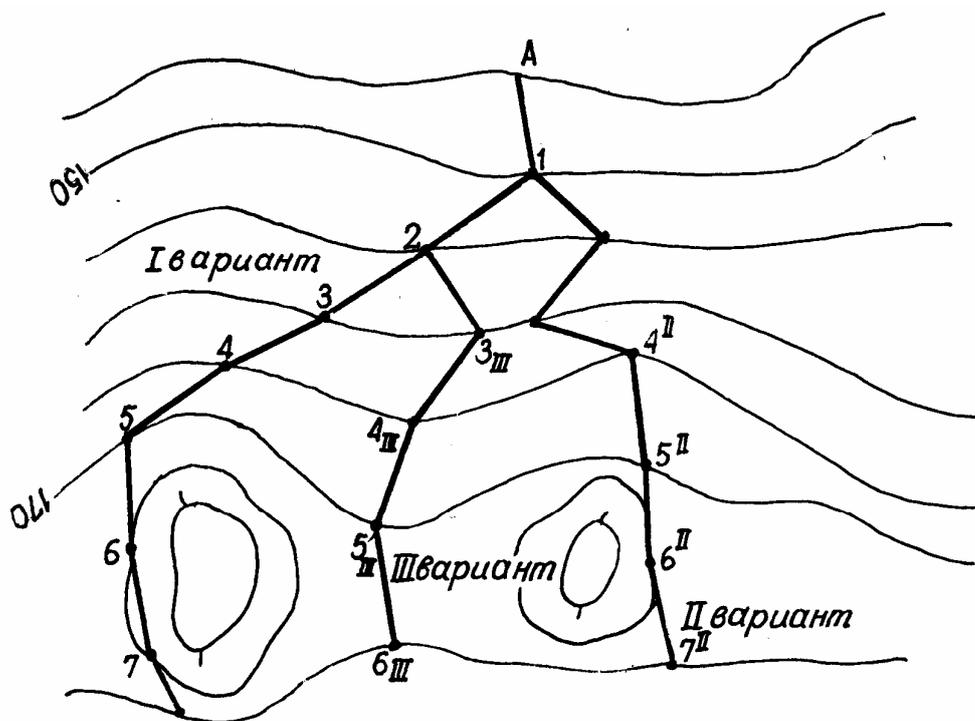


Рис.1. Схема построения линии нулевых работ

При пересечении рек, ручьев, оврагов сразу переходят на другую сторону, перпендикулярную к препятствию, засекая одноименную горизонталь. Точки 1, 2, 3... образуют линию нулевых земляных работ. Эту линию спрямляют, измеряют транспортиром углы поворота, назначают радиусы круговых кривых, вписывают кривые и разбивают пикетаж. Спрявление ведет к отступлению трассы от линии нулевых работ. После составления продольного профиля и проектирования по нему трассы,

согласно техническим нормам, в местах с большим объемом земляных работ производят корректировку положения трассы. На основе анализа вариантов выбирают наилучший (оптимальный) вариант.

### Задание для упражнений

По заданным преподавателем точкам начала и конца трассы, предельно допустимому уклону трассирования провести линию нулевых земляных работ.

Наметить положение угла поворота, выполнить спрямление линии нулевых работ.

Выполнить трассирование двух вариантов с выбором оптимального.

### Контрольные вопросы

1. Что такое трасса и трассирование ?
2. Как определить участки вольного и напряженного ходов трассы?
3. Как строят на карте линию предельно-допустимого уклона трассы ?
4. По каким критериям оптимальности из нескольких вариантов выбирают наилучший?
5. Какие характерные точки трассы определяют ее положение в плане? Как определяют их положение при полевом трассировании ?
6. Как выполняют разбивку пикетажа при полевом трассировании ?
7. Для каких целей разбивают поперечники по трассе ?

**Задание 2.** Ознакомление с содержанием работ при полевом трассировании.

**Принадлежности:** микрокалькулятор, топографический план, карандаш, рабочая тетрадь.

Геодезические работы при полевом трассировании линейных сооружений выполняются для определения планового и высотного положения оси сооружения по результатам камерального трассирования на топографическом плане наносят ось проектного сооружения, отвечающую техническим и экономическим требованиям. Трассу выносят на местность от точек геодезической сети или по данным привязки к местным предметам.

Затем по всей длине трассы производят разбивку пикетажа. Она состоит в том, что вдоль трассы последовательно откладывают отрезки по 100 м (на застроенной территории длиной 20-40 м). Концы отрезков, закрепленные кольями, называют пикетами, начало трассы обозначают нулевым пикетом (ПК0). Кроме пикетов, по трассе закрепляют рельефные точки (перегибы скатов), контурные (пересекаемые трассой контуры) и вершины углов поворота; эти точки обозначают плюсовыми, расстояние измеряют в метрах от младшего пикета (например, ПК1+30). Для

характеристики поперечных уклонов местности в обе стороны от трассы разбивают поперечники. Точки поперечников закрепляют кольями, на которых пишут номер поперечника с указанием направления (вправо – П или влево – Л) и расстояние расположения данной точки (например ‘Попер. №1 + Л – 20’) от трассы.

Одновременно с разбивкой пикетажа ведется съемка полосы местности, прилегающей к трассе. Результаты съемки заносят в пикетажный журнал, в котором трассу изображают прямой линией, а углы поворота обозначают стрелками. В пикетажный журнал (рис.2) выписывают номера и данные привязок реперов, поперечников, элементы, расчет главных точек круговых, а также информацию о грунтах по трассе.

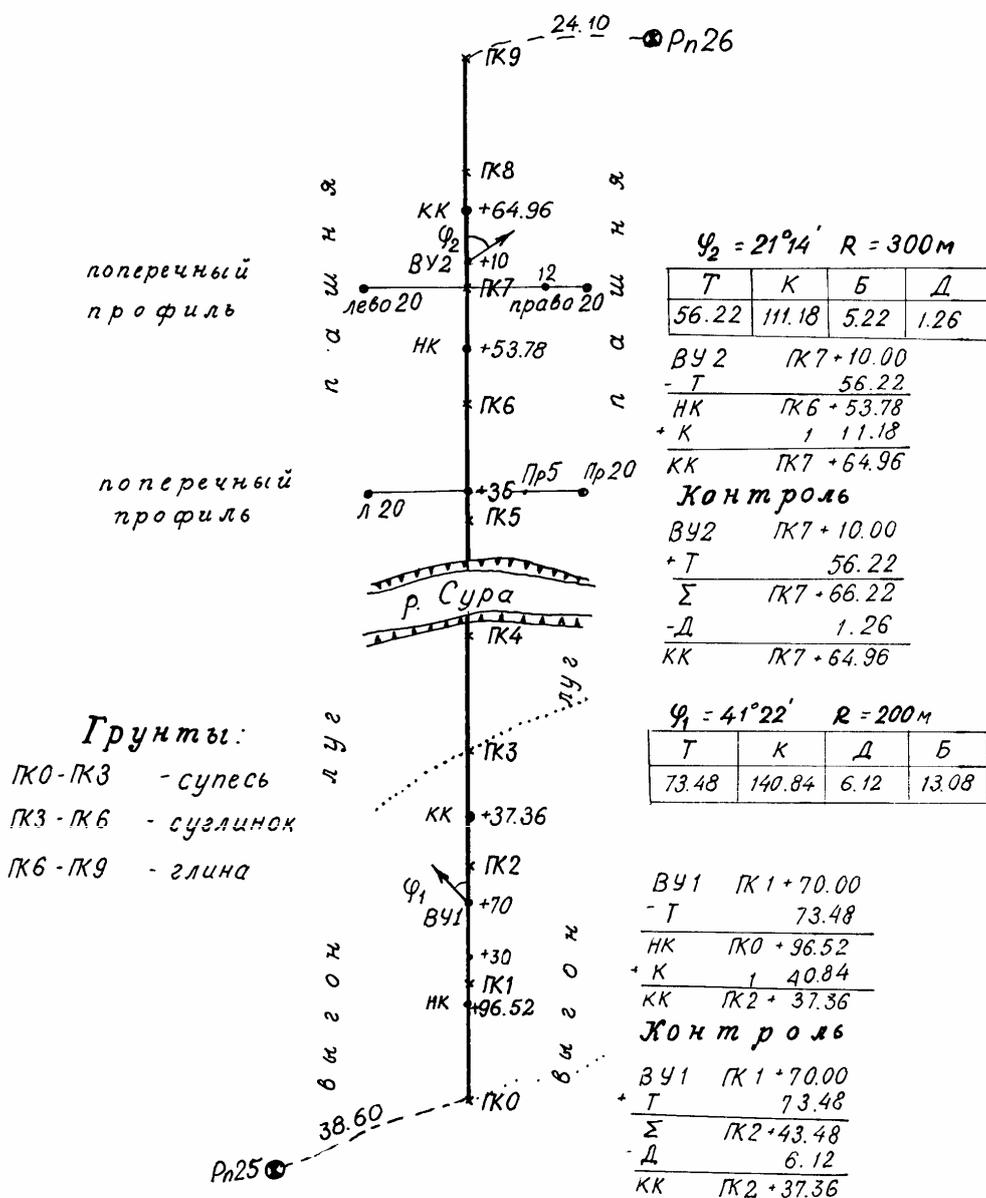


Рис.2. Пикетажный журнал

**Задание 3.** Обработка журнала нивелирования пикетов трассы автодороги. Вычисление превышений отметок связующих и промежуточных точек трассы.

**Принадлежности:** журнал технического нивелирования трассы автодороги, микрокалькулятор.

Заключительным этапом геодезических работ на трассе линейного сооружения является геометрическое нивелирование пикетов, плюсовых точек, точек поперечных профилей и главных точек кривых. Нивелирование трассы выполняют по программе нивелирования IV класса или технического нивелирования в прямом и обратном направлениях, или с использованием двух нивелиров. Нивелирование по ходу обычно ведут методом из середины, устанавливая равенство плеч «на глаз». Пикеты, как правило, нивелируют как связующие точки, а плюсовые точки и поперечники – как промежуточные. Отметки связующих точек вычисляют через превышения, а отметки промежуточных – через горизонт прибора.

Результаты нивелирования трассы приведены в табл. 1. Обработку результатов нивелирования выполняют в следующей последовательности:

1. Вычисляют превышения между связующими точками как разность отсчетов по нивелирным рейкам по черной и красной сторонам:

$$h_{\text{ч}} = Z_{\text{ч}} - П_{\text{ч}};$$

$$h_{\text{кр}} = Z_{\text{кр}} - П_{\text{кр}},$$

где  $Z_{\text{ч}}$  и  $Z_{\text{кр}}$  – отсчеты по черной и красной сторонам задней рейки, мм;

$П_{\text{ч}}$  и  $П_{\text{кр}}$  – отсчеты по черной и красной сторонам передней рейки, мм.

Контроль правильности взятия отсчетов выполняют по постоянству разницы нулей  $P_0 = K - Ч$  с допустимым колебанием 5 мм.

Затем вычисляют среднее превышение на станции:

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_{\text{ч}} + h_{\text{кр}}}{2}.$$

Вычисленные превышения записывают в гр. 6 ( $h_{\text{ч}}$  и  $h_{\text{к}}$ ) и гр.7 ( $h_{\text{ср}}$ ) (табл.1).

Выполняют постраничный контроль. Для этого на каждой странице и по всему ходу суммируют все задние отсчеты  $\Sigma Z = 39147$  мм (гр. 3), все передние  $\Sigma П = 47921$  мм (гр. 4), все превышения ( $h_{\text{ч}}$ ,  $h_{\text{к}}$ ),  $\Sigma h_{\text{ч}}$ ,  $h_{\text{к}} = -8774$  мм (гр.6) и средние  $\Sigma h_{\text{ср}} = -4387$  мм (гр. 7). При этом должно соблюдаться условие:

$$\Sigma Z - \Sigma П = \Sigma h_{\text{ч}}, h_{\text{к}} : 2 = \Sigma h_{\text{ср}};$$

$$39\ 147 - 47\ 921 = -8\ 774 : 2 = -4\ 387;$$

$$-8\ 774 - 4\ 387.$$

3. Оценивают точность выполненного нивелирования, сравнивая полученную невязку в превышениях с ее допустимым значением. Для этого вычисляют невязку в превышениях:

$$f_h = \sum h_{\text{ср}} - \sum h_{\text{T}},$$

где  $\sum h_{\text{ср}}$  – сумма средних превышений по всему нивелирному ходу;

$\sum h_{\text{T}}$  – превышения между отметками реперов, к которым осуществлялась высотная привязка начала и конца трассы ( $\sum h_{\text{T}} = H_{\text{Rn26}} - H_{\text{Rn25}}$ ).

Допустимое значение невязки вычисляют по формуле

$$f_{h\text{доп}} = \pm 50\sqrt{L}, \text{ мм,}$$

где  $L$  – длина хода, км.

4. Если полученная невязка допустима, т.е.  $f_h \leq f_{h\text{доп}}$ , то результаты нивелирования принимают удовлетворительными и выполняют увязку или уравнивание нивелирного хода. Для этого полученную невязку разбрасывают на все средние превышения поровну в виде поправок с обратным знаком  $\delta_h = \frac{-f_h}{n}$  и исправляют средние превышения с учетом поправок:

$$h_{\text{испр}} = h_{\text{ср}} + \delta h.$$

Поправки выписывают над средними превышениями (гр. 7).

5. Отметки связующих точек по трассе вычисляют через исправленные средние превышения:

$$H_{\text{посл}} = H_{\text{пред}} + h_{\text{испр}}. \quad (1)$$

Например:

$$H_{\text{ПК0}} = H_{\text{Rn25}} + h_{\text{испр1}} = 78,390 + 0,642 = 79,032 \text{ м;}$$

$$H_{\text{ПК1}} = H_{\text{ГКО}} + h_{\text{испр2}} = 79,032 - 1,438 = 77,594 \text{ м.}$$

6. Отметки промежуточных точек вычисляют через горизонт прибора (ГП):

$$H_{\text{пром}} = \text{ГП}_{\text{ср}} - a_{\text{пром}}, \quad (2)$$

где  $a_{\text{пром}}$  – отсчет по рейке, установленной на промежуточной точке.

Например, при нивелировании на станции 3 (рис.3) определяют отметки ПК1+30 и ПК1+70.

$$\text{ГП1} = H_{\text{ПК1}} + 1,882 = 76,594 + 1,882 = 78,476 \text{ м;}$$

$$\text{ГП2} = H_{\text{ПК2}} + 1,151 = 77,328 + 1,151 = 78,479 \text{ м;}$$

$$\text{ГП}_{\text{ср}} = 78,478 \text{ м;}$$

$$H_{\text{ПК1+30}} = 78,478 - 0,664 = 77,814 \text{ м;}$$

$$H_{\text{ПК1+70}} = 78,478 - 2,808 = 75,670 \text{ м.}$$

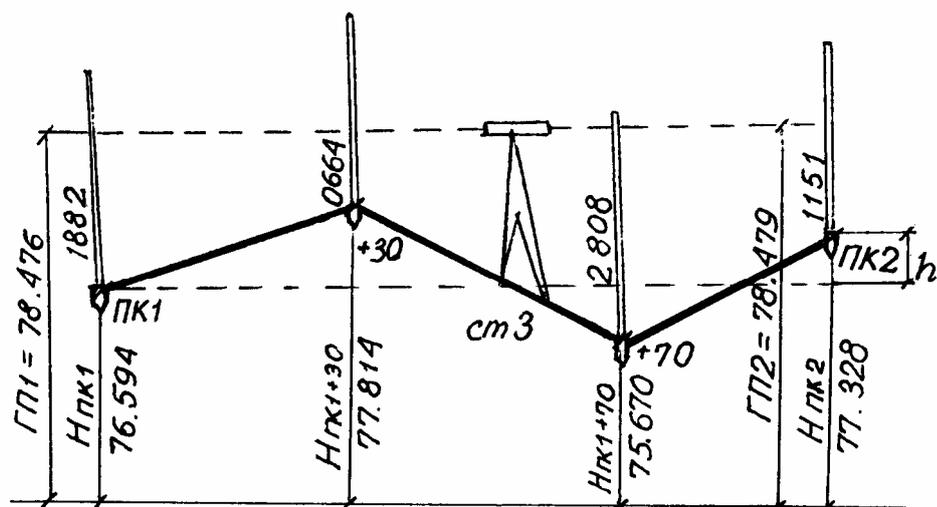


Рис.3. Схема нивелирования на станции 3

Т а б л и ц а 1  
Журнал технического нивелирования трассы автодороги

Номер станции	Номер точки наблюдения	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм		Горизонт прибора ГП, м	Отетки земли по оси дороги Н, м
		задней Зч, Зк	передней Пч, Пк	промежуточной	вычисленные hч, hк	средние hср		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	R <sub>н</sub> 25 (3)	1460	0818		+0642	+2	78,476	78,390
	ПК0 (П)	$\frac{6244}{4784}$	$\frac{5606}{4780}$		+0638	+0640		79,032
2	ПК0	0234	1673		-1439	+2	79,266	79,032
	ПК1	$\frac{5016}{4782}$	$\frac{6457}{4784}$		-1441	-1440	79,267	77,594
	ПК0+96,52			1376				77,890
3	ПК1	1882	1151		+0731	+2	78,479	77,594
	ПК2	$\frac{6666}{4784}$	$\frac{5937}{4784}$		+0733	+0732		78,328
	ПК1+30 +70			0664 2808				78,812 76,668
4	ПК2	0311	1892		-1581	+2	77,806	78,328
	ПК3	$\frac{5094}{4783}$	$\frac{6617}{4785}$		-1583	-1582		76,748
	ПК2+37,36			0833				77,806
5	ПК3	0527	2343		-1816	+2	77,806	76,748
	x	$\frac{5311}{4784}$	$\frac{7123}{4780}$		-1812	-1814		74,936

## Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	х	0807	1730		-0923	+2	75,743	74,936
		<u>5595</u>	<u>6520</u>			-0924		
	ПК4 +10	4788	4790	1998	-0925		75,744	74,014
	урез воды + 40			1997				73,746
Постраничный контроль		∑3 39147	∑П 47921 -8774		∑h <sub>ч</sub> , h <sub>к</sub> -8774	-4387		
7	ПК4	2012	1223		+0789	+2		73,015
	ПК5	<u>6694</u> 4782	<u>6007</u> 4784		+0787	+0788		73,805
8	ПК5	1830	0710		+1120	+2	75,635	73,805
	ПК6	<u>6616</u>	<u>5500</u>		+1116	+1118		74,925
	ПК5+36 лево 20 право 20	4786	4790	1200 2265 0255				74,435 73,370 75380
9	ПК6	2873	0491		+2382	+2		74,925
	ПК7	<u>7660</u> 4787	<u>5278</u> 4787		+2382	+2382		77,309
10	ПК7	1043	2656		-1613	+2		77,309
	ПК8	<u>5829</u>	<u>7440</u>		-1611	-1612		75,699
	ПК7	4786	4784					75,804
	лево 20 право 12 право 20			2550 2802 2333				75,552 76,021
11	ПК8	2375	0623		+1752	+2		75,699
	ПК9 ПК8+80	<u>7162</u> 4787	<u>5406</u> 4783		+1756	+1754		77,455
12	ПК9	2917	0585		+2332	+2		77,455
	R <sub>n</sub> 26	<u>7705</u> 4788	<u>5371</u> 4786		+2334	+2333		79,790
Постраничный контроль		∑3 54716	∑П 43190 +11526		∑h <sub>ч</sub> , h <sub>к</sub> +11526 5763	∑h <sub>ср</sub> 5763		
Контроль по ходу		93863	91111 2752		2752 1376	1376		

$$\sum h_{cp} = 1376 \text{ мм};$$

$$\sum h_t = H_{Rn26} - H_{R25} = 79,790 - 78,390 = 1,400 \text{ м};$$

$$f_h = \sum h_{cp} - \sum h_t = 1376 - 1400 = -24 \text{ мм};$$

$$f_{hдоп} = \pm 50 \sqrt{h} = \pm 47.$$

### Задание для упражнений

По результатам нивелирования (см. табл.1) и заданным преподавателем отметкам начального и конечного реперов выполнить оценку точности нивелирования и увязку нивелирного хода.

Вычислить отметки связующих точек через исправленные превышения.

Вычислить отметки промежуточных точек через горизонт прибора.

### Контрольные вопросы

1. Как выполняют нивелирование по трассе?
2. Какие точки называют связующими, плюсовыми, иксовыми?
3. Как вычисляют превышение при нивелировании?
4. Как выполняют постраничный контроль?
5. Как оценивают точность результатов нивелирования?
6. Как увязывают нивелирный ход?
7. Как вычисляют отметки связующих точек?
8. Как вычисляют отметки промежуточных точек?

### Лабораторная работа 2.

#### Построение продольного и поперечного профилей местности по направлению трассы автодороги, канализационного трубопровода, газопровода

**Цель занятия** – освоить методику построения продольного и поперечного профилей местности по направлению трассы сооружения. Освоить порядок расчета и оформления профильной сетки и профилей местности.

#### 2.1. Построение продольного и поперечного профилей автодороги

##### **Задание:**

1. построить продольный профиль местности по направлению трассы;
2. построить поперечный профиль местности по направлению трассы;
3. рассчитать и оформить профильную сетку и профилей трассы.

**Пособия и принадлежности:** микрокалькулятор, лист миллиметровой бумаги размером 45×80 см, чертежные принадлежности.

*Построение профиля местности.* Исходным графическим документом для проектирования автодорог является продольный профиль местности по выбранному направлению (рис.4). Профиль строится на миллиметровой бумаге по материалам нивелирования трассы. Все необходимые для составления профиля данные заносят в графы, расположенные в нижней части и образующие сетку профиля. Вид этой сетки зависит от характера проектируемого сооружения.

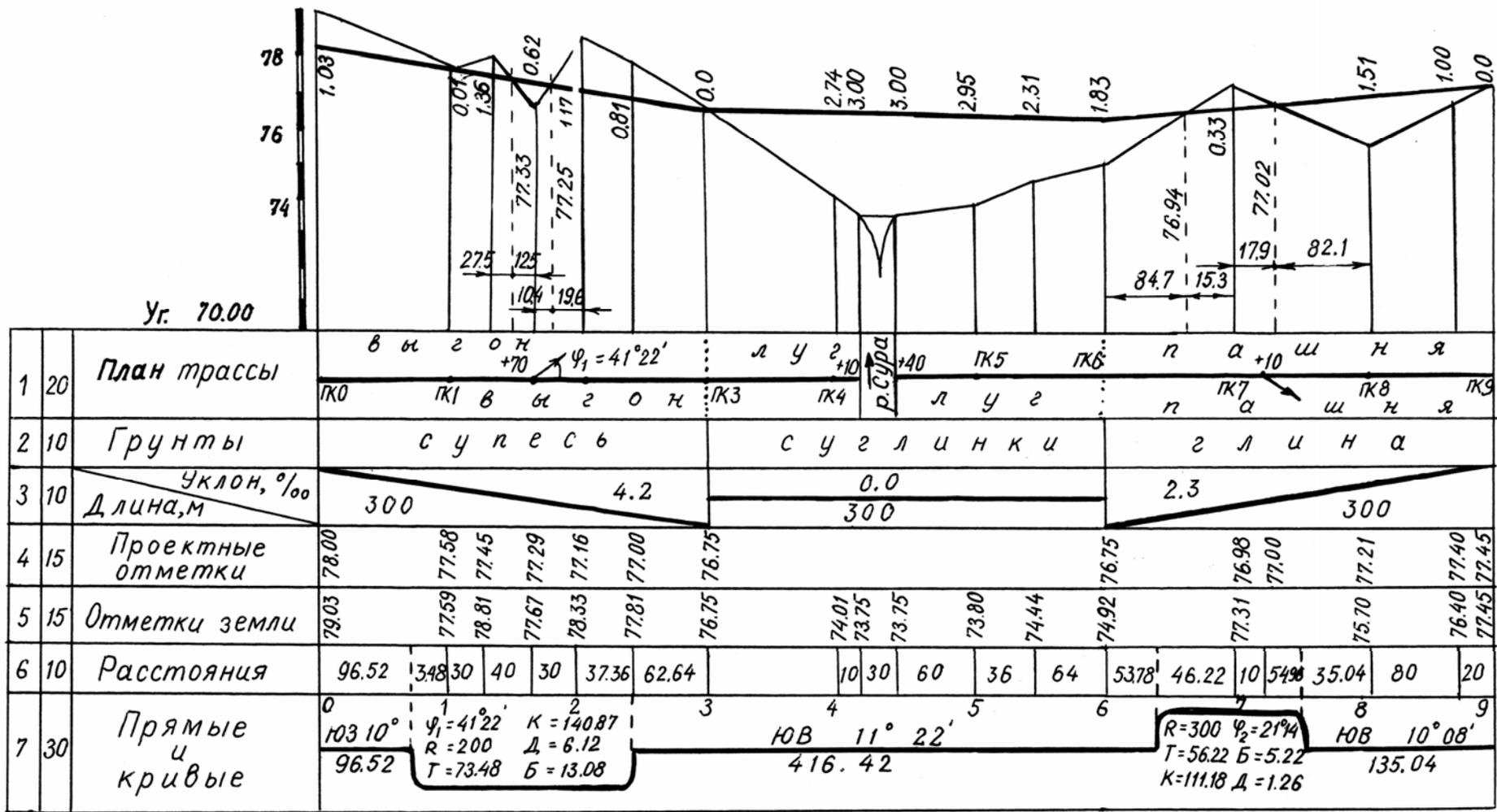


Рис.4. Продольный профиль трассы автодороги

На листе миллиметровой бумаги вычерчивают сетку профиля в соответствии с образцом (см. рис. 4), ширина каждой графы указана в мм. Линия условного горизонта (УГ) проводится на расстоянии 15 см от нижнего края листа с таким расчетом, чтобы она совпала с утолщенной линией миллиметровой бумаги. Начало трассы (ПКО) также выбирают на утолщенной линии на расстоянии 5-6 см от левого края листа.

От линии условного горизонта на расстоянии 5 мм влево от нулевого пикета восставляют вверх перпендикуляр, на котором строят шкалу высот. Условный горизонт (отметку верхней линии сетки профиля) выбирают кратным 2 м с таким расчетом, чтобы самая низкая точка профиля отстояла от линии условного горизонта не менее чем на 4 см (8 м в масштабе 1:200). На рис. 4 отметка такой точки равна 73,75, тогда  $УГ = 73,75 - 8 = 66$  м.

Пользуясь данными графы 2 табл.1, заполняют графу «Горизонтальные расстояния»; так как расстояние между соседними пикетами равно 100 м, то пикеты располагаются через 5 см друг от друга. Чтобы построить плюсовую точку +36, находящуюся между пятым и шестым пикетами, откладывают вправо от пятого пикета это расстояние в масштабе 1:2000 ( $36 \text{ м} : 2 = 18 \text{ мм}$ ). Проведя через эту точку ординату, в графе 6 записывают в двух образовавшихся прямоугольниках числа 36 и 64, дающие в сумме 100 м – расстояние между пикетами. Если между соседними пикетами имеется несколько плюсовых точек, расстояние выписывают между каждыми двумя соседними точками (например, в интервале ГК4-ГК5 записано три расстояния: 10, 30 и 60).

Взятые из табл. 1 отметки всех точек профиля определяют до сантиметров и вписывают в графу 5 рис.4 «Отметки земли». От линии условного горизонта против каждой точки трассы восставляют перпендикуляры (ординаты) и, пользуясь шкалой высот, откладывают на них в масштабе 1:200 соответствующие отметки земли. Концы смежных ординат соединяют прямыми линиями.

Пользуясь данными пикетажного журнала (см. рис. 2), заполняют графы «Развернутый план трассы» и «Грунты».

По вычисленным пикетным обозначениям начала и конца кривой строят эти точки в гр.7 «Прямые и кривые». Так, например, чтобы построить первую кривую, от пикета 0 откладывают вдоль линии пикетов отрезок 96,52 м в масштабе 1 : 2000 (48 мм) и из его конца опускают перпендикуляр длиной 1,5 см. Такой же перпендикуляр строят из точки, отстоящей на расстоянии 37,36 м от пикета 2. На перпендикулярах записывают расстояния между главными точками кривой и ближайшими пикетами, расположенными за ее пределами (3,48 и 62,64); концы перпендикуляров соединяют горизонтальными линиями соответственно с началом трассы и началом второй кривой.

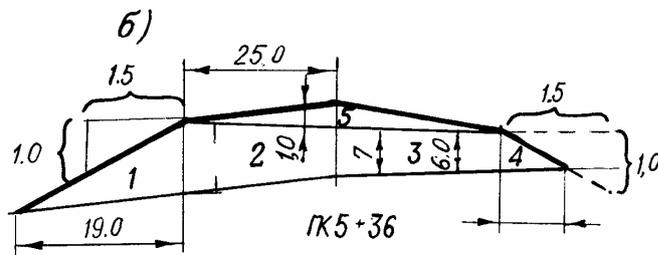
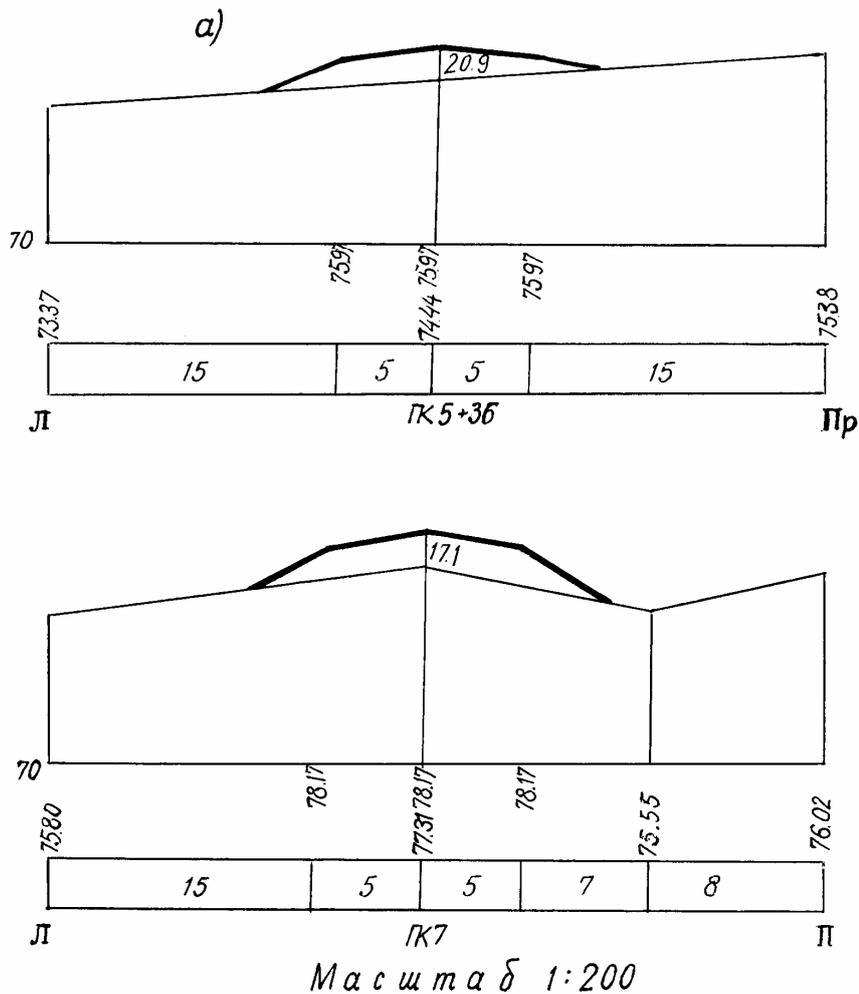


Рис. 5. Поперечный профиль автодороги (а)  
и схема для вычисления площади поперечного сечения насыпи (б)

Над серединами этих линий, называемых прямыми вставками, выписывают их длины. Например, длина второй прямой вставки в нашем примере равна  $62,64 + 300,00 + 53,78 = 416,42$  м. Сами кривые изображают условными знаками шириной 5 мм, при правых углах поворота кривая обращена выпуклостью вверх, при левых – вниз; внутри кривых выписывают их элементы.

Для контроля вычислений графы «Кривые» складывают длины прямых вставок и кривых; их сумма должна равняться общей длине трассы с точностью до 1-2 см.

7. Задавшись исходным дирекционным углом первой прямой вставки, находят дирекционные углы остальных по формулам:

$$\alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пред}} + \varphi_{\text{прав}}$$

и

$$\alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пред}} - \varphi_{\text{лев}}$$

где  $\alpha_{\text{посл}}$  и  $\alpha_{\text{пред}}$  – дирекционные углы предыдущей и последующей прямых вставок;

$\varphi_{\text{прав}}$  и  $\varphi_{\text{лев}}$  – правый и левый углы поворота трассы.

8. Поперечные профили (рис.5,а) строят в одном масштабе для горизонтальных и вертикальных расстояний. Такой неискаженный чертеж удобен для определения площадей, проектируемых на поперечных профилях насыпей и выемок. Число и содержание граф сетки поперечного профиля ГОСТом не регламентируется. На рис. 5,б приведена схема для вычисления площади поперечного сечения насыпи.

### Задание для упражнений

По данным нивелирного (см. табл.1) и пикетажного (см. рис.2) журналов построить продольный профиль подъездной автодороги промышленного предприятия в масштабах 1 : 200 (вертикально).

Построить поперечный профиль в масштабе 1 : 200.

### Контрольные вопросы

1. Что такое продольный профиль трассы?
2. Как выбирают масштабы для его построения?
3. Как строят продольный профиль?
4. Для чего строят поперечный профиль?

### 2.2. Построение продольного и поперечного профилей самотечного канализационного трубопровода

**Пособия и принадлежности:** микрокалькулятор, лист миллиметровой бумаги размером 60×40 см, чертежные принадлежности.

Положение трассы самотечного канализационного трубопровода, как и любого линейного сооружения, должно удовлетворять определенным техническим требованиям, обеспечивающим нормальные условия его эксплуатации.

К таким требованиям, в частности, относятся минимальная глубина заложения (заглубления) трассы, минимальные уклоны труб, расстояния между смотровыми колодцами (табл.2).

Т а б л и ц а 2

Технические требования, предъявляемые к трассе  
канализационного трубопровода

Диаметр труб, м	Уклоны, %	Минимальные заглубления, м	Расстояние между смотровыми колодцами, м
150	7	1,5	35
200 – 450	5	1,5	50
500 – 600	5	1,5	75
700 – 900	5	1,5	100
1000 – 1400	0,5	1,5	150

Кроме этого, между осью трубопровода и близлежащими зданиями, сооружениями и подземными сетями должно быть строго выдержано нормативное вертикальное расстояние (табл.3).

Т а б л и ц а 3

Требования, предъявляемые к положению трасс трубопроводов

Сооружения и подземные сети	Минимальное вертикальное расстояние до трасс, м	
	канализации	газопровода
Железные дороги	1	1
Автодороги	1	1
Водопровод	0,4	0,15
Канализация	0,5	0,15
Газопровод	0,15	0,15
Теплосеть	0,2	0,2
Кабели силовые	0,5	0,5

Исходными данными для построения профиля трассы трубопровода являются отметки земли и отметки пересекаемых трассой подземных коммуникаций (табл.4).

Т а б л и ц а 4

Исходные данные для построения профиля трассы трубопровода

Номер точек	Отметки, м		Примечания
	земли	подземных коммуникаций пересекаемых трассой	
1	2	3	4
ПК 2+36	72,21		
+56	72,62		
+69	72,34		
+81	72,40		
+86	72,44		
+94	72,50	71,09	Водопровод . 200 мм

## Окончание табл. 4

1	2	3	4
ПК3	72,74		
+5	76,99		
+19	72,77		
+26	72,36		
+36	73,01		Угол поворота левый 38°42'
+46,5	71,21	70,08	Теплопровод
+58	70,56		
+76	70,88		
+81	70,27		
+86	70,01		
ПК4	70,18		
+14	69,80		Буровая скважина №11 уровень грунтовых вод 67,10 м на 15. 04.2000 г.
+26	69,59		
+36	69,87		
Поперечный профиль 1			
ПК2+56	72,62		
Л+5	73,01		
ПР+5	72,19		
ПК2+69	72,34		
Л+5	72,98		
ПР+5	73,39		

Построения профиля выполняют в следующем порядке:

На лист миллиметровой бумаги размером 60×40 см наносят сетку профиля согласно рис.6.

Принять горизонтальный и вертикальный масштабы продольного профиля соответственно равными 1:1000 и 1:100 заполняют графы 2, 6 и 7 сетки профиля и откладывают от условного горизонта на соответствующих ординатах все отметки, взятые из табл.4. Пересекаемые трассой подземные коммуникации изображают соответствующими условными знаками.

В графе 8 показывают ось трубопровода и смотровые колодцы 15, 16, 17, 18, 19 на расстоянии 50 м друг от друга.

На участке ПК2 + 36 = ПК3 + 36, начиная от колодца 15 с проектной отметкой лотка 70,62 м проектируют ось трубопровода с минимальным уклоном – 0,005. Такой уклон избавляет от необходимости устройств глубоких колодцев и одновременно обеспечивает нормированное вертикальное расстояние (более 0,4 м) между проектируемой трассой и пересекающим ее водопроводом. Проектные отметки лотка трубопровода вычисляют по формуле 67, например,  $H_{K16} = 70,62 + 50 \cdot (-0,005) = 70,37$  м.

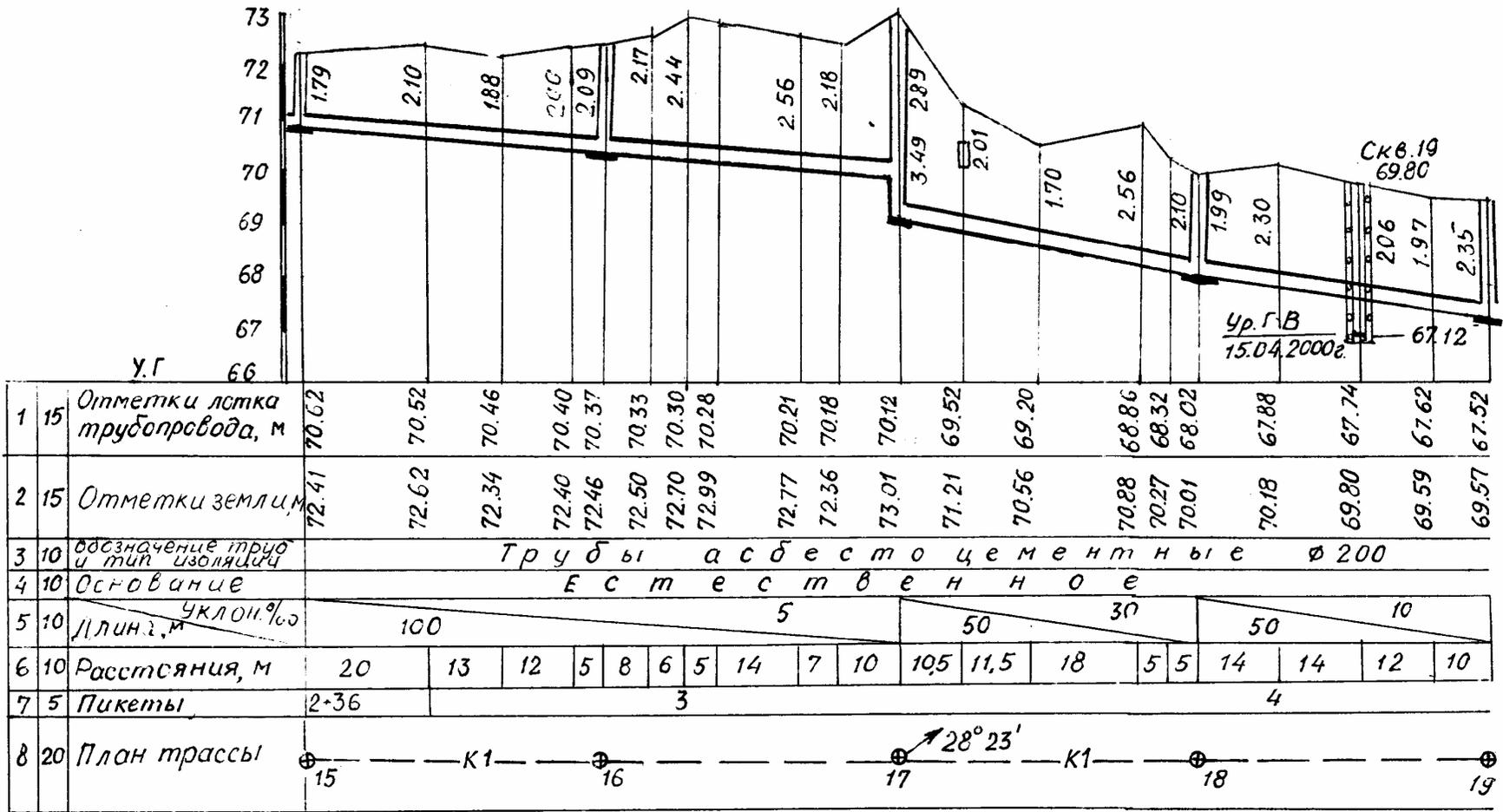


Рис.6. Продольный профиль трассы самотечного канализационного трубопровода

Вычисляют рабочие отметки и выписывают их над профилем.

На ПКЗ + 36 м проектируют перепадный колодец № 17 (смотровой колодец с разностью отметок входящего и выходящего лотков не менее 0,5 м) с отметкой выходящего лотка 70,12 м и с уклоном следующего участка трубопровода, равным 0,030. Такое проектное решение обеспечит нормативное минимальное заглубление трубопровода (1,5 м) с учетом его прохождения под теплопроводом (ПКЗ + 44,5 м, отметка 69,52).

От новой исходной отметки 70,12 м по формуле (5) вычисляют и выписывают в гр.1 (рис.6) проектные отметки лотка трубопровода до колодца № 18. Аналогичные расчеты выполняют для последнего участка в 50 м с проектным уклоном 0,010.

По данным табл. 4 строят поперечные профили в масштабе 1:50 и проектируют на них сечения траншеи шириной по дну 1,80 м с коэффициентом откоса  $k = 1$  (рис.7).

Определяют площади сечений графическим способом и вычисляют объем земляных работ на участке между поперечными профилями.

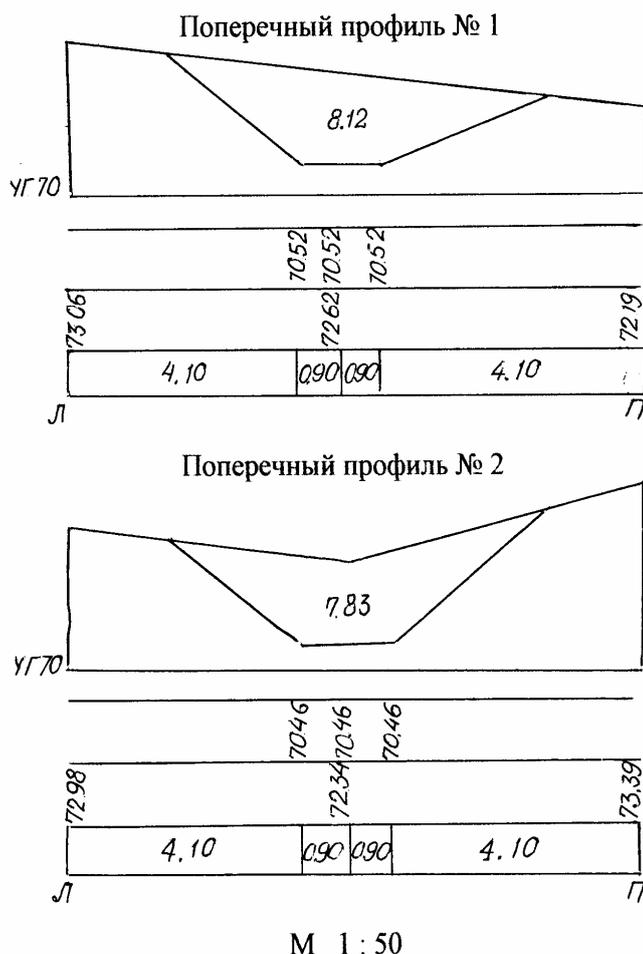


Рис.7. Поперечные профили траншеи самотечного канализационного трубопровода

### Задание для упражнений

По данным табл. 4 построить продольный профиль самотечного канализационного трубопровода в масштабах: горизонтальный 1:1000; вертикальный 1:100. Построить два поперечных профиля в масштабе 1:50. Запроектировать на них сечения траншеи шириной по дну 1,8 м с коэффициентом откоса  $k = 1$  и подсчитать объем земляных работ.

### Контрольные вопросы

1. Как строят продольный профиль самотечного канализационного трубопровода?
2. Как вычисляют объем земляных работ по поперечному профилю?

### 2.3 Построение продольного и поперечного профиля газопровода

**Цель задания** – освоить расчеты и ознакомиться с проектированием газопровода.

**Пособия и принадлежности:** микрокалькулятор, лист миллиметровой бумаги размером 55×30 см, чертежные принадлежности.

Основными техническими условиями, определяющими положение трассы газопровода в продольном профиле, являются минимальная глубина заложения труб в грунт (0,8-1 м от уровня земли) и нормированные вертикальные расстояния между верхом труб и пересекающими трассу сооружениями (см. табл. 3).

В отличие от самотечной канализации газопровод является напорным трубопроводом и его можно проектировать встречными уклонами. Поэтому трасса газопровода (рис. 8) проходит примерно на одной и той же расчетной глубине и повторяет профиль естественной поверхности рельефа.

Порядок работы.

Заполняют графы 6, 7 и 8 профильной сетки (см. рис.8) и строят профиль местности в соответствии с изложенными ранее указаниями.

От исходной проектной отметки газопровода  $H_{ПК1} = 78,39$  м наносят на профиль первую секцию проектной линии при условии обеспечения расчетной глубины заложения, равной 0,9 м в точке ПК1 + 34,35 с отметкой 79,82 м:

$$H_{ПК1} = 79,82 - 0,9 = 78,92 \text{ м.}$$

Следовательно, проектный уклон трассы на рассматриваемом участке

$$i_1 = \frac{78,92 - 78,39}{10,00 + 6,00 + 18,35} = \frac{0,53}{34,35} = 0,015.$$

Найденную величину уклона и его протяженность выписывают в гр. 3 (рис.8) профильной сетки и вычисляют по формуле (5) промежуточные проектные отметки (гр.2), а также глубину заложения (гр. 4).

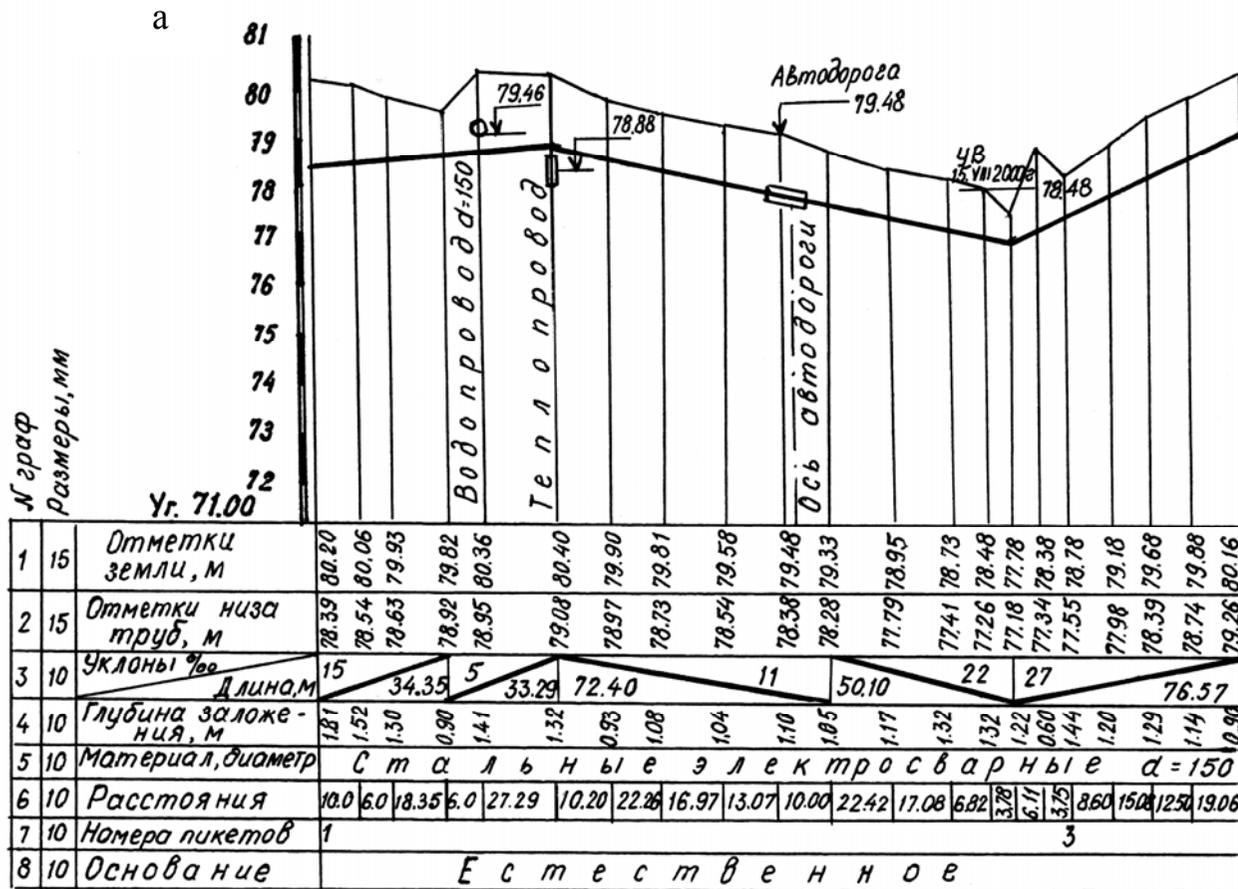


Рис.8. Схема проектирования трассы магистрального газопровода  
а – продольный профиль; б – пересечение трассы и автодороги

3. Следующий участок газопровода проектируется между пересекаемыми им трассами водопровода и тепловпровода, проходящих соответственно на отметках 79,46 м и 78,88 м. Поэтому проектная отметка на ПК1 + 67,64 (табл.5) должна быть равна  $H_{ПК1+67,64} = 78,88 + 0,20$  (с запасом) = 79,08 м.

Уклон второй секции проектной линии

$$i_2 = \frac{79,08 - 78,92}{33,29} = 0,005.$$

4. Вычисляют промежуточные проектные отметки и убеждаются, что нормированное вертикальное расстояние между газопроводом и водопроводом (0,15 м) выдержано с запасом:  $79,46 - 78,95 = 0,51$  м.

5. На ПК2 + 30,04 трасса пересекает автомобильную дорогу с отметкой левого края подошвы насыпи 79,48 м – дно резерва (см. рис.8,б и табл.5). По техническим условиям проекта верх труб газопровода должен пройти ниже нее не менее чем на 1 м (см. табл.5), т.е. по отметке  $79,48 - 1,10$  (с запасом) = 78,38 м.

Поэтому уклон  $i_3$  газопровода на этом участке принимают

$$i_3 = \frac{79,08 - 78,38}{62,40} = 0,011.$$

Т а б л и ц а 5

Исходные данные для построения продольного профиля газопровода

Номер точек	Отметки, м		Примечания
	земли	подземных коммуникаций, пересекаемых трассой	
1	2	3	4
ПК1	80,20		
+10	80,06		
+16	79,93		
+34,35	79,82		
+40,35	80,36	79,46	Водопровод 150 мм
+67,64	80,40	78,88	Тепловпровод
+77,84	79,90		
ПК2	79,81		
+16,97	79,58		
+30,04		79,48	Автомобильная дорога (левый край подошвы насыпи)
+40,04	79,33		
+62,46	78,96		
+79,54	78,73		
+86,36	78,48		Урез воды на 15.08.2000 г.
+90,14	77,78		Дно реки
+96,25	78,78		
ПК3	79,33		
+11,47	78,78		
+20,07	79,18		
+35,15	79,68		
+47,65	79,88		
+66,71	80,16		

Пересечение автомобильной дороги намечено осуществить закрытой проходкой с помощью проложенного под дорогой стального футляра, внутри которого укладывается трубопровод.

Концы футляра выводят за подошву насыпи не менее чем на 2 см от ее краев. При ширине основания насыпи 6 см это означает, что длина футляра должна быть равна 10 м. Чтобы избежать излома футляра, необходимо продолжить уклон 0,011 от ПК2 + 30,84 еще на 10 м, увеличив таким образом его протяженность до 72,40 м.

6. При пересечении несудоходной реки трубопровод должен проходить под ее дном на расстоянии не менее чем на 0,5 м. Поэтому в точке ПК2 + 90,14 (дно реки) проектную отметку трассы принимают  $77,78 - 0,60$  (с запасом) = 77,18 м.

Уклон  $i_4$  на данном участке трассы

$$i_4 = \frac{78,28 - 77,18}{50,10} = 0,022.$$

Вычислив по найденному уклону промежуточные проектные отметки, задают новый уклон  $i_5$  при условии обеспечения глубины заложения труб, равной 0,9 м в конечной точке трассы (ПК2 + 66,71)

$$i_5 = \frac{(80,16 - 0,90) - 77,18}{76,57} = 0,027.$$

7. Пользуясь данными поперечного профиля дороги (см. рис.8,б), вычисляют проектные отметки  $H_a$  и  $H_b$  заложения футляра на границах открытых разработок грунта (бровки резервов, обозначенных буквами а и б). С учетом диаметра футляра  $d = 300$  мм  $H_a = (78,38 - 0,30) - 0,011 \cdot 0,75 = 78,07$ ;  $H_b = 78,07 - 0,011 \cdot 6,0 = 78,00$  м.

Глубина разработки грунта в точках а' и б':

$$a'a = 79,48 - 78,07 = 1,41; \quad б'б = 79,48 - 78,00 = 1,48.$$

Все результаты вычислений заносят в профильную сетку поперечного профиля (рис.8,а).

### Задание для упражнений

По данным табл. 5 построить продольный профиль газопровода в масштабах: горизонтальный 1:1000; вертикальный 1:100. Пересечение автомобильной дороги трассой (рис.8,б) запроектировать закрытой проходкой в стальном футляре диаметром  $d = 300$  мм.

### Контрольные вопросы

1. Как вычисляют проектные уклоны, отметки и глубину заложения трубопровода?
2. Как вычисляют проектные отметки газопровода?
3. Как вычисляют глубину заложения?

**Лабораторная работа 3.  
Геодезические расчеты  
при проектировании трассы автодороги**

**Цель занятия** – освоить методику геодезических расчетов построения и оформления профилей при проектировании трасс автодороги.

**Задание:**

1. Рассчитать уклоны, проектные и рабочие отметки на пикетах трассы.
2. Рассчитать расстояния до точек нулевых работ и их отметки.
3. Проектирование земельного полотна автодороги на поперечном профиле.

**Пособия и принадлежности:** продольный и поперечный профили трассы, калькулятор, рабочая тетрадь.

*Проектирование продольной оси.* Выбор положения трассы проектируемой дороги на продольном профиле обусловлен выполнением ряда требований технического и экономического характера; к ним, в частности, относятся: соблюдение предельных уклонов, обеспечение минимального объема земляных работ, сохранение их примерного баланса, т.е. равенства объемов насыпей и выемок, обязательное прохождение проектной линии через зафиксированные по высоте контрольные точки.

В рассматриваемом примере (см.рис.4) имеем две контрольные точки: примыкание начала трассы (ГКО) к существующим шоссе с отметкой бровки земляного полотна 78,00 (см. табл.1) и проектную отметку мостового перехода через реку Сура, равную 76,75 (3 м над уровнем воды).

С учетом этих требований проектирование выполняют в следующем порядке:

Между точками ГК3 и ГК6 на отметке 76,75 наносят горизонтальную секцию проектной линии. В графе «Уклоны» фиксируют эту секцию горизонтальной чертой, сверху которой пишут уклон 0, а снизу – длину 300 м.

Записывают в графу 4 (рис.4) проектную отметку 76,75 и вычитают из нее последовательно все отметки земли в пределах этой секции. Полученные разности, называемые рабочими отметками и характеризующие высоту на подходах к мосту, выписывают над проектной линией.

Наносят на профиль вторую секцию проектной линии, соединяя точку ГК3 на проектной отметке 76,75 с концом ординаты нулевого пикета (отметка 78,00). Уклон этой секции вычисляют по формуле

$$i = \frac{H_n - H_{n-1}}{d}, \quad (4)$$

где  $H_n$  – отметка последующей точки;

$H_{n-1}$  – отметка предыдущей точки;

$d$  – длина секции.

В данном случае  $H_{n-1} = H_{\text{ПК0}} = 78,00$  м;  $H_{n-1} = H_{\text{ПК3}} = 76,75$  м;  $d = 300$  м, откуда

$$i = \frac{76,75 - 78,00}{300} = 0,0042.$$

Для подъездных автодорог промышленных предприятий  $i_{\text{пред}} \leq 0,060$ , поэтому полученное значение уклона, как допустимое, заносят в графу 3 и вычисляют проектные отметки всех промежуточных точек по преобразованной формуле

$$H_n = H_{n-1} + id. \quad (5)$$

Например,  $H_{\text{ПК1+30}} = 78,00 \text{ м} - 0,0042 \cdot 30 \text{ м} = 77,45 \text{ м}$ ;

$H_{\text{ПК1+70}} = 77,45 - 0,0042 \cdot 40 = 77,29$  м и т.д.

Контролем правильности вычислений служит вторичное получение отметок 78,00 м ПК0 или 76,75 м на ПК3 с точностью 1-2 см (погрешность округлений).

4. Вычислив рабочие отметки на каждом пикете и плюсовых точках и записав их, как указано на рис. 4, определяют расстояния до точек нулевых работ (точек пересечения профиля с проектной линией), до ближайшего заднего пикета или плюсовой точки по формулам:

$$x = d \frac{a}{a+b}; \quad y = d \frac{b}{a+b},$$

где  $a$  и  $b$  – рабочие отметки на задней и передней точках профиля, между которыми расположена точка нулевых работ;

$d$  – расстояние между этими точками.

Например, для точки нулевых работ, лежащей между пикетами 1+70 и ПК2 с рабочими отметками соответственно  $a = 0,62$  м и  $b = 1,17$  м:

$$x = 30 \frac{0,62}{0,62 + 1,17} = 10,4 \text{ м};$$

$$y = 30 \frac{1,17}{0,62 + 1,17} = 19,6 \text{ м}.$$

Для контроля вычисляют  $d = x + y = 10,4 \text{ м} + 19,6 \text{ м} = 30 \text{ м}$ .

Отметку точки нулевых работ вычисляют по формуле (5).

Например

$$H_{\text{тнр}} = 77,29 - 0,0042 \cdot 10,4 = 77,25 \text{ м}.$$

5. На участке ПК6-ПК9 третью секцию проектной линии проводят, соединяя проектную отметку 76,75 на ПК6 с отметкой 77,45 м на ПК9. Находят уклон трассы

$$i = \frac{77,45 - 76,75}{300} = 0,0023$$

и фиксирую его в гр. 3. Далее вычисляют отметки всех промежуточных точек по формуле (5), рабочие отметки, расстояния до точек нулевых работ и отметки точек нулевых работ рис.4.

#### *Проектирование земляного полотна дороги на поперечных профилях*

Пусть на участке трассы между ПК5 + 36 и ПК6 требуется запроектировать дорогу шириной 10 м и коэффициентом откоса насыпи 1:1,5. Для этого на ординате ПК5 + 36 первого поперечного профиля фиксируют взятую с продольного профиля проектную отметку 75,97 и от полученной точки откладывают влево и вправо по 5 м (2,5 см в масштабе 1 : 200).

По обе стороны от бровок насыпи строят линии откосов.

Согласно существующим нормативам принимают поперечный уклон проезжей части дороги равным 0,040. Это значит, что ось земляного полотна должна возвышаться над его бровками на величину  $0,040 \cdot 5 = 0,2$  м (1 мм в масштабе 1 : 200). Для подсчета объема  $v$  земляных работ между смежными поперечными профилями пользуются формулой

$$v = \frac{n_{n-1} + n_n}{2} \cdot d, \quad (6)$$

где  $P_{n-1}$  и  $P_n$  – площади поперечных сечений насыпи (или выемки), определяемые графическим способом;

$d$  – расстояния между поперечными профилями.

Площадь насыпи разбивают на несколько фигур (см. рис. 5,б) и вычисляют их площади. Аналогично определяют площади и объемы для поперечного профиля 2 на ПК7.

#### **Задание для упражнений**

1. Построить проектную линию автодороги в соответствии с требованием технических условий.
2. Вычислить проектные уклоны на участках дороги и проектные отметки на промежуточных точках.
3. Вычислить расстояния до точек нулевых работ и отметки точек нулевых работ.
4. Результаты вычислений изобразить на продольном профиле и в профильной сетке.

#### **Контрольные вопросы**

1. Как вычисляют проектные уклоны на участках автодороги?
2. Как изображают знак проектного уклона в профильной сетке?
3. Как вычисляют проектные отметки промежуточных точек?
4. Как вычисляют рабочие отметки?
5. Как вычисляют расстояния до точек нулевых работ?
6. Как вычисляют отметки точек нулевых работ

**Лабораторная работа 4.**  
**Вычисление и определение элементов**  
**и пикетажных значений круговой кривой трассы**

**Цель занятия** – освоение методики расчета элементов и пикетажных значений главных точек круговой кривой трассы.

**Задание:**

1. Выполнение и обработка результатов расчетов элементов круговой кривой.
2. Определение пикетажных значений главных точек кривой.
3. Расчет данных для выноса пикета с тангенса на кривую при разбивке пикетажа.

**Расчет элементов круговой кривой**  
**и определение пикетажных значений ее главных точек**

В местах поворота трассы ее участки сопрягаются кривыми, чаще всего круговыми, т.е. дугами определенного радиуса. Разбивка круговой кривой сводится к определению планового положения трех ее главных точек: начала кривой (НК), середины кривой (СК) и конца кривой (КК). Для этого по трассе определяют положение вершины угла поворота, измеряют теодолитом угол поворота трассы  $\varphi$ .

Пусть для первой кривой (см.рис.2) вершина угла отстоит от ПК1 на 70,00 м (ВУ № 1 ГК1 + 70,00),  $\varphi_1 = 41^\circ 22'$  и  $R = 200$  м.

Вычисляют элементы круговой кривой:

*тангенс кривой*

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = 200 \operatorname{tg} 20^\circ 41' = 73,48 \text{ м};$$

*длину кривой*

$$K = \frac{\pi R \varphi}{180^\circ} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 41^\circ 22'}{180^\circ} = 140,84 \text{ м};$$

*домер*

$$D = 2T - K = 2 \cdot 73,48 - 140,84 = 6,12 \text{ м};$$

*биссектрису*

$$B = R \left( \frac{1}{\cos \frac{\varphi}{2}} - 1 \right) = 200 \left( \frac{1}{\cos 20^\circ 41'} - 1 \right) = 13,08 \text{ м}.$$

Элементы круговой кривой Т, К, Д, Б можно выписать из таблиц для разбивки круговых и переходных кривых по заданным углам поворота  $\varphi$  и радиусу кривой R.

Отложив от вершины угла поворота назад и вперед по трассе величину тангенса  $T = 73,48$  м, получают точки начала НК и конца КК кривой. Для определения положения середины кривой СК с помощью установленного в вершине угла теодолита делят пополам смежный угол с углом поворота  $(180^\circ - \varphi_1)$  и по этому направлению откладывают величину биссектрисы  $B = 13,08$  м.

Поскольку линейные измерения производятся по прямым участкам трассы, а вычисление расстояний по трассе должно вестись с учетом кривых, в длину трассы вводится поправка  $D = 2T - K$ . Домер удобнее откладывать сразу за вершиной угла.

Пикетажные значения начала НК, конца КК кривой получают из расчета:

$$\begin{aligned} \text{НК} &= \text{ВУ} - T; \\ \text{КК} &= \text{НК} + K, \end{aligned}$$

а затем производят контроль положения конца кривой КК:

$$\text{КК} = \text{ВУ} + T - D.$$

Пример расчета приведен в табл. 6.

Допустимое расхождение при определении положения конца кривой не должно превышать 3 см.

Расчет производят в пикетажном журнале справа от схемы трассы. По результатам расчетов главные точки НК и КК следует нанести на схему трассы, обозначив их окружностями диаметром 1,0 мм (см. рис.2).

Т а б л и ц а 6

Элементы кривой	Расчет пикетажных значений главных точек	Контроль
$R = 200$	ВУ №1 ПК 1 + 70,00	ВУ ПК 1 + 70,00
$\varphi = 41^\circ 22'$	- T 73,48	+ T 73,48
$T = 73,48$	НК ПК0 + 96,52	$\Sigma$ ПК 2 + 43,48
$K = 140,84$	+K 1 40,84	-D 6,12
$B = 13,08$	КК ПК2 + 37,36	КК ПК2 + 37,36
$D = 6,12$		

#### *Вынос пикета с тангенса на кривую*

Разбивка пикетажа осуществлялась по прямолинейным участкам трассы. При разбивке круговых кривых пикеты с тангенсов выносят на кривую методом прямоугольных координат. Откладывают величину  $x$  по тангенсам для пикетов, расположенных до поворота от начала кривой, а

для пикетов, расположенных за поворотом, – от конца кривой и перпендикулярно  $x$  величину  $y$  (рис.9).

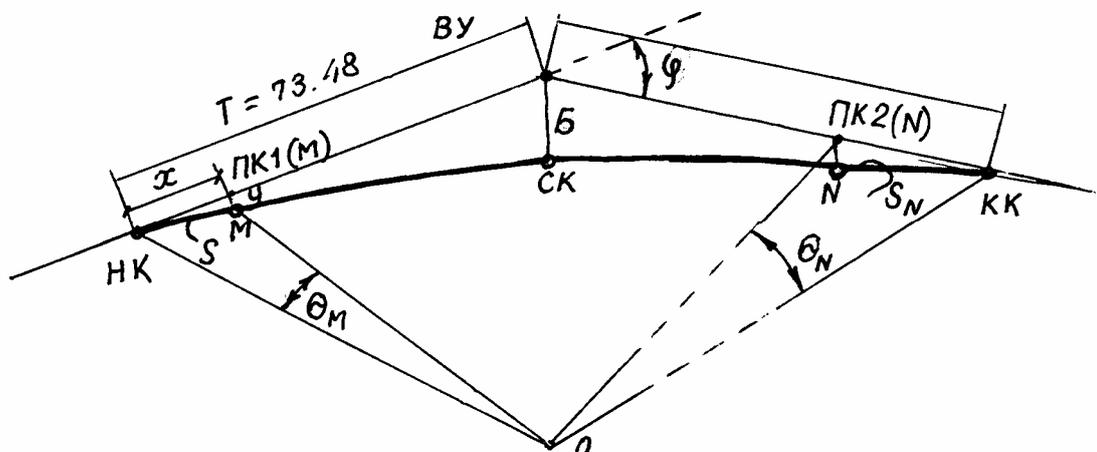


Рис.9. Схема разбивки круговой кривой

Значения  $x$  и  $y$  вычисляют по формулам:

$$x = R \sin \Theta; \quad y = R(1 - \cos \Theta);$$

$$\Theta^\circ = \frac{S}{R} \cdot \rho; \quad \rho = 57,293^\circ;$$

$$S_M = \text{ПКМ} - \text{НК}; \quad S_N = \text{КК} - \text{ПКN},$$

где  $S_M, S_N$  – длины кривых до пикетов  $M$  и  $N$ ;

$\Theta_M, \Theta_N$  – центральные углы.

Например, для выноса на кривую ПК1, расположенного до поворота ПК2:

$$S = \text{ПК1} - \text{НК} = 100 - 96,52 = 3,48 \text{ м};$$

$$\Theta = \frac{S}{R} \rho = \frac{3,48}{200} 57,3^\circ = 0,997^\circ;$$

$$x = R \sin \Theta = 200 \cdot 0,017005 = 3,48 \text{ м};$$

$$y = R(1 - \cos \Theta) = 0,03 \text{ м}.$$

Для пикета 2, расположенного за поворотом

$$S = \text{КК} - \text{ПК2} = 237,36 - 200 = 37,36 \text{ м};$$

$$\Theta = \frac{37,36}{200} 57,3^\circ = 10,704^\circ;$$

$$x = R \sin \Theta = 200 \cdot 0,18573 = 37,14 \text{ м};$$

$$y = R(1 - \cos \Theta) = 200 \cdot (1 - 0,98260) = 3,48 \text{ м}.$$

### Задание для упражнений

По заданному углу поворота, радиусу круговой кривой и положению угла поворота ВУ № 2 вычислить пикетажные значения главных точек.

Вычислить прямоугольные координаты для выноса ПК7 на вторую круговую кривую.

### Контрольные вопросы

1. Какие элементы круговой кривой измеряют в поле ?
2. Как определяют положение главных точек круговой кривой ?
3. Как разбивают кривые по трассе ?
4. Какую информацию заносят в пикетажный журнал ?
5. Какие основные способы съемки ситуации используют при съемке полосы местности по трассе ?
6. Как выносят пикеты с тангенсов на кривые ?

## 2. ГЕНПЛАН И ЕГО ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ОСНОВА. МЕТОДЫ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫНОСА В НАТУРУ ПРОЕКТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

### Лабораторная работа 5.

#### Геодезическая подготовка разбивочных данных графоаналитическим методом для выноса в натуру проекта зданий и сооружений

**Цель занятия** – освоить методики геодезической подготовки разбивочных данных графическим методом для выноса в натуру проекта зданий и сооружений.

**Задание:**

1. Проектирование осей здания (сооружения) на топографическом плане М 1:500 (РГР№1)
2. Подготовка разбивочных данных для перенесения в натуру продольной оси здания (точек пересечения осей) полярным способом и способом угловой засечки.

**Пособия и принадлежности:** микрокалькулятор, топографический план в масштабе 1:500, ведомость вычисления координат вершин теодолитных ходов, проектные габариты здания 12,00×24,00 м.

*Пояснения к заданию.* Исходным материалом для подготовки разбивочных данных служит топографический план в масштабе 1:500 (ведомость вычисления координат вершин теодолитных ходов (табл.7)). Проектные габариты 12.00×24.00 м.

Последовательность выполнения задания:

1. Нанесение на топографический план габаритов сооружения и определение исходных координат и дирекционного угла.
2. Расчет координат углов сооружения.
3. Расчет разбивочных элементов.

Указания по выполнению задания. На топографическом плане вблизи вершин III и III10 наносят в масштабе плана прямоугольный контур сооружения, образованный продольными А и Б и поперечными 1 и 2 габаритными осями (рис.10).

Графически с точностью масштаба определяют координаты  $X$  и  $Y$  одной из точек пересечения осей и геодезическим транспортиром измеряют дирекционный угол длинной стороны прямоугольника. В нашем примере координаты точки  $A_1$   $X_{A_2} = 342.00$ ;  $Y_{A_2} = 500.00$ ; дирекционный угол длинной стороны  $A_2-A_1$   $a_{A_2-A_1} = 319^\circ 00'$ . По известным координатам точки  $A_1$ ,

дирекционному углу  $a_{A_2-A_1}$ , проектным прямым углом и заданным габаритам здания путем решения прямых геодезических задач находим координаты точек  $A_2, B_1, B_2$ . Результаты решения заносим в ведомость вычисления координат углов здания (табл.7).

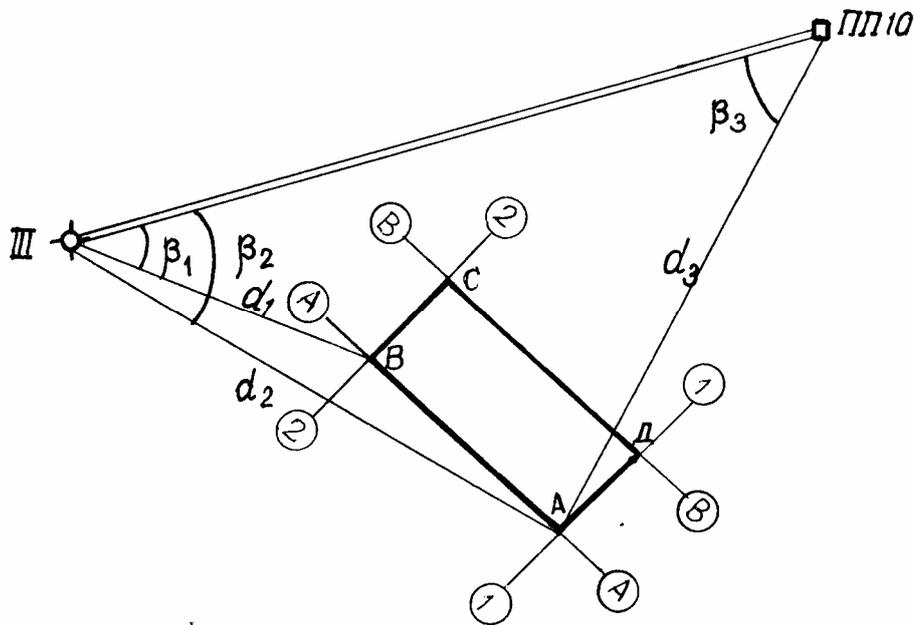


Рис.10. Схема разбивки основных осей здания

Таблица 7

Ведомость вычисления координат углов здания

Название точек	Угол сооружения	Дирекционный угол $a$	Габаритный размер, м	Приращение координат, м		Координаты, м	
				$\Delta x$	$\Delta y$	$X$	$Y$
$A_1$	$90^\circ 00''$	$319^\circ 00''$	24	+48,11	- 15,74	342.00	500.00
$A_2$	$90^\circ 00''$	$49^\circ 00'$	12	+7,87	+ 9,06	360,11	484,26
$B_1$	$90^\circ 00''$	$139^\circ 00'$	24	- 18,11	+ 15,74	367,98	493.32
$B_2$	$90^\circ 00''$	$229^\circ 00'$	12	-7,87	- 11,44	349.87	509,06
						342.10	500.00

Для перенесения на местность оси  $A_2-A_1$  точку  $A_2$  переносят полярным способом от точки III теодолитного хода, а точку  $A_1$  – способом угловой засечки от пунктов геодезической сети ПП10 и III (см. рис.10).

Разбивочные элементы (длины линейных привязок  $d_1, d_2, d_3$  и дирекционные углы направлений, образующих разбивочные углы  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ ) для выноса на местность точек проекта в соответствии со схемой

разбивки, определяют из решения обратных геодезических задач по формуле

$$\operatorname{tg} r_{г.с.пр} = \frac{Y_{пр} - Y_{г.с}}{Y_{пр} - X_{г.с}},$$

где  $X_{г.с}$ ,  $Y_{г.с}$  – координаты точек геодезической съемочной сети (точек теодолитного хода);

$X_{пр}$ ,  $Y_{пр}$  – координаты точек проекта ( $A$  и  $B$ ).

Результаты решения обратных геодезических задач заносят в таблицу. Ниже приведен пример заполнения табл. 8.

Т а б л и ц а 8

Решение обратных геодезических задач

№ п/п	Обозначение	Направления (точка г.с – точка проекта)		
		III-B	III-A	ПП10-A
1	$X_{пр}$	360,11	342,00	342,00
2	$X_{г.с}$	348,56	348,56	400,00
3	$\Delta X = X_{пр} - X_{г.с}$	+ 11,55	-6,56	- 58,00
4	$Y_{пр}$	484,26	500,00	500,00
5	$Y_{г.с}$	458,09	458,09	500,00
6	$\Delta Y = Y_{пр} - Y_{г.с}$	+ 26,17	+ 41,91	0
7	$\operatorname{tgr} = \Delta Y / \Delta X$	2,26580	6,38871	–
8	$r^\circ$	СВ 66,186	ЮВ 81,105	0°
9	$r^\circ \prime \prime$	СВ 66°11'10"	ЮВ 81°06'14"	–
10	$\cos r$	0,403769	0,154644	–
11	$\sin r$	0,914861	0,98797	–
12	$d' = \Delta X / \cos r$	28,605	42,420	58,000
13	$d'' = \Delta Y / \sin r$	28,605	42,420	58,000
14	$A$	66°11'10"	98°53'46"	–

За окончательное расстояние  $d$  из  $d'$  и  $d''$  следует выбрать полученное по абсолютному максимальному приращению координат  $\Delta X$  и  $\Delta Y$ . Полученные в результате решения обратной геодезической задачи углы и расстояния необходимо проконтролировать графически по топографическому плану.

Разбивочные углы вычислить как разность дирекционных углов направлений, их составляющих, причем от дирекционного угла правого направления следует вычесть дирекционный угол левого направления.

Для схемы разбивки, изображенной на рис.10:

$$\beta_1 = \alpha_{\text{III-II}} - \alpha_{\text{III-A}_1};$$

$$\beta_2 = \alpha_{\text{III-II}} - \alpha_{\text{III-A}_2};$$

$$\beta_3 = \alpha_{\text{III-II}} - \alpha_{\text{III-A}_3}.$$

Дирекционные углы направлений, образующих съёмочную геодезическую сеть, необходимо выписать из координатной ведомости (РГР№1), а дирекционные углы направления «геодезическая сеть – проектная точка» – из табл.8.

### 3. СОЗДАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ РАЗБИВОЧНОЙ ОСНОВЫ. ПЕРЕНЕСЕНИЕ ГЛАВНЫХ И ОСНОВНЫХ ОСЕЙ. СПОСОБЫ И ТОЧНОСТЬ ПЕРЕНЕСЕНИЯ ОСЕЙ

#### Лабораторная работа 6.

Расчет точности разбивочных работ при линейных и угловых измерениях. Выбор приборов и методики измерений

**Цель занятия** – освоение методики расчета точности построения разбивочных углов и расстояний при угловых и линейных измерениях и порядка выбора приборов и методики измерений.

#### **Задание:**

1. Определение точности построения разбивочных углов для способа прямой и угловой засечек.
2. Определение точности линейных построений на местности.
3. Выбор типа теодолита для построения разбивочных углов.
4. Выбор методики линейных измерений.

Точность построения разбивочных углов для способа прямой угловой засечки вычисляют по формуле

$$m_{\beta_{1,2}} = \Delta \cdot \rho \cdot \frac{\sin \varphi}{\sqrt{d_1^2 + d_2^2}},$$

где  $d_1$  и  $d_2$  – длины линейных привязок, м;

$\rho = 206265''$ ;

$\Delta$  – строительный допуск, м;

$\varphi$  – угол засечки:  $\varphi = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$ .

Для способа полярных координат  $m_{\beta}$  вычисляют по формуле

$$m_{\beta_3} = \frac{\Delta \cdot \rho}{(d_3 \cdot \sqrt{2})},$$

где  $d_3$  – длина полярного радиуса (расстояние геодезической сети до точки проекта).

По наименьшей средней квадратической погрешности построения разбивочных углов выбирают марку теодолитов из серийно выпускаемых отечественной промышленностью теодолитов технической точности Т15, ТЗО, Т60 (ГОСТ 10529-79).

Если  $m_{\beta}$  больше точности теодолита, указанной в шифре, то разбивочные углы строят с технической точностью. Например, если  $m_{\beta} = 40''$ , то углы строят теодолитом ТЗО, его точность  $t = 30''$ .

От заданной точки геодезической сети направления строят разбивочный угол при КЛ и получают на местности т.С<sub>1</sub>, затем строят этот угол при положении КП и получают т.С<sub>2</sub> (рис.11).

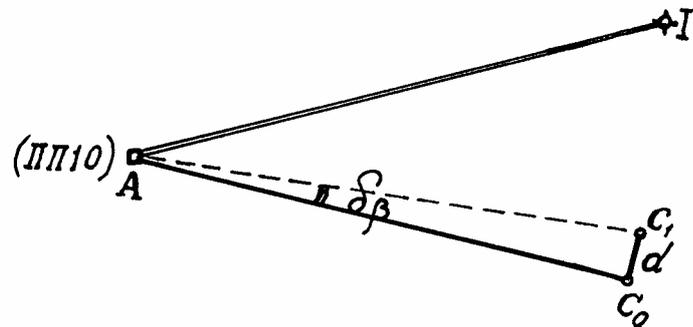


Рис.11. Построение углов с технической точностью

Смещение С<sub>1</sub>С<sub>2</sub> делят пополам и получают на местности положение т.С, которая соответствует проектному направлению.

Если  $m_\beta$  выше, чем точность теодолита, то в этом случае разбивочные углы строят с повышенной точностью. Построение угла выполняют в следующей последовательности: проектный разбивочный угол строят с технической точностью и отмечают т.С<sub>1</sub> (рис.12). Полученный угол

измеряют числом приемов  $n$ :  $n = \frac{t^2}{m_\beta^2}$ , где  $t$  – точность теодолита;  $m_\beta$  – тре-

буемая точность построения угла.

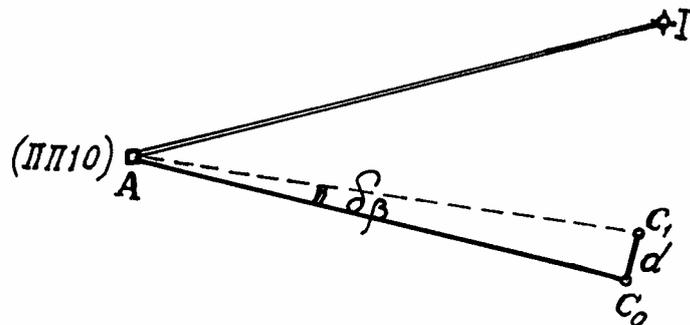


Рис.12. Построение углов с повышенной точностью

Получив с необходимой точностью угол  $\beta'$ :

$$\beta' = \frac{\sum \beta_{\text{изм}}}{n},$$

находят разность  $\delta\beta = \beta - \beta'$  и выражают ее в секундах.

Измерив предварительно лентой, рулеткой или дальномером расстояние АС<sub>1</sub>, вычисляют линейную величину  $d$ , на которую нужно пе-

реместить точку  $C_1$ , чтобы она попала в положение  $C_0$ , т.е. на проектное направление. Учитывая малую величину  $\delta\beta$ , находим

$$d = AC_1 \cdot \frac{\delta\beta}{\rho},$$

где  $\rho = 206265'' \cong 2 \cdot 10^5$  радиан.

Отрезок  $d$  откладывают с помощью обычной линейки от т.  $C_1$  перпендикулярно направлению  $AC_1$ , причем положительное  $d$  откладывают во внешнюю сторону угла, отрицательное – во внутреннюю.

Для контроля угол  $\beta = \angle BAC_0$  измеряют одним полным приемом. Отклонение полученного результата от проектного значения не должно превышать двойной точности теодолита.

По табл.9 можно определить тип теодолита, количество приемов измерений, а также способы центрирования приборов и фиксации точек в зависимости от средней квадратической погрешности результата угловых измерений.

Т а б л и ц а 9

Требования к точности угловых измерений

Процесс, условие измерения, тип прибора	Среднеквадратические погрешности результатов угловых измерений, с			
	10	20	30	45
Центрирование	оптическим центриром		оптическим центриром, отвесом	
Фиксация центров	керном	карандашом	шпилькой	шпилькой
Типы теодолитов по ГОСТ 10529-79 или им равноточные	Т5 и модификации		Т30 и модификации	
Число приемов	2		1	

### Расчет точности линейных построений на местности

Для точки  $A_2^{(B)}$ , выносимой на местность способом полярных координат, необходимо построить расстояние с  $d_1=28,605$  м.

Вычисляют абсолютную линейную погрешность по формуле

$$m_d = \frac{\Delta}{\sqrt{2}},$$

где  $\Delta$  – строительный допуск,  
а затем относительную погрешность

$$f_{отн} = \frac{m_d}{d_1},$$

причем выражают  $f_{отн}$  дробью с числителем, равным 1.

По относительной погрешности выбирают методику измерений (табл.10):

- 1) построение створа;
- 2) уложение ленты в створ;
- 3) натяжение;
- 4) учет поправок за наклон, компарирование и температуру;
- 5) фиксация проектной точки.

Т а б л и ц а 10

Требования к точности линейных измерений

Условия измерений	Относительные среднеквадратические погрешности			
	1/15000... 1/10000	1/5000	1/3000... 1/2000	1/1000
Стальная рулетка				
Среднеквадратическая погрешность компарирования, мм	0,2	0,5	1,5	3
Уложение в створ	—	С помощью теодолита		На глаз
Натяжение измерительного прибора, Н (кГс)	—	Динамометр 100 (10)		Вручную
Учет термометром разности температур компарирования и измерения погрешностью, °С	1,5	3	3	10
Количество отсчетов	3 пары и 2 сдвига	2 пары и 1 сдвиг	1 пара	
Фиксация центров знаков	Чертой	Керном	Карандашом	Шпилькой
Определение превышения конусов измеряемой линии	Нивелиром		Глазомером	
Тип рулетки по ГОСТ 7502-80 или равноточные ей	ОПК2-20 АНТ/1 ОПК2-30 АНТ/1 ОПК2-50 АНТ/1		ОПК3-20 АНТ/10 ОПК3-30 АНТ/10 ОПК2-50 АНТ/10	
Светодалномер или оптический дальномер				
Центрирование приборов	Чертой	Керном	Карандашом	Шпилькой
Учет температуры	Термометром		—	
Тип прибора по ГОСТ 19223-82	СПЗ,СТЗ11		Д-2, ДНР-5 и модификации	
Диапазон измерений, м	2...3000		40...400, 20...120	

В задании необходимо вычислить проектную длину линии от точки  $A_2^{(B)}$  до точки III с учетом всех поправок для условий:  $t_k^k = 20^\circ\text{C}$ ;  $t_u^k = 5^\circ\text{C}$ ;  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ ;  $l = 19,95$  м.

Величины поправок вычисляют по формулам:

– поправка за компарирование –  $\delta D_{\kappa} = \frac{\Delta \cdot d_1}{20}$ , где  $\Delta = l - 20$ ;

– поправка за наклон –  $\delta D_{\nu} = \frac{h^2}{2d}$ , где  $h$  – превышение между точками начала и конца линии, т.е.  $h = H_{\text{III}} - H_{\text{B}}$ ;

– поправка за температуру –  $\delta D_t = \alpha \cdot d_1 (t_{\kappa} - t_{\text{и}})$ , где  $t_{\kappa}$  – температура компарирования мерного прибора;  $t_{\text{и}}$  – температура измерения;  $l$  – длина ленты при компарировании, м;  $\alpha$  – температурный коэффициент расширения стали;  $d_1$  – длина горизонтального проложения, вычисленного в результате аналитической подготовки (см. табл.10).

## Лабораторная работа 7.

### Высотная геодезическая подготовка.

#### Составление разбивочного чертежа для выноса в натуру проекта зданий и сооружений

**Цель занятия** – освоение алгоритма вычисления проектных отметок планировки стройплощадки и пола 1-го этажа, а также порядка составления разбивочного чертежа для выноса в натуру проекта зданий и сооружений.

**Задание:**

1. Вычисление отметки планировки стройплощадки и проектной отметки пола первого этажа проектируемого здания.
2. Составление схемы разбивки осей здания на разбивочном чертеже.
3. Оформление разбивочного чертежа координатами, отметками, разбивочными углами и расстояниями.

**Принадлежности:** топографический план РГР№1, циркуль – измеритель, линейка.

Высотная геодезическая подготовка включает в себя вычисление отметки пола первого этажа. Для этого необходимо:

1. Вычислить интерполированием по горизонталям отметки пересечения осей здания (рис.13) по формуле

$$H_A = H_1 + l/L(H_2 - H_1),$$

где  $H_1$  – отметка младшей горизонтали;

$H_2$  – отметка соседней горизонтали ( $H_2 - H_1 = h$  – сечение рельефа);

$l$  – расстояние от точки  $A$  до младшей горизонтали;

$L$  – расстояние между соседними горизонталями.

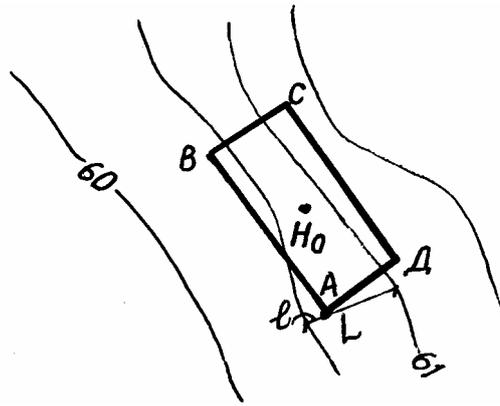


Рис.13. Определение отметок углов здания по горизонталям

2. Вычислить отметку планировки горизонтальной площадки под здание:

$$H_0 = (H_A + H_B + H_C + H_D) / 4.$$

3. Проектную отметку пола первого этажа находят по формуле

$$H_{1эт} = H_0 + 0,80.$$

По результатам плановой и высотной геодезической подготовки составляют разбивочный чертеж.

Разбивочный чертеж – это основной документ, по которому выполняют вынос точек проекта на местность. На нем необходимо показать схему разбивки и подписать черным цветом сведения о точках геодезической сети (координаты  $X$  и  $Y$ , отметки земли  $H$ ), красным цветом – проектные данные (координаты  $X$  и  $Y$  точек пересечения осей, отметки земли), синим цветом – разбивочные элементы (углы  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  и расстояния  $d_1, d_2, d_3$ ).

Образец оформления разбивочного чертежа представлен на рис.14.

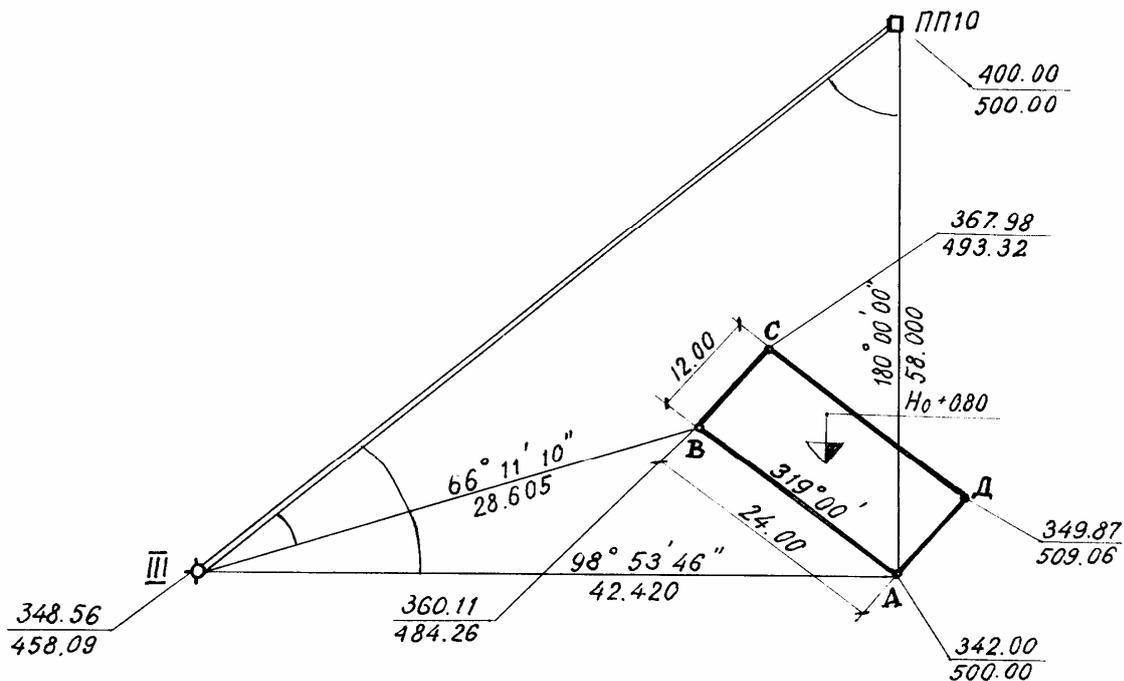


Рис. 14. Разбивочный чертеж для выноса в натуру осей здания

## Контрольные вопросы

1. В чем сущность геодезических разбивочных работ?
2. Каким способом производят подготовку разбивочных данных?
3. В какой последовательности выполняют подготовку разбивочных данных графоаналитическим методом?
4. Как вычисляют разбивочный углы и расстояния?
5. Как выбирают способ разбивки
6. Как выбирают приборы и методику угловых и линейных построений на местности?
7. Какова методика построения разбивочных углов с технической и повышенной точностью?
8. Как переносят на местность отрезок проектной длины?
9. Как вычисляют поправки в проектную длину за компарирование, наклон и температуру?
10. Каким образом закрепляется проектная отметка чистого пола I этажа?
11. Как вычисляют точность разбивочных работ?
12. Как, используя разбивочные данные, перенести на местность ось сооружения ?
13. Каково содержание разбивочного чертежа?

## Лабораторная работа 8. Обработка результатов геодезических равноточных измерений

**Цель занятия** – изучить виды погрешностей, причины их появления и способы исключения из результатов измерений. Освоить алгоритм обработки результатов и оценки точности равноточных измерений.

### **З а д а н и е :**

1. Освоение методики обработки результатов равноточных измерений и оценки их точности.
2. Вычисление среднеарифметической величины вероятнейших погрешностей, средней квадратической погрешности из результатов измерения длины линии.
3. Оценка точности среднеарифметического значения и выполненного измерения длины линии.

**Пособия и принадлежности:** рабочая тетрадь, калькулятор, бланки вариантов задания.

Как правило, измерения расстояний, превышений и углов сопровождаются погрешностями, влияющими на точность результатов измерений.

Погрешностью  $\Delta$  измерения называют отклонение результатов измерения  $l$  от истинного точного значения измеряемой величины  $x$ :  $\Delta = l - x$ .

По характеру влияния на результаты измерений погрешности могут быть грубыми, систематическими и случайными.

Грубые погрешности возникают из-за грубых промахов в процессе измерений и вычислений. Их можно избежать, а поэтому они недопустимы, должны быть обнаружены и полностью исключены из результатов измерений, например, путем многократного повторного измерения или вычисления; способом измерения, отличающимся один от другого приемами и приборами; повторного вычисления другим лицом. Измерения и вычисления контролируют также путем подсчета невязок, например, в сумме измеренных углов, в сумме приращений координат, в сумме превышений.

Систематические погрешности возникают в процессе измерений из-за однообразного и непрерывного действия какой-либо причины. Их не всегда удастся выявить и полностью исключить из результатов измерений, несмотря на принятые меры. Поэтому в ходе выполнения и обработки измерений эти погрешности стараются исключить, вводя поправки в результаты измерений, юстируя или компарируя приборы или соблюдая необходимую методику измерений. Например, если рулетка или мерная лента короче своей номинальной длины на 2 мм, то следует либо отказаться от прибора, либо ввести поправки в длину измеренного расстояния. Устанавливая нивелир на равных расстояниях от задней и передней реек, можно исключить влияние систематических погрешностей за счет оставшейся после поверки нивелира непараллельности оси визирования и оси цилиндрического уровня за счет влияния кривизны Земли.

Случайные погрешности неизбежны при измерениях и представляют собой мелкие погрешности, закономерность появления которых при небольшом ряде измерений данной величины не обнаруживается. Поэтому исключить их из результатов измерений невозможно, а в ходе выполнения и обработки измерений необходимо стремиться лишь ослабить их влияние.

Причины появления случайных погрешностей и их действие в данный момент измерения установить невозможно, они могут быть разными: ограниченная точность мерного прибора, помехи среды, оценка на глаз доли делений шкалы мерного прибора и т.п. Путем совершенствования техники измерений или улучшения условий для измерений можно ослабить влияние случайных погрешностей, но исключить их полностью не представляется возможным.

Установлено, что точность геодезических работ определяется величинами главным образом случайных погрешностей и в некоторых случаях еще и влиянием не исключенных систематических погрешностей. Поэтому необходимо знать, что случайные погрешности обладают следующими свойствами: малые по абсолютному значению погрешности встречаются

чаще больших; погрешности со знаком плюс появляются также часто, как и со знаком минус; среднее арифметическое из случайных погрешностей с увеличением числа измерений приближается к нулю.

Среднее арифметическое из результатов даже небольшого числа измерений будет ближе к истинному значению, чем любой отдельно взятый результат. Поэтому среднее арифметическое из результатов измерений называют **вероятнейшим значением** измерений величины, а отклонение результата измерения от среднего арифметического – **вероятнейшей погрешностью**.

Например, если  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$  – отдельные результаты измерений величины  $x$  при числе измерений  $n$ , то ее вероятнейшее значение

$$L = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n}{n} = \frac{[l]}{n}. \quad (9)$$

Ввиду того, что истинные значения измеряемых величин в основном неизвестны, при оценке точности измерений пользуются вероятнейшими значениями измеряемых величин. Например, в замкнутом многоугольнике истинные значения измеренных величин являются известными в виде суммы горизонтальных углов или суммы превышений.

Основным критерием для оценки точности результатов измерений, выполненных в одинаковых условиях, является средняя квадратическая ошибка измерений  $m$ , определяемая по формуле Гаусса:

$$m = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}, \quad (10)$$

где  $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$  – случайные погрешности измерений;  
 $n$  – число измерений.

Установлено, что погрешности измерений, превышающие среднюю квадратическую погрешность  $m$  в 2 раза, встречаются редко, а превышающие в 3 раза – еще реже; 95,5 % всех погрешностей по модулю меньше, чем  $2m$ ; 99,7 % погрешностей – меньше, чем  $3m$ . Поэтому утроенную квадратическую погрешность называют предельной:

$$\Delta_{\text{пред}} = 3m.$$

Измерения, содержащие погрешности больше  $\Delta_{\text{пред}}$ , бракуют. Критерием точности линейных измерений является относительная погрешность, равная отношению абсолютной величины погрешности к измеренной величине и выраженная в виде дроби с единицей в числителе:

$$\frac{m}{1} = \frac{1}{N}, \quad (11)$$

где  $N = \frac{1}{m}$ .

**Задача.** Определить среднюю квадратическую и относительную погрешности измерения расстояний нитяным дальномером на базисе длиной 200,00 м. После 16-ти измерений дальномером были получены следующие расхождения (в метрах) по сравнению с длиной базиса, принимаемые за истинные погрешности:  $\Delta_1 = -0,4$ ;  $\Delta_2 = -0,6$ ;  $\Delta_3 = +0,5$ ;  $\Delta_4 = -0,6$ ;  $\Delta_5 = +0,7$ ;  $\Delta_6 = +0,4$ ;  $\Delta_7 = -0,5$ ;  $\Delta_8 = +0,4$ ;  $\Delta_9 = -0,4$ ;  $\Delta_{10} = +0,6$ ;  $\Delta_{11} = +0,5$ ;  $\Delta_{12} = -0,6$ ;  $\Delta_{13} = -0,5$ ;  $\Delta_{14} = -0,4$ ;  $\Delta_{15} = -0,6$ ;  $\Delta_{16} = +0,5$ .

**Примеры решения:**

а) после возведения в квадрат всех  $\Delta$  и суммирования по формуле (2) определяют среднюю квадратическую погрешность измерения

$$m = \sqrt{\frac{4,34}{16}} = \pm 0,52 \text{ м};$$

б) по формуле (11) вычисляют относительную погрешность измерений

$$\pm \frac{0,52}{200} = \pm \frac{1}{380}.$$

**Обработка результатов равноточных измерений**

Равноточными называют измерения, выполненные приборами одинаковой точности, равным числом приемов, в одной и той же внешней среде, одним и тем же исполнителем. Если для определения величины  $x$  выполнен ряд равноточных измерений и получены результаты  $l_1, l_2, \dots, l_n$ , то за окончательное значение  $L$  принимают величину, вычисляемую как среднее арифметическое из всех результатов:

$$L = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{n} = \frac{[l]}{n}. \tag{12}$$

Для контроля вычислений находят вероятнейшие погрешности  $v$  (уклонение от среднего арифметического):

$$v_1 = L - l_1; \quad v_2 = L - l_2; \quad v_3 = L - l_3; \quad v_n = L - l_n.$$

Сумма вероятнейших погрешностей (поправок) должна равняться нулю ( $[v] = 0$ ) при любом числе измерений.

Знание поправок позволяет вычислить среднюю квадратическую погрешность по формуле

$$m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}}. \tag{13}$$

Так как все измерения равноточны, то средняя квадратическая погрешность  $m$  в равной мере дает оценку точности  $l_1, l_2, \dots, l_n$  и является обобщенной оценкой погрешности данного ряда измерений.

Для оценки точности среднего арифметического  $x_0$  вычисляют среднюю квадратическую погрешность по формуле

$$M = m/\sqrt{n}. \quad (14)$$

Кроме оценки точности выполненных измерений, формула (14) может быть использована для расчета числа измерений точности  $M$ :

$$n = m^2/M^2. \quad (15)$$

**Задание.** Требуется решить задачи по оценке точности равноточных измерений.

**Задача 1.** Обработать результаты равноточных измерений длины линии  $l$  между осями колонн, измеренной лентой 6 раз, и оценить точность измерений. Результаты измерений и их обработка приведены в табл. 11. Необходимо определить среднее значение длины линии, среднюю квадратическую погрешность отдельного измерения и его предельную погрешность, а также среднюю квадратическую и относительную погрешности среднего значения измеренной длины линии.

Т а б л и ц а 11

Номер измерения	Результаты измерения $l$ , м	Уклонение от вероятнейшего значения $v=L-l$ , см	Значение $v^2$ , см
1	225,26	+ 6	36
2	225,23	+ 3	9
3	225,22	+ 2	4
4	225,14	- 6	36
5	225,23	+ 3	9
6	225,12	- 8	64
$L = 225,20$		$[v] = 0$	$[v^2] = 158$

**Примеры решения:**

а) среднее значение измеренной линии определяют по формуле (12):

$$L = 225 + \frac{0,26 + 0,23 + 0,22 + 0,14 + 0,23 + 0,12}{6} = 225,20 \text{ м};$$

б) среднюю квадратическую погрешность отдельного измерения вычисляют по формуле (13):

$$m = \sqrt{\frac{158}{6-1}} = 5,6 \text{ см};$$

в) предельную погрешность измерения определяют по утроенной средней квадратической погрешности:

$$\Delta_{\text{пред}} = 3 \cdot 5,6 \text{ см} = 16,8 \text{ см};$$

г) среднюю квадратическую погрешность среднего арифметического значения измеренной линии находят по формуле (14):

$$M = \frac{5,6}{\sqrt{6}} = 2,3 \text{ см};$$

д) относительную погрешность среднего арифметического значения измеренной линии определяют по формуле (11):

$$\frac{M}{L} = \frac{2,3}{22520} = \frac{1}{9800}.$$

**Задача 2.** Определить, сколько раз потребуется измерить длину линии, чтобы получить средние квадратические погрешности  $m = 0,05$  м и  $M = 0,02$  м.

**Пример решения.** Подставляя заданное значение  $m$  и  $M$  в формулу (15), получаем:

$$n = \frac{0,05^2}{0,02^2} = 6 \text{ раз}.$$

**Задача 3.** Определить необходимое количество приемов измерения горизонтального угла теодолитом 4Т30 для достижения точности, характеризуемой средней квадратической погрешностью  $M = 15''$ .

**Задача 4.** Один и тот же угол измерен 5 раз. Результаты измерения угла:  $\beta_1 = 56^\circ 31,8'$ ;  $\beta_2 = 56^\circ 28,8'$ ;  $\beta_3 = 56^\circ 29,9'$ ;  $\beta_4 = 56^\circ 32,1'$  и  $\beta_5 = 56^\circ 31,4'$ .

Определить вероятнейшее значение измеренного угла и его среднюю квадратическую погрешность, а также среднюю квадратическую погрешность отдельного измерения.

### **Оценка точности по разностям двойных равноточных измерений**

В геодезической практике распространены двойные непосредственные измерения. Так, превышения при техническом нивелировании определяют для контроля дважды: один раз по черным сторонам реек, другой раз – по красным. Расстояния лентой измеряют дважды – в прямом и обратном направлениях. Различие двух результатов одной и той же величины несет информацию о величине погрешностей измерений. Имея разности измерений ряда величин, можно вычислить среднюю квадратическую погрешность одного измерения:

$$m = \sqrt{\frac{[d^2]}{2n}}, \quad (16)$$

где  $d$  – разность двойных измерений;

$n$  – число двойных измерений.

**Задание.** Требуется решить задачи по оценке точности по разностям двойных равноточных измерений.

**Задача 1.** Длина здания измерена 5 раз дважды – в прямом и обратном направлениях. Результаты измерений и их обработка приведены в табл.16. Определить среднюю квадратическую погрешность одного измерения длины здания по разностям двойных измерений.

Т а б л и ц а 1 6

Номер измерения	Результаты измерений, м		Разность измерения $d$ , см	Значение $d^2$ , см
	прямо	обратно		
1	81,62	81,57	+ 5	25
2	79,37	79,40	- 3	9
3	80,88	80,91	- 3	9
4	82,06	82,00	+ 6	36
5	81,36	81,29	- 7	49
			$[d] = - 2$	$[d^2] = 128$

**Пример решения.** По формуле (16) определяют искомое

$$m = \sqrt{\frac{128}{10}} = 3,6 \text{ см.}$$

**Задача 2.** Длина сооружения измерена дальномером 3 раза дважды – в прямом и обратном направлениях и получены результаты: 156,20 м и 156,56 м; 149,37 м и 148,41 м; 152,42 м и 153,00 м. Определить среднюю квадратическую погрешность одного измерения длины сооружения.

**Задача 3.** Разности двойных измерений трех горизонтальных углов здания равны: + 17"; + 12"; + 6". Определить среднюю квадратическую погрешность одного измерения угла здания.

**Задача 4.** Разности двойных измерений пяти отрезков участка трассы равны: - 10 см; + 5 см; - 16 см; + 8 см; + 4 см. Определить среднюю квадратическую погрешность одного измерения участка трассы.

#### Контрольные вопросы

1. Что такое погрешность измерения?
2. Чем различаются между собой случайные и систематические погрешности?
3. Перечислите свойства случайных погрешностей.
4. Как определяют наилучшее приближение к истинному значению измеряемой величины? Почему его называют вероятнейшим значением?

5. Что такое средняя квадратическая погрешность и для чего она служит?

6. Какую погрешность называют предельной?

7. По какой формуле определяется относительная погрешность измерений?

10. Как оценить точность измерений и среднее арифметическое, если дан ряд равноточных измерений?

11. Как оценить точность по разностям двойных равноточных измерений?

### Лабораторная работа 9.

#### Обработка результатов геодезических неравноточных измерений

**Цель занятия** – освоить методику нахождения вероятнейших значений, обработки и оценки точности результатов неравноточных измерений.

**Задание:**

Определение веса измерения величины среднеквадратических погрешностей.

Определение средневесового значения измеряемой величины

Определение средней квадратической погрешности одного измерения угла с весом, равным единице и среднего весового значения.

Ознакомление с источниками погрешностей и порядком их устранения

**Приборы и принадлежности:** калькулятор и бланки вариантов задания.

Н е р а в н о т о ч н ы м и называют измерения, выполненные приборами разной точности, разным числом приемов и в различных условиях. Для обработки таких измерений каждому измерению присваивают свой вес, вычисляемый по формуле

$$p = c/m^2 ,$$

где  $c$  – произвольное число.

Имея ряд результатов измерений  $l_1, l_2, \dots, l_n$ , полученных со средними квадратическими погрешностями  $m_1, m_2, \dots, m_n$ , определяют соответствующий им вес:

$$p_1 = c/m_1^2, \quad p_2 = c/m_2^2, \quad \dots, \quad p_n = c/m_n^2. \quad (17)$$

Окончательное значение измеряемой величины находят как общую арифметическую середину или среднее весовое по формуле

$$L_0 = \frac{P_1 l_1 + P_2 l_2 + \dots + P_n l_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} = \frac{[Pl]}{[P]}. \quad (18)$$

Контролем правильности вычисления среднего весового служит равенство  $[Pv] = 0$ , где поправки  $v_i$  вычисляют по формулам:

$$v_1 = L_0 - l_1, \quad v_2 = L_0 - l_2, \quad \dots, \quad v_n = L_0 - l_n.$$

Среднюю квадратическую погрешность одного измерения, имеющего вес, равный единице, определяют по формуле

$$\mu = \sqrt{\frac{[pv^2]}{n-1}}. \quad (19)$$

Оценку точности вероятнейшего значения  $L_0$  находят по формуле

$$M_0 = \mu / \sqrt{[P]}. \quad (20)$$

**Задание.** Требуется решить задачи по оценке точности неравноточных измерений

**Задача 1.** Направление угла поворота трассы измерено 5 раз. Каждый результат получен как среднее из нескольких приемов. Данные измерения и их обработка приведены в табл.17.

Определить среднее весовое значение угла, средние квадратические погрешности полученного значения и измерения с весом единица.

Т а б л и ц а 17

Номер измерения	Результаты измерений	Число приемов	Вес $P$	Значения		
				$v$	$P \cdot v$	$P \cdot v^2$
1	48°16'39"	6	3	+ 3,9	11,7	45,63
2	48°16'36"	2	1	+ 6,9	6,9	47,61
3	48°16'47"	6	3	- 4,1	- 12,3	50,43
4	48°16'43"	12	6	- 0,1	- 0,6	0,06
5	48°16'46"	4	2	- 3,1	- 6,2	19,22
$\Sigma P = 15$					- 0,5	162,95

**Примеры решения:**

а) определяют общую арифметическую середину или среднее весовое значение по формуле (18):

$$L_0 = 48^\circ 16' + \frac{3 \cdot 39 + 1 \cdot 36 + 3 \cdot 47 + 6 \cdot 43 + 2 \cdot 46}{3 + 1 + 3 + 6 + 2} = 48^\circ 16' 42,9'';$$

б) вычисляют среднюю квадратическую погрешность одного измерения, имеющего вес, равный единице, по формуле (19)

$$\mu = \sqrt{\frac{162,95}{(5-1)}} = 6,4'';$$

в) находят среднюю квадратическую погрешность среднего весового значения по формуле (2):

$$M_0 = \frac{6,4}{\sqrt{15}} = 1,6.$$

**Задача 2.** Даны результаты измерения угла:  $30^{\circ}01'8''$  – из двух повторений;  $30^{\circ}01'10''$  – из четырех повторений и  $30^{\circ}01'14''$  – из трех повторений. Определить вероятнейшее значение угла  $\beta_0$  и его среднюю квадратическую погрешность.

**Задача 3.** Средняя квадратическая погрешность результата измерения угла  $m = 4,5''$ , а вес результата  $P = 4$ . Определить среднюю квадратическую погрешность единицы веса.

**Задача 4.** Даны результаты измерения размеров котлована и получены значения: 26,85 м – из двух измерений; 26,96 м – из трех измерений и 26,76 м – из четырех измерений. Определить среднюю квадратическую погрешность измерений и вероятнейшее значение размера котлована.

### Источники погрешностей и их устранение

В связи с тем, что точность измерений на строительномонтажных работах увязывается со значениями строительных допусков, необходимо знать их величины погрешностей, источники их появления и методы устранения или ослабления. Ниже приводится перечень возможных источников систематических и случайных погрешностей, способов их устранения при измерении длин линий лентой и при геометрическом нивелировании.

Источники погрешностей при измерении длин линий лентой или рулеткой следующие:

1. Отклонение конца ленты (или рулетки) при измерениях от створа линии (допустимы до 15 см). Это позволяет укладывать мерный прибор в створе линии на глаз.

2. Несоответствие силы натяжения ленты при измерениях силе натяжения ее при компарировании (допустимо до 1,5 кг).

3. Неточность отсчитывания по ленте при измерении остатков линии (допустима до 1 см при длине линии 100 м и более). Остатки более коротких линий следует измерять стальной рулеткой.

4. Неточность определения длины ленты при компарировании (допустима до 3 мм).

5. Неточность определения поправки за наклон линии к горизонту (зависит от величины угла наклона, который можно измерять с ошибкой до 50, и величины превышения, определяемого с ошибкой до 1,5 м на 100 м расстояния).

6. Различие в температурах ленты в моменты компарирования и измерения (допустимо до 8 ).

7. Провес или прогиб ленты в вертикальной плоскости или изгиб ее в сторону (допускается до 0,1 м в одной из точек прибора).

8. Состояние поверхности, на которой располагается мерный прибор (измерения по вязкой и липкой почве могут привести к накоплению недопустимых ошибок).

Источники погрешностей при геометрическом нивелировании и их устранение:

1. Погрешность  $x$  в отсчетах по рейкам, возникающую при непараллельности визирной оси и оси цилиндрического уровня, можно устранить, соблюдая равенство плеч  $l$  (расстояний от нивелира до задней и передней реек). Действительно, при нивелировании по способу из середины и при наличии в отсчетах по рейкам погрешности  $x$  превышение  $h = (a - x_1) - (b - x_2) = a - b + (x_2 - x_1)$ . Так как  $x_1 = l_1 \operatorname{tgi}$  и  $x_2 = l_2 \operatorname{tgi}$ , то погрешность в превышении из-за наличия  $x$  будет:  $\Delta h = (x_2 - x_1) = (l_2 - l_1) \operatorname{tgi}$ . При  $l_1 = l_2$  погрешность в превышении  $\Delta h = 0$ . Так как угол  $i$  изменяется под влиянием температуры, то поверку параллельности визирной оси и оси цилиндрического уровня следует производить особенно тщательно.

2. Погрешности от оседания штатива можно избежать, если устанавливать его на твердом грунте, надежно вдавливая в него ножки. При перемещении пузырька цилиндрического уровня в одну сторону следует проверить крепление винтов штатива. При нивелировании заболоченной местности необходимо заранее в местах установки штатива и реек забивать прочные деревянные колья.

При нивелировании песчаной местности для устранения погрешностей от оседания реек следует пользоваться «башмаками», при нивелировании по пашне предварительно снимают верхний рыхлый слой и используют «костыли». При постановке «башмака» на траву снимают дерн. При нивелировании через торфяные болота в местах установки реек забивают большие колья с гвоздями в их головках. При нивелировании по льду следует предварительно произвести разбивку мест установки нивелира и реек и вморозить в лед колья с гвоздями на головках.

3. При геометрическом нивелировании способом из середины для уменьшения погрешностей  $\Delta$  в отсчетах, возникающих от оседания реек, рекомендуется производить отсчеты в такой последовательности: 1) по черной стороне задней рейки  $a_{\text{ч}}$ ; 2) по черной стороне передней рейки  $b_{\text{ч}}$ ; 3) по красной стороне передней рейки  $b_{\text{к}}$ ; 4) по красной стороне задней рейки  $a_{\text{к}}$ . Если допустить, что эти отсчеты выполняются через одинаковые промежутки времени, то погрешности в этих отсчетах следующие:

$\Delta a_{\text{ч}} = 0$ ;  $\Delta b_{\text{ч}} = \Delta$ ;  $\Delta b_{\text{к}} = 2\Delta$ ;  $\Delta a_{\text{к}} = 3\Delta$ . При этих условиях превышения на станциях определяют по формулам:

$$\begin{cases} h_{\text{ч}} = a_{\text{ч}} - (b_{\text{ч}} + \Delta) = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}} - \Delta; \\ h_{\text{к}} = (a_{\text{к}} + 3\Delta) - (b_{\text{к}} + 2\Delta) + a_{\text{к}} - b_{\text{к}} + \Delta, \end{cases}$$

а их средние значения  $h = (h_{\text{ч}} + h_{\text{к}})/2$  будут свободны от погрешностей  $\Delta$ .

Так как оседание оставленной на точке рейки происходит и при переходе с нивелиром на следующую станцию (для которой она будет задней), то для избавления от погрешностей, вызываемых оседанием реек, следует ставить их на «костыли», деревянные колышки или «башмаки», забиваемые в твердый грунт. Если при правильных отсчетах по рейкам суммы превышений прямого и обратного ходов будут значительно отличаться друг от друга, то одна из причин этого – оседание реек.

4. Погрешности от рефракции и конвекционных токов воздуха имеют наибольшее значение с 11 до 15 часов дня. Поэтому рекомендуется производить нивелирование в ранние утренние и вечерние часы. К 11 часам расстояния между нивелиром и рейкой следует сокращать. В горных условиях работу можно выполнять в любое время дня при расстояниях между нивелиром и рейкой не более 20 м.

5. Погрешности в отсчетах от неточного нанесения делений на рейках должны быть определены при компарировании реек и учтены при вычислении превышений путем введения соответствующих поправок в отсчеты по рейкам.

6. Погрешность от наклона реек носит систематический характер. Погрешность отсчета по наклонной рейке  $\Delta_{\text{н}} = a' - a$ , где  $a'$  и  $a$  – отсчеты соответственно по наклонно и вертикально установленным рейкам. Отсчет  $a = a \cdot \cos \varepsilon$ , где  $\varepsilon$  – угол между наклонно и вертикально установленными рейками. По размеру угла  $\varepsilon$  можно принять  $\cos \varepsilon = 1 - \varepsilon^2 / (2p^2)$ , где  $p = 3438'$ . При этих условиях  $\Delta_{\text{н}} = a' \varepsilon^2 / (2p^2)$ . При  $a = 3$  м и  $\varepsilon = 15'$  погрешность  $\Delta_{\text{н}} = 0,03$  мм.

### Контрольные вопросы

1. Что понимают под весом измерения и по какой формуле его можно вычислить?
2. Какой ряд измерений называют неравноточным?
3. Что такое средняя квадратическая погрешность единицы веса?
4. Что такое весовое среднее и как его определить?
5. Как вычислить среднюю квадратическую погрешность среднего весового значения и результатов ряда неравноточных измерений?
6. Назовите источники погрешностей измерения при геометрическом нивелировании.
7. Назовите возможные источники случайных и систематических погрешностей при измерении длин линий.

## 4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

### Лабораторная работа 10.

#### Расчет разбивочных элементов контура котлована и траншеи

**Цель занятия** – приобрести навыки определения разбивочных элементов при перенесении в натуру контуров котлована и траншей.

**Задание:**

Приобрести навыки определения разбивочных элементов при перенесении в натуру контуров котлована и траншей.

Произвести расчет разбивочных элементов котлована под фундаменты здания в условиях горизонтальной стройплощадки.

Произвести расчет разбивочных элементов котлована под фундаменты здания в условиях наклонной стройплощадки.

Произвести расчет размеров траншеи для прокладки трубопровода.

**Пособия и принадлежности:** план строительного участка, линейка, циркуль измеритель, калькулятор, рабочая тетрадь, лист чертежной бумаги.

Размеры котлованов определяют исходя из общих размеров сооружения в плане, глубины его заложения, крутизны откосов, а также принятых методов выполнения основных производственных процессов.

При разбивке котлована от основных осей откладывают проектные отрезки (разбивочные элементы) и получают нижнюю и верхнюю бровки котлована.

Расчеты разбивочных элементов рассмотрим на двух примерах котлованов.

**Пример 1.** Произвести расчет элементов котлована, если поверхность стройплощадки горизонтальна, по следующим исходным данным: размеры здания в осях 1-1, А-А равны  $a=12$  м и  $b=60$  м; глубина котлована  $h=2$  м; крутизна откоса  $k=1:m=1:0,67$ , ширина ленточного сборного фундамента  $l_{\phi}=1,80$  м; зазор между фундаментом и нижней гранью котлована  $l_n=0,30$  м.

1. Для построения контура нижней грани котлована откладываем на плане от основных осей расстояния  $d_k$ , которые определяют как сумму половины ширины фундаментной подушки ( $l_{\phi/2}=0,90$  м) плюс зазор (0,30 м) (для гидроизоляции битумом).

$$d_n = l_{\phi/2} + l_n = 0,90 + 0,30 = 1,2 \text{ м.}$$

Размер котлована по низу определяем по формулам:

$$a_1 = 2d_n + a = 2 \cdot 1,2 + 12 = 14,4 \text{ м;}$$

$$b_1 = 2d_n + b = 2 \cdot 1,2 + 60 = 62,4 \text{ м.}$$

На рис. 15 нижний контур котлована показан пунктиром.

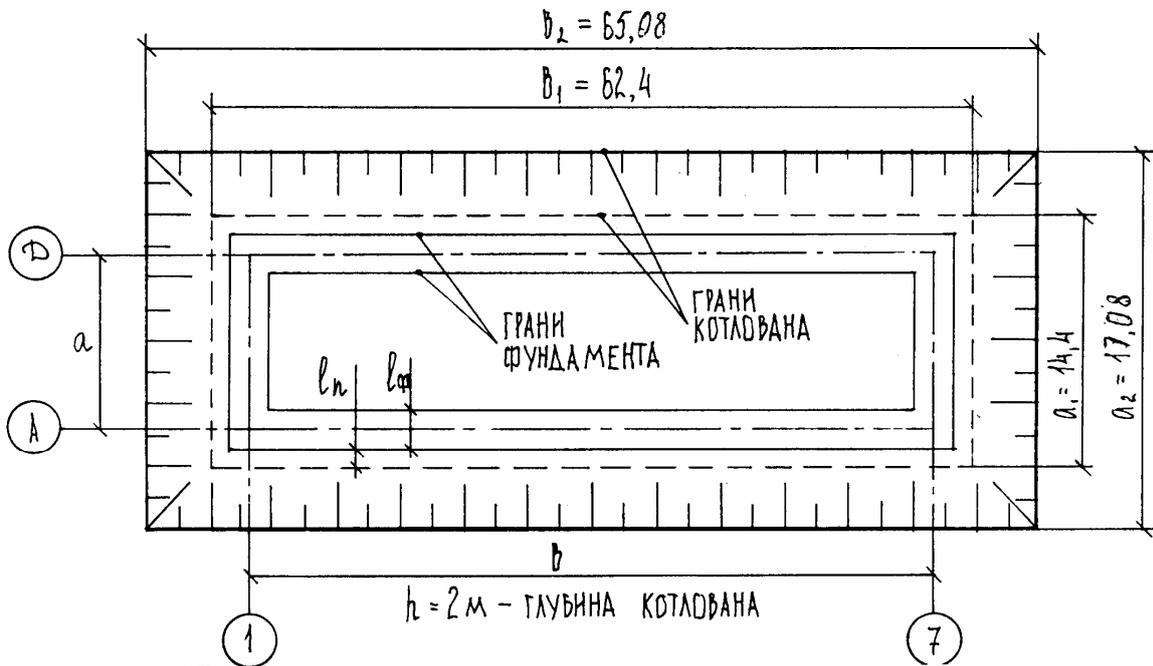


Рис.15. Схема контура котлована

2. Верхняя грань котлована, отстоит от нижней на расстоянии  $d$ , при крутизне откоса  $1:m = 1:0,67$  и глубине котлована  $h = 2$  м:

$$d = h \cdot m = 2 \cdot 0,67 = 1,34 \text{ м.}$$

Тогда размеры котлована по верху вычисляем по формулам:

$$a_2 = 2d + a_1 = 2 \cdot 1,34 + 14,4 = 17,08 \text{ м;}$$

$$b_2 = 2d + b_1 = 2 \cdot 1,34 + 62,4 = 65,08 \text{ м.}$$

Продольный разрез котлована показан на рис.16.

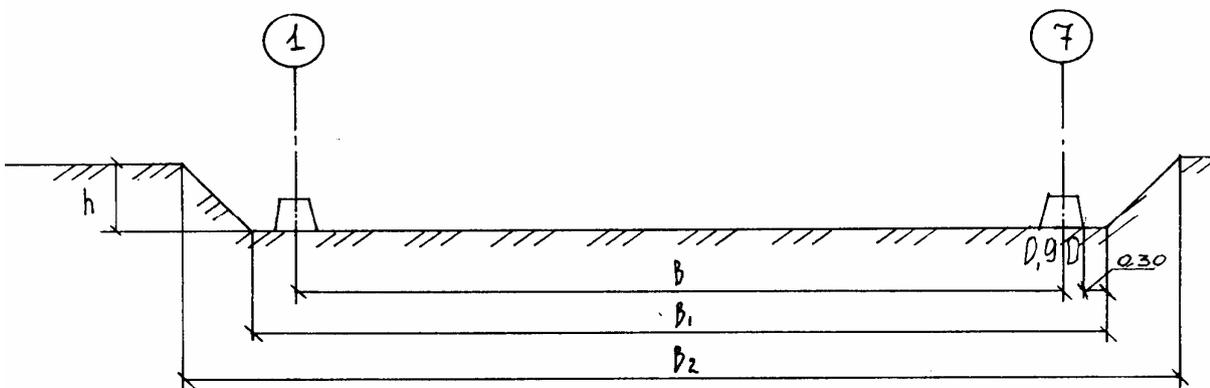


Рис.16. Продольный разрез котлована

**Пример 2.** Произвести расчет элементов котлована, если поверхность стройплощадки наклонна. Исходные данные: размеры здания в осях А-А и 1-1 равны 60×24 м, проектная отметка дна котлована  $H_{\text{д}}=95,000$  м; крутизна откоса  $\kappa=1:m=1:1,2$  ( $i_0=1:1,20=0,83$ ); ширина фундамента  $l_{\text{ф}}=1,80$  м; ширина пазух  $l_n=0,30$  м (рис.17).

1. Построение нижней грани котлована выполняем по примеру 1:

$$d_{\text{н}}=1,2 \text{ м.}$$

Размеры котлована по низу

$$a_1=24 + 2 \cdot 1,2 = 26,4 \text{ м; } b_1=60 + 2 \cdot 1,2 = 62,4.$$

2. В точках 1, 2, 3, 4 рис. 17, определяют отметки  $H_i$  этих точек по формуле (12), вычисляя их до 0,01 м. Например, для определения отметки точки 1

$$H_1= 99,5 + (8/19) \cdot 0,5 = 99,71.$$

Все полученные отметки точек записывают в графу 2 ведомости вычислений разбивочных элементов контуров верхней бровки котлована (табл.18).

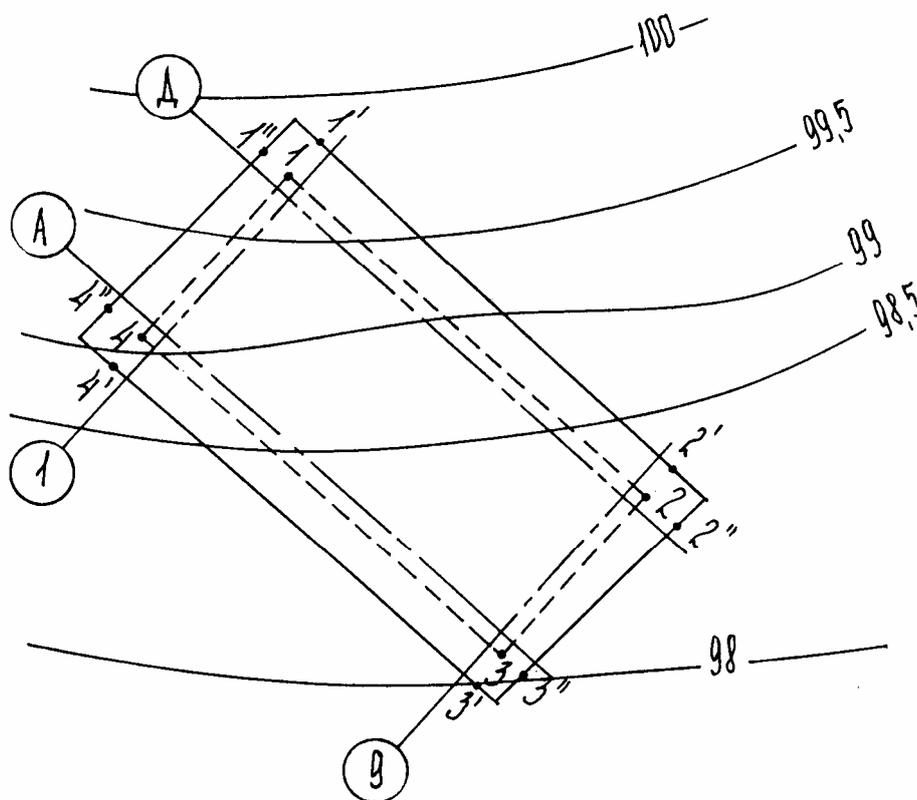


Рис. 17. Фрагмент плана строительного участка с контурами котлована

3. От полученных точек по осям зданий откладывают расстояние  $l_i$ , получают вспомогательные точки 1', 2', 3', 4' и определяют отметки в этих точках  $H_i$ .

Расстояние  $l_i$  выбирают так, чтобы точки располагались обязательно за верхней гранью котлована, по возможности – ближе к ней.

Для этого вычисляют глубину котлована  $h=H_i-H_D$  и по крутизне откоса  $k=h/d'$  рассчитывают приближенное значение расстояния между нижней и верхней бровками  $d'=h/k$ .

Для наиболее высокой точки 1 здания имеем

$$H_1=99,71 \text{ м}; h = 99,71-95,00 = 4,71 \text{ м и } d'=4,71/0,83\approx 5,68 \text{ м.}$$

С определенным запасом принимаем  $l=7$  м. Это значение примем для всех точек, расположенных по северной стороне здания. Аналогичным образом получают для южной стороны. Значения  $l_i$  записывают в графу 4, а отметки  $H_i'$  – в графу 3 ведомости вычислений.

Т а б л и ц а 18

Ведомость вычислений разбивочных элементов контуров верхней бровки котлована

Название линий	Отметки, м		Длина линии $l_i$ , м	Уклон линии $i_i = \frac{H_i' - H_i}{l_i}$	Расстояние между бровками, м $d = \frac{H_i - H_D}{i_0 - i_i}$	Отметка верхней бровки, м $H_i^0 = H_D - i_0 d_i$
	$H_i$	$H_i'$				
1	2	3	4	5	6	7
1-1'	99,71	99,92	7,0	+0,03	5,89	99,89
2-2'	98,35	98,40	5,0	+0,01	4,08	98,39
2-2''	98,35	98,30	5,0	-0,01	3,99	98,30
3-3'	98,05	98,0	4,0	-0,013	3,62	98,00
3-3''	98,05	98,0	4,0	-0,013	3,62	98,00
4-4'	99,06	98,90	6,0	-0,027	4,74	98,93
4-4''	99,06	99,18	6,0	+0,02	5,01	99,16
1-1''	99,71	99,90	7,0	+0,027	5,86	99,87

4. Вычисляют уклоны линий местности по формуле

$$i_i=(H_i'-H_i)/l_i,$$

а результаты заносят в графу 5 табл. 18.

Так, для линии 1-1 имеем

$$i_{1-1'}=(99,92-99,71)/7=+0,030.$$

5. Расстояния (горизонтальные проложения) между нижней и верхней бровками вычисляют по формуле

$$d_i=(H_i-H_D) / (i_0-i_i).$$

Для линии 1-1' в нашем примере имеем:

$$d_{1-1'} = (99,71 - 95,00) / (0,830 - 0,030) = 5,89 \text{ м.}$$

Результаты вычислений записывают в графу 6 табл. 18.

Расстояния  $d_i$  откладывают в соответствующем масштабе на плане от точек контура нижней бровки, соединяют полученные точки ломаной линией, обозначающей контур верхней бровки котлована. На рис.18 контур верхней бровки обозначен сплошной чертой.

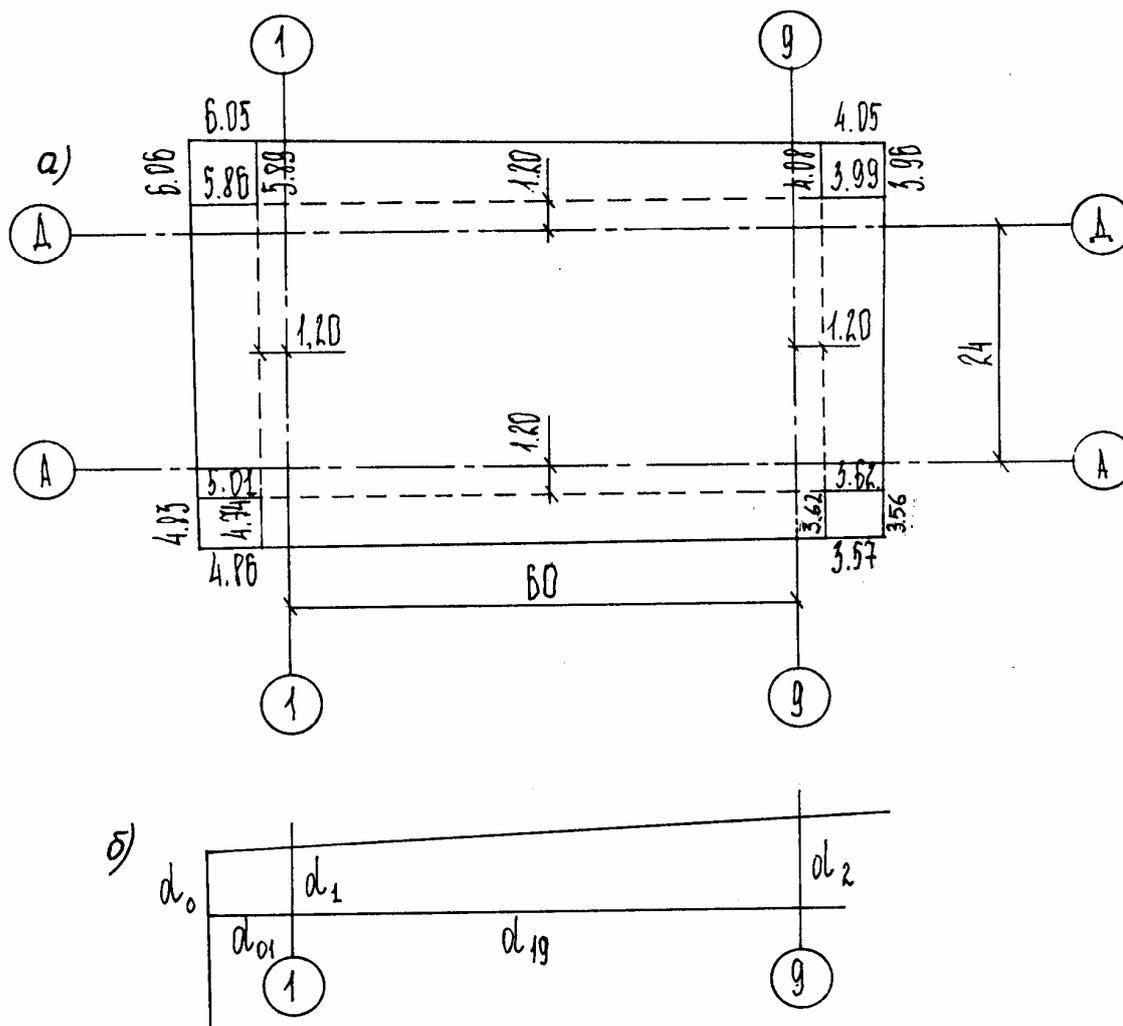


Рис.18. Разбивочный чертеж котлована:  
а – общий вид; б – схема определения расстояний в углах котлована

Для последующего определения объемов земляных работ вычисляют отметки  $H_i^0$ , точек верхней бровки (точек нулевых работ) по формуле

$$H_i^0 = H_D + i_0 d_i.$$

В рассмотренном примере для линии 1-1'

$$H_{1-1'} = 95,00 + 0,83 \cdot 5,89 = 99,89 \text{ м.}$$

Полученные значения отметок вписывают в графу 7. Для контроля определяют отметки точек верхней бровки по плану и сравнивают их с вычисленными значениями. Такое сравнение позволяет выявить грубые ошибки при вычислениях или построениях на плане.

Для определения расстояния  $d_0$  по верхней бровке до угла контура котлована (рис.18) используют формулу

$$d_0 = d_1 - (d_2 - d_1) \cdot d_{01} / d_{19},$$

где  $d_1$  и  $d_2$  – расстояния между бровками котлована в ближайшей и последующих точках;

$d_{19}$  – расстояние между этими точками по нижней бровке;

$d_{01}$  – расстояние между бровками, примыкающее к определенному расстоянию.

В нашем примере для северо-восточного угла контура котлована имеем:

$$d_{0 \text{ прод}} = 5,89 - (4,08 - 5,89) \cdot 5,86 / 62,4 = 6,06 \text{ м};$$

$$d_{0 \text{ поп}} = 5,86 - (5,01 - 5,86) \cdot 5,89 / 26,4 = 6,05 \text{ м}.$$

Для построения контуров котлована на местности составляют разбивочный чертеж (см. рис.18), на котором показывают основные оси здания, контуры нижней и верхней бровок котлована, выписывают значения всех разбивочных элементов.

Размеры траншей, наименьшую ширину по дну следует принимать в зависимости от типа и диаметра прокладываемых труб, способа их укладки согласно СНиПу.

Ширина траншей по дну при диаметре труб свыше 3,5 м, а также на кривых участках трассы устанавливается проектом. Ширина траншей с откосами (рис.19,а) по дну принимается равной диаметру трубы плюс 0,5 м при укладке трубопроводов из отдельных труб и диаметру трубы плюс 0,3 м – при укладке плетями. При устройстве креплений (см. рис.19, б) ширину траншеи увеличивают на их толщину.

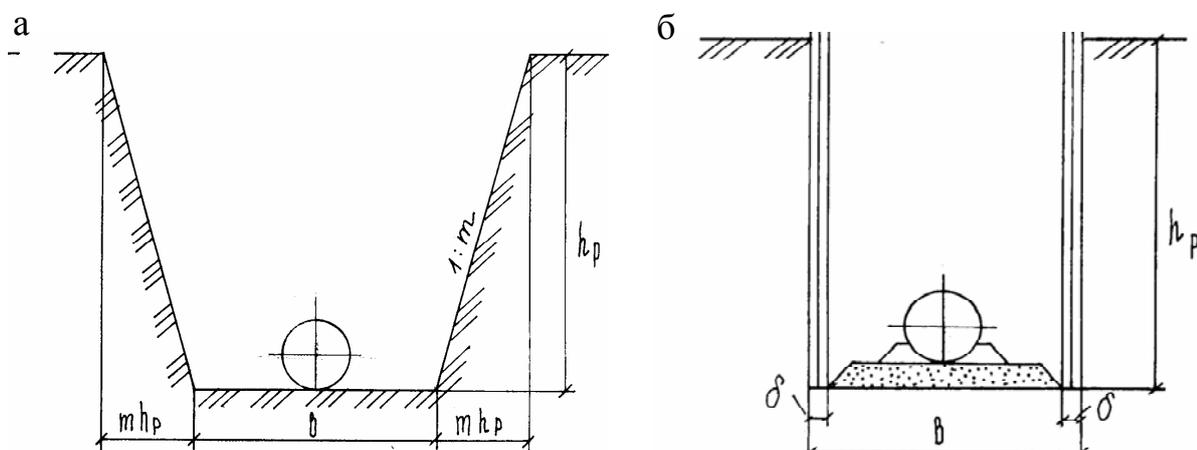


Рис.19. Схема для определения размеров траншей

Ширина траншеи поверху определяется крутизной ее откоса. Глубина траншеи зависит от глубины заложения труб, которая во всех случаях должна быть на 0,5 м больше расчетной глубины промерзания грунта.

**З а д а н и е .** По заданию преподавателя определить размеры контуров котлована или траншей.

## Лабораторная работа 11. Определение объемов земляных работ при выемке грунта из котлована и траншеи

**Цель занятия** – закрепить навыки определения объемов земляных работ при выемке грунта из котлована и траншеи.

**Задание:**

Закрепить навыки определения объемов земляных работ при выемке грунта из котлована и траншеи.

Вычисление объема земляных работ в котловане с условием горизонтальной стройплощадки.

Вычисление объема земляных работ в котловане с условием наклонной стройплощадки.

Вычисление объема разрабатываемого грунта при рытье траншеи.

Составление продольного профиля траншеи и ведомости вычисления объемов земляных работ.

**Пособия и принадлежности:** калькулятор, материалы подготовки данных для разбивки контуров котлована или траншей, тетрадь.

Расчет объемов земляных работ по устройству выемок (котлованов и траншей) при известных размерах достаточно прост.

Рассмотрим расчеты объемов земляных работ на примерах котлованов, рассмотренных на лабораторном занятии №10, где были определены их контуры.

В первом котловане разрабатываемый грунт имеет форму усеченной четырехугольной призмы, объем которой определяем по формуле

$$V = \frac{S_{\text{но}} + S_{\text{во}}}{2} h,$$

где  $S_{\text{но}} = a_1 \cdot b_1$  – площадь нижнего основания;

$S_{\text{во}} = a_2 \cdot b_2$  – площадь верхнего основания;

$h$  – глубина котлована.

По размерам котлована (см. рис.15) вычисляем его объем:

$$V = \frac{14,4 \cdot 62,4 + 17,08 \cdot 65,08}{2} \cdot 2 = 2010,13 \text{ м}^3.$$

Во втором примере для вычисления объема грунта контур котлована разбивают на простые фигуры.

На рис.20 контур котлована разбит на треугольники – 1,2; трапеции – 3,4,5,6; четырехугольники – 7,8,9,10.

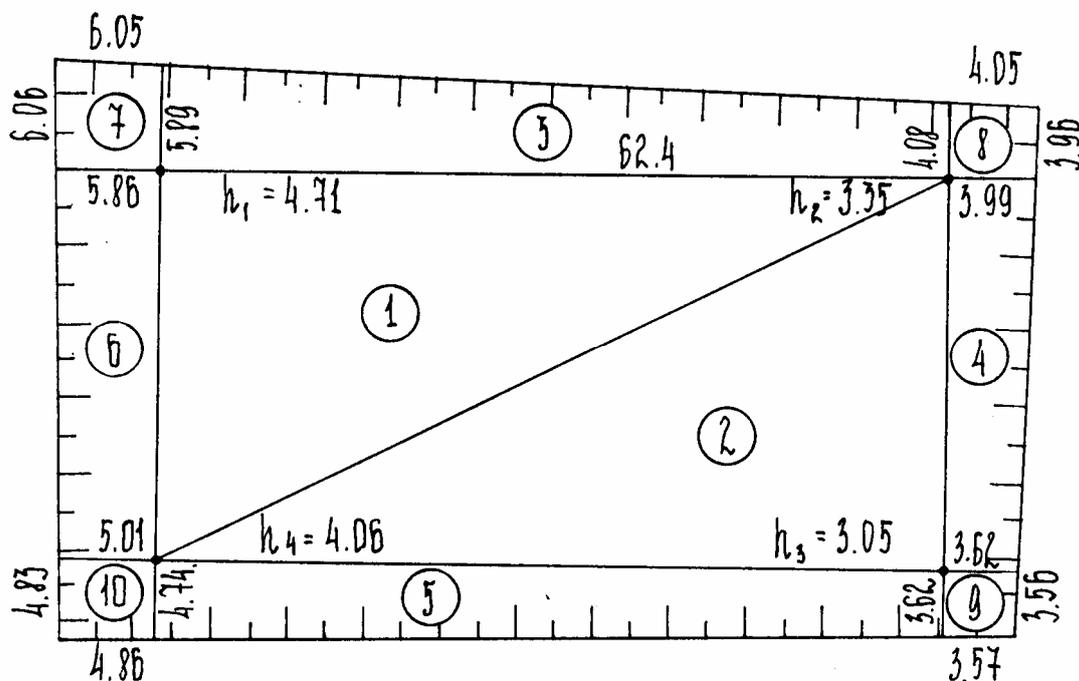


Рис.20. Схема определения объемов земляных работ

Для подсчета объемов земляных работ на схеме котлована обозначают расстояние между бровками котлована.

Для всех точек по нижней бровке котлована вычисляют рабочие отметки и выписывают их на схему. Рабочие отметки вычисляют по формуле

$$h_i = H_i - H_{\text{д}},$$

где  $H_i$  – отметка поверхности земли в  $i$ -й точке, выбираемая из графы 2 табл.18.

Например, рабочая отметка точки 1 равна  $h_1 = 99,71 - 95,00 = 4,71$  м.

При определении объемов земляных работ тела, образованные в результате разбивки контура котлована на фигуры, с некоторой погрешностью принимают за тела правильной геометрической формы, а вычисления объемов осуществляют по известным из геометрии формулам.

Объем 1 и 2 фигур определим как объемы усеченных треугольных призм, расположенных в основании котлована:

$$V_1 = \frac{ab}{2} \left( \frac{h_1 + h_2 + h_4}{3} \right) = \frac{62,4 \cdot 26,4}{2} \left( \frac{4,71 + 3,35 + 4,06}{3} \right) = 3327,7 \text{ м}^3;$$

$$V_2 = \frac{ab}{2} \left( \frac{h_2 + h_3 + h_4}{3} \right) = \frac{62,4 \cdot 26,4}{2} \left( \frac{3,35 + 3,05 + 4,06}{3} \right) = 2871,9 \text{ м}^3.$$

Объемы фигур 3 и 5 определяем как объемы треугольных призм, расположенных у откосов продольных сторон котлована:

$$V_3 = \left( \frac{h_1 d_1}{2} + \frac{h_2 d_2}{2} \right) \frac{b}{2} = \left( \frac{4,71 \cdot 5,89}{2} + \frac{4,08 \cdot 3,35}{2} \right) \cdot \frac{62,4}{2} = 645,8 \text{ м}^3;$$

$$V_5 = \left( \frac{h_4 d_4}{2} + \frac{h_3 d_3}{2} \right) \frac{b}{2} = \left( \frac{4,06 \cdot 4,37}{2} + \frac{3,62 \cdot 3,05}{2} \right) \cdot \frac{62,4}{2} = 449,0 \text{ м}^3.$$

Объемы фигур 4 и 6 определяем как объемы четырехугольных призм, расположенных у откосов поперечных сторон котлована:

$$V_4 = \left( \frac{h_2 d'_2}{2} + \frac{h_3 d'_3}{2} \right) \frac{a}{2} = \left( \frac{3,35 \cdot 3,99}{2} + \frac{3,05 \cdot 3,62}{2} \right) \cdot \frac{26,4}{2} = 161,1 \text{ м}^3;$$

$$V_6 = \left( \frac{h_1 d'_1}{2} + \frac{h_4 d'_4}{2} \right) \cdot \frac{a}{2} = \left( \frac{4,71 \cdot 5,86}{2} + \frac{5,01 \cdot 4,06}{2} \right) \cdot \frac{26,4}{2} = 316,4 \text{ м}^3.$$

Объемы фигур 7, 8, 9, 10 определяем как объемы четырех призм, расположенных в углах котлована.

$$V_7 = \frac{(d_1 + d_{01}) \cdot (d'_1 + d'_{01}) h_1}{12} = \frac{(5,89 + 6,06) \cdot (5,86 + 6,05)}{12} \cdot 4,71 = 55,9 \text{ м}^3;$$

$$V_8 = \frac{(d_2 + d_{02})(d'_2 + d'_{02}) h_2}{12} = \frac{(4,08 + 3,96)(3,99 + 4,05) 3,35}{12} = 18,0 \text{ м}^3;$$

$$V_9 = \frac{(d_3 + d_{03})(d'_3 + d'_{03}) h_3}{12} = \frac{(3,62 + 3,57)(3,62 + 3,56) 3,05}{12} = 13,1 \text{ м}^3;$$

$$V_{10} = \frac{(d_4 + d_{04})(d'_4 + d'_{04}) h_4}{12} = \frac{(5,01 + 4,86)(4,74 + 4,83) 4,06}{12} = 32,0 \text{ м}^3.$$

Следовательно, общий объем земляных работ при выемке грунта при сооружении данного котлована составит:

$$V = \sum_{i=1}^{10} V_i = 3327,7 + 2871,9 + 645,8 + 449,0 + 161,1 + 316,4 + 55,9 + 18,0 + 13,1 + 32,0 = 7890,9 \text{ м}^3.$$

Расчет объемов земляных работ, выполненных при рытье траншеи, рассмотрим на следующем примере.

Определить объем разрабатываемого грунта при рытье траншеи, в которую будет уложен канализационный коллектор из железобетонных труб  $d=720$  мм, длиной 400 м, расстояние между колодцами 100 м. Траншея открывается в отвал без крепления стенок, грунт – суглинок. Продольный профиль траншеи показан на рис.21.

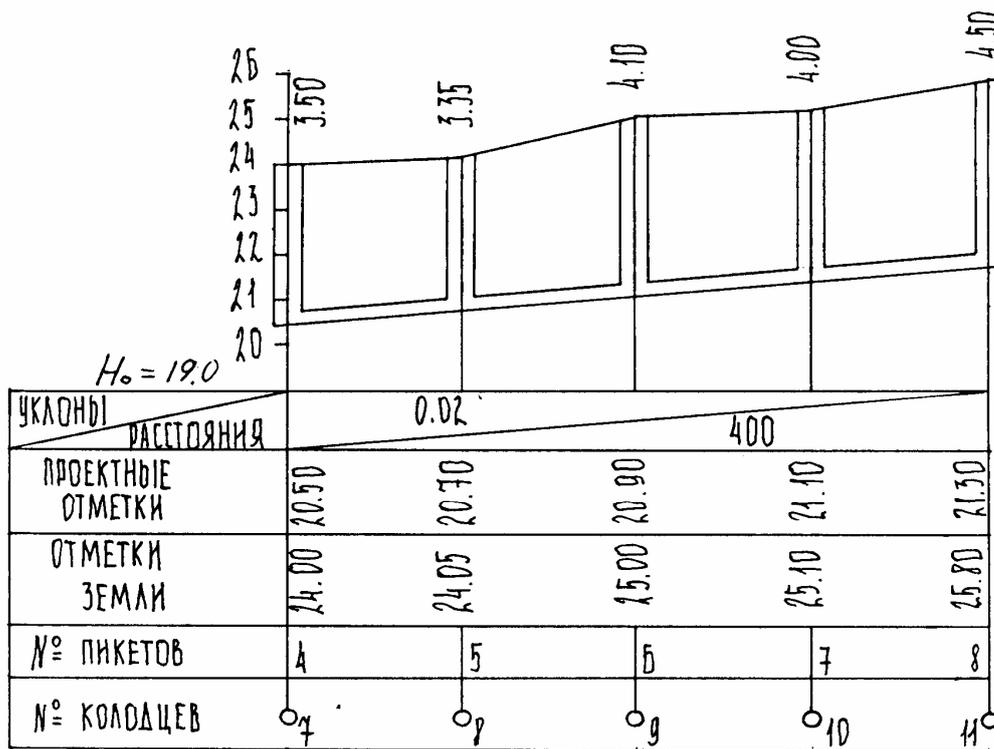


Рис.21. Продольный профиль траншеи

Подсчет объемов земляных работ сведем в табл. 19.

Значения рабочих отметок записывают в графу 2 табл. 19 с продольного профиля траншеи.

Средние рабочие отметки вычисляют по формуле

$$h_{\text{ср}} = 1/2(h_1 + h_2),$$

где  $h_1$  и  $h_2$  – рабочая отметка на соседних пикетах.

Таблица 19

Ведомость вычисления объемов земляных работ в траншее

Пикеты	Рабочие отметки $h$ , м	Средние рабочие отметки $h_{\text{ср.м}}$	Средние площади $S_{\text{ср.}}$ , $\text{м}^2$	Поправки $\delta$ , $\text{м}^2$	Исправ- ленные площади $S_{\text{р.}}$ , $\text{м}^2$	Объемы $V$ , $\text{м}^3$
1	2	3	4	5	6	7
4	3,50	3,42	14,65	–	14,65	1465
5	3,35	3,73	16,85	0,04	16,89	1689
6	4,10	4,05	19,27	–	19,27	1927
7	4,00	4,25	20,86	0,02	20,88	2088
8	4,5					
					ИТОГО	7169

Среднее значение площадей поперечных сечений траншеи на соответствующих пикетах находим по формуле

$$S_{\text{cp}} = (b + ih)h_{\text{cp}},$$

где  $b=d+1=1,72$  – ширина траншеи по дну при коэффициенте откоса  $i = 0,750$  и диаметре трубы  $d=0,72$  м.

Поправки при коэффициенте откоса  $i$  определяют

$$\delta = i / 12 (h_1 + h_2)^2.$$

Эта поправка всегда положительна. Исправленные площади  $S_p = S_{\text{cp}} + \delta$ .

Объемы участков траншеи между пикетами определяем по формуле

$$V = S_p l,$$

где  $l$  – длина пикета;  $l=100$  м.

Следовательно, общий объем грунта, разработанного на всем участке коллектора, будет равен сумме объемов на всех пикетах. В итоге получаем  $7169 \text{ м}^3$ .

**З а д а н и е .** Определить объемы земляных работ при выемке грунта из котлована или траншеи (по заданию преподавателя).

### Контрольные вопросы

1. Какие разбивочные элементы определяют при разработке проекта контура котлована при перенесении на местность?
2. Как можно определить отметки точек при нахождении расстояний от осей здания до контура котлована?
3. На какие фигуры разбивают контур котлована для подсчета объемов земляных работ?
4. Как определить объемы тел, образованных этими фигурами?
5. Как определить объемы земляных работ при разбивке траншей?

### Лабораторная работа 12.

#### Расчет разбивочных данных для выноса в натуру фундаментов – центров бычков арочной плотины

**Цель занятия** – осветить специфику алгоритма расчета разбивочных элементов для строительства многопролетных сооружений.

#### **З а д а н и е :**

1. Вычислить дирекционные углы продольных осей смежных бычков.
2. Рассчитать проектные координаты центров бычков.
3. Определить разбивочные элементы для перенесения центров бычков на местность от пунктов геодезической сети.
4. Составление разбивочного чертежа.

Проектом задан радиус плотины ( $R = 600$  м), длина плотины по кривой ( $K = 760,50$  м), расстояние между продольными осями смежных бычков ( $K = 16,25$  м), координаты центрального знака  $C$ , пунктов триангуляции, начала оси плотины (точка  $O$ ). Каталог координат триангуляции пунктов представлен в табл.20.

Т а б л и ц а 20

Каталог координат

Пункт	Координаты, м		Пункт	Координаты, м	
	$X$	$Y$		$X$	$Y$
I	0	1000,00	$V$	525,800	850,000
II	811,994	1000,000	$C$	465,240	1574,000
III	150,550	697,210	$O$	134,161	1073,610
IV	746,222	725,000	–	–	–

Указания по выполнению заданий

Геодезическая подготовка проекта состоит из двух этапов. На первом этапе от геометрического центра плотины  $C$  вычисляют координаты точек  $0, 1, 2, 3, \dots$ , лежащих на оси плотины. Для этого рассчитывают дирекционные углы (исходного направления) и  $\alpha_{c-0}$  (направления на начальную точку плотины  $0$ ). Эти дирекционные углы получают из решения обратных геодезических задач по координатам начальной и конечной точек линии (табл.21).

Т а б л и ц а 21

Решение обратной геодезической задачи

Обозначение	1	I	0		
	2	$C$	$C$	$C$	
$X_2; Y_2$		0	1000,000	134,161	1073,610
$X_1; Y_1$		465,240	1574,000	465,240	1574,000
$X_2-X_1; Y_2-Y_1$		– 465,240	– 574,000	331,079	– 500,000
$\operatorname{tgr}$		1,233772		1,511392	
$r, \alpha$		ЮЗ $50^\circ 58' 28''$ ; $230^\circ 58' 28''$		ЮЗ $56^\circ 30' 25''$ ; $236^\circ 30' 35''$	
$\cos r, \sin r$		0,629667	0,776865	0,551796	0,833979
$d_{1-2}$		738,867	738,867	600,003	600,003

Производство инженерно-геодезических работ при гидротехническом строительстве связано с целым рядом особенностей. Главные из них заключаются в том, что сооружения гидроузла объединены общей геометрической связью, которая строго выдерживается при перенесении проекта в натуру. Создаваемое на территории строительства геодезическое плановое обоснование обеспечивает съемочные и разбивочные работы, монтаж агрегатов и наблюдения за деформациями сооружения. Оно создается, как правило, в виде триангуляции со сторонами от  $0,5-1,5$  км.

Составной частью гидроузла является плотина. Наиболее сложные по форме – современные арочные плотины. Перенесение в натуру проектных осей и других элементов осуществляют, как правило, способом прямой угловой засечки с пунктов разбивочной основы, расположенных на верховой и низовой перемычках, или с пунктов триангуляции. Для обеспечения точности переноса в 1 см необходимо, чтобы углы засечки находились в пределах от 70° до 100°.

В рассматриваемом примере геодезическая сеть состоит из пяти пунктов триангуляции: I, II, III, IV, V и центрального знака – т.С (рис.22). За начало координат принят пункт I, за ось абсцисс – линия I-II.

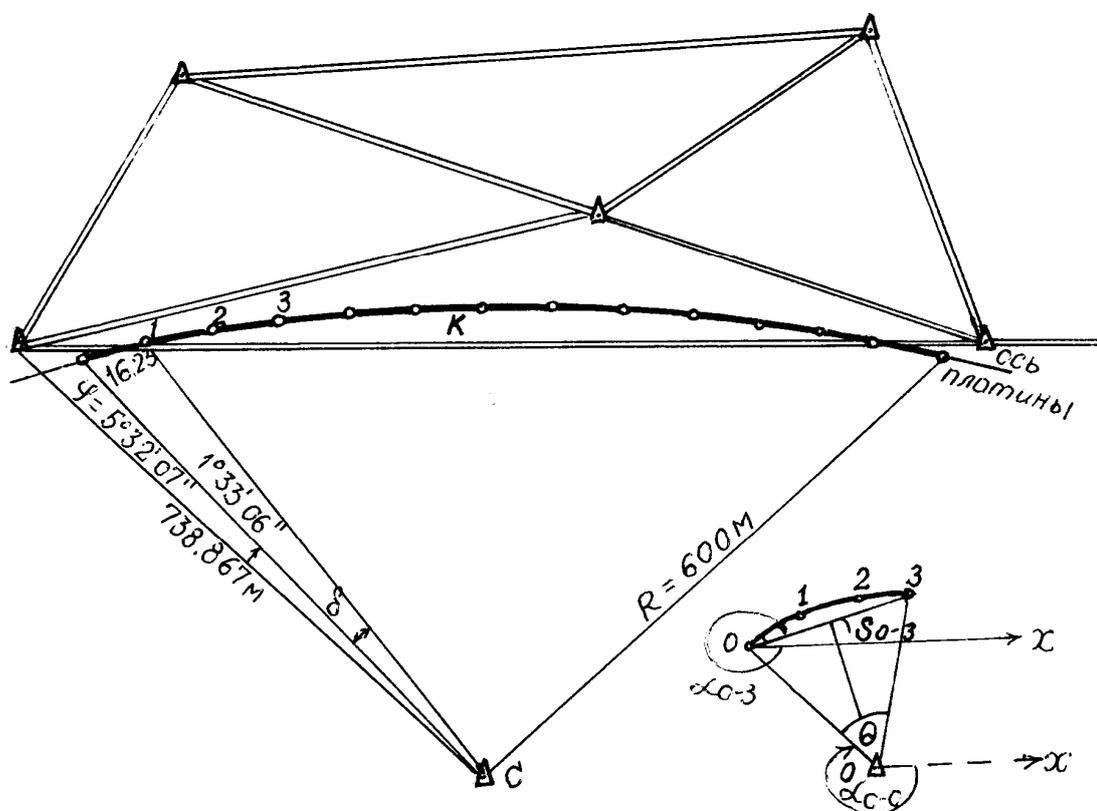


Рис.22. Схема арочной плотины и пунктов геодезической сети

Далее находят центральный угол  $\delta$  (см.рис.22) между направлениями продольных осей смежных бычков по формуле

$$\delta = \frac{K \cdot \rho}{R},$$

где  $K = 16,25$  м;  $\rho = 206265''$ .

В нашем примере

$$\delta = \frac{16,25 \cdot 206265}{600} = 1^{\circ}33'06''.$$

По углу  $\delta$  и дирекционному направлению  $\alpha_{c-0}$  вычисляют дирекционные углы продольных осей  $\alpha_{c-i}$  по формуле

$$\alpha_{c-i} = \alpha_{c-0} + \delta_i,$$

где  $i$  – номер оси.

Так для оси С-1 имеем

$$\alpha_{c-1} = \alpha_{c-0} + \delta = 236^\circ 30' 35'' + 1^\circ 33' 06'' = 238^\circ 03' 41''.$$

Координаты центров бычков вычисляют по дирекционным углам продольных осей и радиусу плотин с использованием формул прямой геодезической задачи:

$$X_1 = X_c + R \cos \alpha_{c-1};$$

$$Y_1 = Y_c + R \sin \alpha_{c-1}.$$

Образец вычисления координат приведен в табл.22.

Т а б л и ц а 22

Вычисление координат точек по оси плотины

Номер точки	Направление продолжения оси	Дирекционный угол $\alpha$	Радиус плотины $R$ , (м)	$\cos \alpha$
1	2	3	4	5
0	С-0	236°30'35"	600,00	
1	С-1	238°03'41"	600,00	- 0,529010
2	С-2	239°36'47"	600,00	- 0,505835
3	С-3	241°09'53"	600,00	- 0,482289

Номер точки	$\sin \alpha$	$\Delta x$ , м	$\Delta y$ , м	$X$ , м	$Y$ , м
1	6	7	8	9	10
С				+469,240	+1574,00
0				+134,161	+1073,610
1	- 0,848615	- 317,406	- 509,169	+167,834	+1064,831
2	- 0,862629	- 303,501	- 517,578	+161,739	+1056,422
3	- 0,876012	- 289,373	- 525,607	+175,867	+1048,393

Для контроля вычисляют координаты центров бычков по длинам и дирекционным углам хорд.

Для проверки координаты точки 3 рассчитывают длину стягивающей хорды 0-3 по формуле

$$S = 2R \sin \frac{\Theta}{2},$$

в которой  $\Theta$  находят из соотношения

$$\Theta = \frac{16,25\text{м} \cdot 3 \cdot 57,29576^\circ}{600,000\text{м}} = 4,65528^\circ.$$

Отсюда

$$S_{0-3} = 1200\text{м} \cdot \sin \frac{4,65528}{2} = 48,737 \text{ м.}$$

Пользуясь рис. 22 вычисляем дирекционный угол хорды 0-3:

$$\alpha_{0-3} = \alpha_{c-0} + 180^\circ - \left( 90^\circ - \frac{\Theta}{2} \right) = 236,50971^\circ - 92,32764^\circ = 328,83735^\circ.$$

Таким образом, координаты точки 3 получены вторично:

$$X_3 = X_0 + S_{0-3} \cos 328,83735^\circ = 1073,610 - 48,737 \cdot 0,517467 = 1048,390.$$

На втором этапе подготовки проекта переносом в натуру центров бычков вычисляют дирекционные углы направлений по найденным координатам пунктов триангуляции I и III. Дирекционные углы направлений с пунктов триангуляции на центры бычков определяют путем решения обратных геодезических задач. Решение задач для рассматриваемого примера приведены в табл. 23 и 24.

Для построения в натуре центров бычков необходимо знать разбивочные углы на пунктах триангуляции I и III. Так для центра бычка 1 требуется вычислить углы  $\beta'_1$  и  $\beta''_1$ .

Разбивочные углы получают как разность дирекционных углов направлений. Например, угол  $\beta'_1$  с пункта триангуляции I равен разности дирекционных углов  $\alpha_{I-III}$  и  $\alpha_{I-i}$ , т.е.  $\beta'_1 = 87^\circ 14' 33''$ .

Значения разбивочных элементов для точек 0, 1, 2, 3 представлены в табл. 25.

По результатам вычислений составляем разбивочный чертеж. На нем в произвольном масштабе показываем положение пунктов планового обоснования, оси плотин и положение центров бычков. На чертеже выписываем дирекционные углы направлений и значения разбивочных элементов. Образец разбивочного чертежа представлен на рис.23.

При сдаче задания следует представить:

- 1) каталог координат;
- 2) бланки решения обратных геодезических задач;
- 3) ведомость вычисления координат центров бычков арочной плотины;
- 4) разбивочный чертеж.

## Решение обратных геодезических задач с пункта триангуляции I

Обозначение	2 1	III C	0 I	1 I	2 I	3 I
$X_2; Y_2$		150,150; 697,210	134,161; 1073,610	147,834; 1064,831	161,739; 1056,422	175,867; 1048,3
$X_1; Y_1$		0,000; 1000,000	0,000; 1000,000	0,000; 1000,000	0,000; 1000,000	0,000; 1000,00
$\Delta x; \Delta y$		+ 150,550; - 302,790	+ 134,161; + 73,610	+ 147,834; + 64,831	+ 161,739; + 56,422	+ 175,867; + 48
$\operatorname{tg} r$		2,011225	0,548669	0,438539	0,348846	0,275168
$\Gamma$		C3 63°33'47"	CB 28°45'08";	CB 23°40'46";	CB 19°13'52";	CB 15°23'07"
$\alpha$		296°26'43"	28°45'08"	23°40'46"	19°13'52"	15°23'07"
$\cos r; \sin r$		0,445214; 0,895425	0,876708; 0,481022	0,915808; 0,401617	0,944198; 0,329379	0,964164; 0,265
$l_{1-2}$		338,154; 338,155	153,028; 153,028	161,425; 161,425	171,248; 171,248	182,404; 182,4
$\alpha_{I-0,1,2,3}$			28°45'08"+360°	23°40'46"+360°	19°13'52"+360°	15°23'07"+360
$\alpha_{I-III}$			296°26'13"	296°26'13"	296°26'13"	296°26'13"
$\beta_{0,1,2,3}^I$			92°18'55"	87°14'33"	82°47'39"	78°56'54"

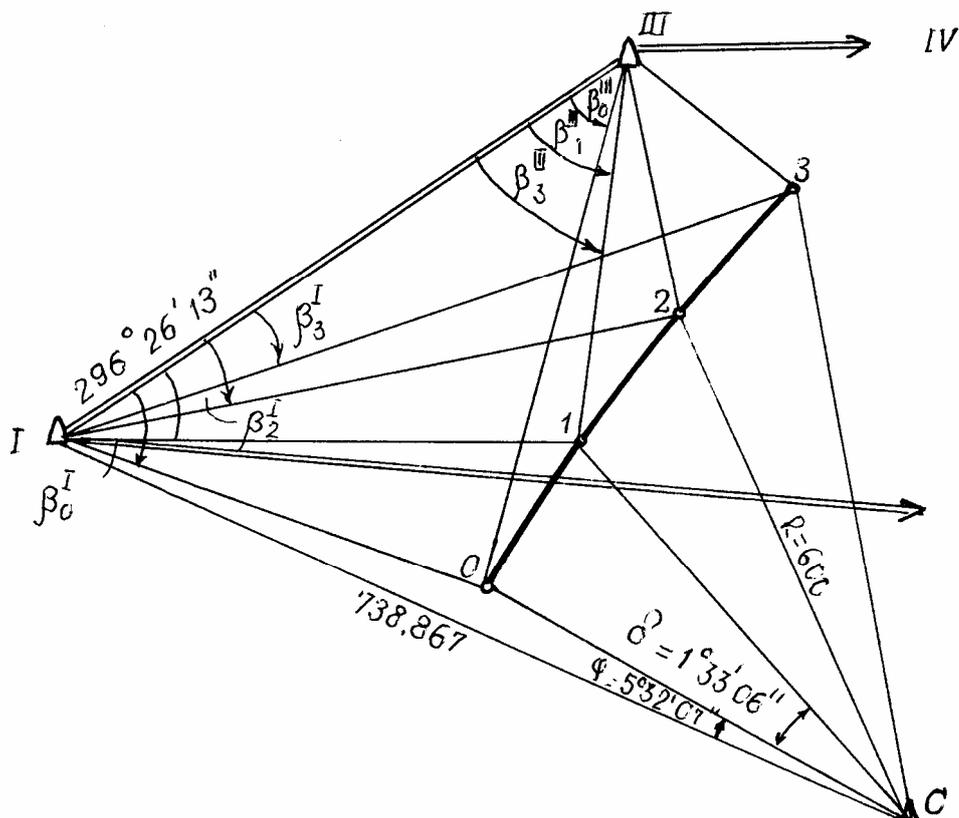
## Решение обратных геодезических задач с пункта триангуляции III

Обозначение	2 1	III C	0 I	1 I	2 I	3 I
$X_2; Y_2$		150,150; 697,210	134,161; 1073,610	147,834; 1064,831	161,739; 1056,422	175,867; 1048,3
$X_1; Y_1$		0,000; 1000,000	0,000; 1000,000	0,000; 1000,000	0,000; 1000,000	0,000; 1000,000
$\Delta x; \Delta y$		+ 150,550; -302,790	+ 134,161; + 73,610	+ 147,834; + 64,831	+ 161,739; + 56,422	+ 175,867; + 48
$\operatorname{tg} r$		2,011225	0,548669	0,438539	0,348846	0,275168
$\gamma$		C3 63°33'47"	CB 28°45'08"	CB 23°40'46"	CB 19°13'52"	CB 15°23'07"
$a$		296°26'43"	28°45'08"	23°40'46"	19°13'52"	15°23'07"
$\cos r; \sin r$		0,445214; 0,895425	0,876708; 0,481022	0,915808; 0,401617	0,944198; 0,329379	0,964164 0,265
$\ell_{1-2}$		338,154; 338,155	153,028; 153,028	161,425; 161,425	171,248; 171,248	182,404; 182,4
$\alpha_{I-0,1,2,3}$			28°45'08"+360°	23°40'46"+360°	19°13'52"+360°	15°23'07"+360
$\alpha_{I-III}$			296°26'13"	296°26'13"	296°26'13"	296°26'13"
$\beta_{0,1,2,3}^I$			92°18'55"	87°14'33"	82°47'39"	78°56'54"

Таблица 25

## Вычисление разбивочных элементов

Номер точки	Направления	Длина линии $d$ , м	Дирекционный угол $\alpha$	Разбивочный угол $\beta$	Примечание
I III O	I-III 1-0	338,154 153,028	$296^{\circ}26'13''$ $28^{\circ}45'08''$	$92^{\circ}18'55''$	$\beta_0^I = \alpha_{I-III} - \alpha_{I-0}$
1	1-1	161,425	$23^{\circ}40'46''$	$87^{\circ}14'33''$	$\beta_1^I = \alpha_{I-III} - \alpha_{I-1}$
2	1-2	171,248	$19^{\circ}13'52''$	$82^{\circ}47'39''$	$\beta_2^I = \alpha_{I-III} - \alpha_{I-2}$
3	1-3	182,404	$15^{\circ}23'07''$	$78^{\circ}56'54''$	$\beta_3^I = \alpha_{I-III} - \alpha_{I-3}$
III I 0	III-I III-0	338,154 376,758	$116^{\circ}26'13''$ $92^{\circ}29'35''$	$23^{\circ}56'38''$	$\beta_0^{III} = \alpha_{III-I} - \alpha_{III-0}$
1	III-1	367,626	$90^{\circ}12'57''$	$26^{\circ}00'49''$	$\beta_1^{III} = \alpha_{III-I} - \alpha_{III-1}$
2	III-2	359,384	$88^{\circ}12'57''$	$28^{\circ}13'46''$	$\beta_2^{III} = \alpha_{III-I} - \alpha_{III-2}$
3	III-3	352,094	$85^{\circ}52'36''$	$30^{\circ}33'37''$	$\beta_3^{III} = \alpha_{III-I} - \alpha_{III-3}$



Номер бычка	Разбивочные углы
0	$\beta_0^I = 92^\circ 18' 55''$ $\beta_0^{III} = 23^\circ 56' 38''$
1	$\beta_1^I = 87^\circ 14' 33''$ $\beta_1^{III} = 26^\circ 00' 40''$
2	$\beta_2^I = 82^\circ 47' 39''$ $\beta_2^{III} = 28^\circ 13' 16''$
3	$\beta_3^I = 78^\circ 56' 54''$ $\beta_3^{III} = 30^\circ 33' 37''$

Рис.23. Разбивочный чертеж для перенесения на местность центров бычков арочной плотины

### Контрольные вопросы

1. В чем сущность геодезических разбивочных работ?
2. Каким способом вычисляют разбивочные данные?
3. В какой последовательности вычисляют дирекционные углы продольных осей смежных бычков плотины?
4. Как вычисляют координаты, разбивочные углы и расстояния?
5. Содержание разбивочного чертежа?
6. В чем заключается специфика подготовки разбивочных данных гидротехнических сооружений?

## 5. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

### Лабораторная работа 13.

#### Контроль геометрических параметров сборных элементов конструкций зданий и сооружений

**Цель занятия** – освоение методики определения отклонений поверхности конструкций от плоскости и навыков в обработке результатов геодезических измерений неплоскостности сборных элементов конструкций зданий и сооружений.

**Задание:**

По данным результатам контрольных измерений неплоскостности стеновой панели методом геометрического нивелирования определить отклонение её поверхности от горизонтальной плоскости по восьми линиям.

Составить схемы нивелирования и профили по фактическим значениям отклонений от плоскости.

**Принадлежности:** схема расположения точек, бланк варианта задания, калькулятор, рабочая тетрадь.

Повышение качества строительства сборных зданий и сооружений неразрывно связано с контролем точности изготовления их железобетонных, металлических и деревянных конструкций.

Непосредственно перед их монтажом, а также при изготовлении осуществляют проверку геометрической точности каждого элемента по правилам, установленным стандартами или техническими условиями (ТУ).

Для выявления непрямолинейности (вогнутости, выпуклости) профилей поверхностей элементов применяют металлические поверочные линейки, щупы, индикаторы часового типа и шаблоны.

Неплоскостность (вогнутость, выпуклость, пропеллерность или коробленность) сборных железобетонных элементов определяют по отклонению одной из 4 или 9 угловых точек элемента от плоскости, проходящей через три другие. Для измерения используют горизонтальные и вертикальные стенды или шаблоны с 4 выступающими опорами, расположенными в одной плоскости, или рейку-отвес. Неплоскостность, кроме того, выявляют с помощью теодолитов и нивелиров.

Линейные размеры элементов (длину, ширину, толщину, диагонали) определяют:

- 1) компарированными металлическими рулетками;
- 2) штангенциркулями;
- 3) штангенглубиметрами.

Размеры, для которых установлены предельные отклонения, проверяют не менее чем в 3 точках, расположенных в середине и вблизи от краев конструкций (рис. 24).

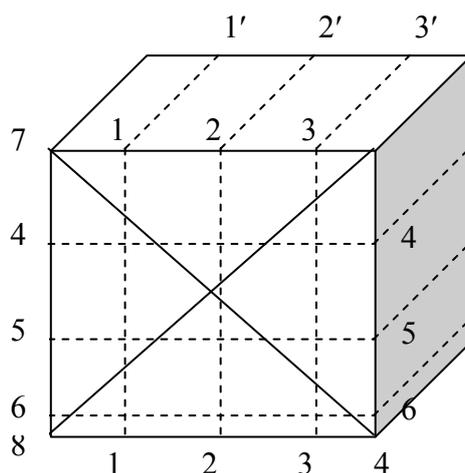


Рис.24. Схема измерения размеров конструкции

Толщину конструкции измеряют штангенциркулем. Габариты железобетонных конструкций рекомендуется измерять в местах, определяющих качество их сопряжений. При этом выполненные замеры 1-1, 2-2, 3-3 будут характеризовать высоту конструкций и параллельность граней, образующих горизонтальный шов.

Ширина (длина) конструкций и параллельность граней, образующих вертикальный шов, определяют замерами 4-4, 5-5, 6-6.

Замеры 7-7 и 8-8 характеризуют длину диагоналей, разность которых показывает величину перекосов плоскости, являющихся причиной образования клиновидных швов при установке конструкций. Замеры 1-1' и 3-3' характеризуют толщину конструкций.

Ширину трещин в конструкции измеряют с погрешностью 0,05 мм с помощью микроскопа с измерительной шкалой или измерительной лупы.

### Порядок выполнения задания

1. Выписать исходные данные своего варианта результатов измерений из табл. 27 в табл. 26. Расположение точек контрольных измерений неплоскостности конструкций показано на рис. 25.

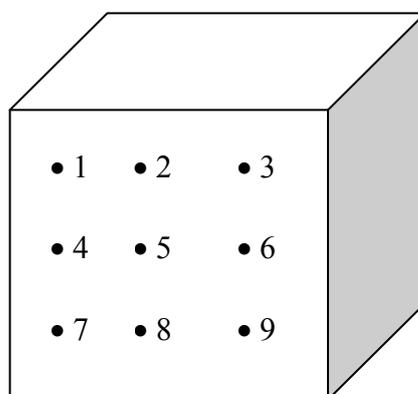


Рис.25. Схема расположения точек конструкции

Таблица 26

Исходные результаты контрольных измерений точек поверхности  
стенной панели

№ варианта	Отсчеты по рейке на точках стеновой панели								
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>
по черной и красной сторонам рейки									

2. Проверить правильность отсчетов, взятых по красной и черной сторонам рейки на каждую точку. Разность нулей (РН) обеих сторон рейки не должна превышать  $\pm 5$  мм (в данном задании  $4785 \pm 5$  мм).

Таблица 27

Варианты заданий по результатам контрольных измерений точек  
поверхности стеновой панели.

№ варианта	Отсчеты по рейке на точках стеновой панели, мм								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0794 5576	0809 5594	0804 5590	0806 5591	0821 5606	0816 5600	0818 5601	0813 5596	0828 5611
2	0705 5488	0730 5512	0735 5519	0759 5541	0744 5527	0749 5532	0757 5541	0742 5526	0737 5521
3	0899 5685	0884 5687	0909 5693	0897 5680	0892 5677	0897 5680	0875 5659	0870 5653	0885 5669
4	0751 5536	0746 5529	0741 5524	0749 6532	0724 5507	0729 5514	0727 5510	0702 5482	0717 5500
5	1018 5801	1013 5796	1017 5801	1020 5804	1026 5810	1020 8802	1032 5815	1067 5849	1042 5825
6	0515 0599	0495 5279	0506 5286	0505 5287	0488 5283	0494 5278	0510 5278	0482 5265	0481 5265
7	1045 5830	1060 5845	1045 5827	1057 5840	1062 5845	1067 5850	1069 5852	1084 5859	1079 5864
8	0704 5489	0699 5484	0704 5489	0706 5491	0711 5496	0696 5179	0719 5501	0723 5506	0718 5501
9	1047 5830	1042 5827	1027 5812	1035 5818	1030 5815	1035 5818	1023 5809	1018 6166	1023 5809
10	0599 5384	0604 5387	0629 5412	0611 5394	0616 5401	0631 5414	0613 5396	0628 5413	0633 5418
11	1185 5968	1200 5985	1195 5980	1203 5985	1188 5970	1183 5967	1201 5983	1176 5959	1171 5954
12	0395 5178	0396 5181	0381 5167	0380 5156	0379 5156	0370 5156	0367 5153	0366 5150	0357 5143

Окончание табл. 27

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	0859 5644	0854 5638	0846 5634	0847 5632	0832 5615	0847 5632	0835 5621	0830 5615	0845 5630
14	0593 5376	0597 5380	0612 5375	0604 5386	0609 5391	0624 5400	0616 5398	0620 5402	0616 5398
15	0936 5721	0941 5724	0936 5719	0958 5742	0953 5738	0958 5743	0960 5743	0965 5750	0950 5733
16	1050 5833	1065 5850	1070 5855	1092 5874	1077 5863	1082 5868	1094 5877	1089 5873	1094 5878
17	1090 5873	1075 5858	1100 5882	1102 5887	1097 5880	1112 5895	1114 5898	1129 5912	1124 5907
18	0922 5707	0927 5710	0922 5708	0934 5719	0939 5722	0934 5716	0946 5729	0951 5734	0976 5759
19	0683 5467	0708 5491	0713 5499	0705 5489	0720 5506	0725 5507	0717 5501	0732 5516	0737 5521
20	1117 5902	1122 5907	1117 5900	1129 5912	1134 5919	1149 5934	1141 5924	1126 5909	1151 5935
21	0759 5541	0744 5527	0749 5532	0757 5541	0742 5526	0737 5521	0735 5519	0730 5512	0705 5488
22	0488 5273	0493 5276	0498 5281	0480 5263	0505 5288	0510 5293	0502 5285	0527 5310	0522 5306
23	0816 5599	0801 5584	0816 5601	0818 5601	0823 5606	0828 5612	0850 5633	0835 5619	0840 5625
24	0667 5460	0672 5456	0667 5450	0665 5449	0660 5443	0675 5459	0653 5436	0658 5430	0643 5426
25	0879 5662	0864 5646	0889 5673	0901 1422	0896 5679	0901 5684	0903 5686	0908 5691	0903 5886
26	1160 5943	1175 5960	1170 5955	1162 5945	1177 5962	1182 5965	1184 5967	1189 5973	1214 5997
27	0607 5390	0622 5405	0607 5392	0605 5390	0620 5403	0595 5378	0593 5378	0588 5371	0583 5366
28	0841 5625	0846 5629	0861 5623	0875 5658	0870 5654	0885 5668	0863 5667	0838 5621	0853 5635
29	1136 5920	1131 5914	1106 5889	1124 5907	1129 5912	1114 5897	1102 5885	1107 5892	1102 5886
30	0981 5765	0985 5771	1011 5797	1009 5777	0998 5771	1003 5786	1005 5790	1010 5793	1035 5820

3. По результатам контрольных измерений (табл.28) определить отклонения  $\delta_i$  с помощью отсчетов  $a_i$  по восьми линиям: 1-3, 4-6, 7-9, 1-7, 2-8, 3-9, 1-9, 3-7. Отклонения  $\delta$  средней точки от прямой, соединяющей крайние точки Н и К (рис.26), определяют по формулам:

- если схема расположения точек, как на рис. 26, а,

$$\delta = \frac{a_n + a_k}{2} - a_c,$$

- если схема расположения точек, как на рис. 26, б,

$$\delta = a_c - \frac{a_n + a_k}{2},$$

где  $a_n$  и  $a_k$  – отсчеты по рейке, установленной на начальной и конечной точках по выбранному направлению стеновой панели;

$a_c$  – отсчет по рейке на среднюю точку.

Для вычислений использовать отсчеты по черным сторонам рейки.

Все полученные отклонения сравнивают с допусками на изготовление стеновой панели и делают заключение о ее пригодности к монтажу. При этом исходить из нижеследующих установок.

Предельные отклонения в мм: стрела прогиба  $\delta$  конструкции длиной  $L$ :

$$\delta = \frac{1}{750} L.$$

Допуски линейных размеров прямолинейности зависят от номинальных размеров и класса точности изготовления конструкции.

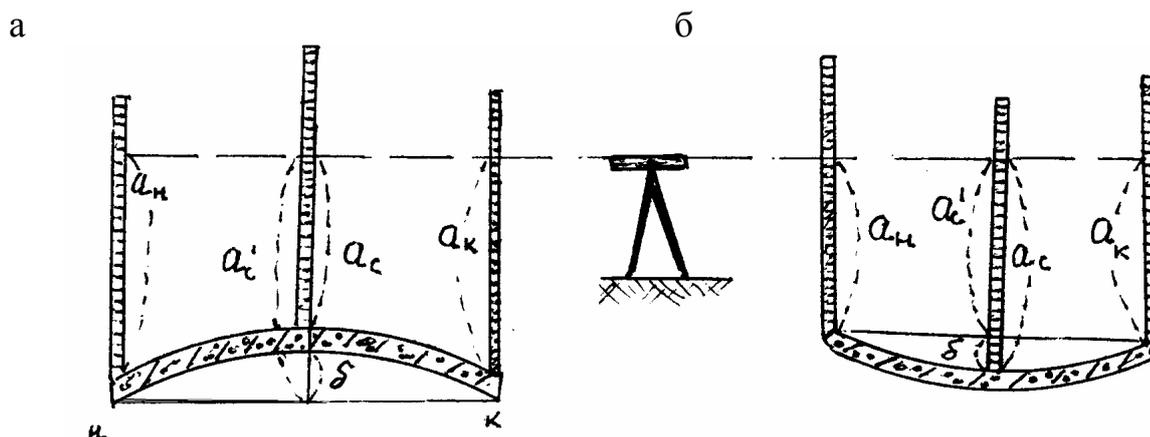


Рис.26. Схема нивелирования точек поверхности стеновой панели

Т а б л и ц а 28

Данные обработки результатов контрольных измерений  
неплоскостности стеновой панели

Номера точек	$a_n$ $a_c$ $a_k$	Средний отсчет $a'_c = \frac{a_n + a_k}{2}$	$\delta = a'_c - a_c$ или $\delta = a_c - a'_c$	Характеристика отклонения (выпуклость или вогнутость)
1-(2)-3				
4-(5)-6				
7-(8)-9				
1-(4)-7				
2-(5)-8				
3-(6)-9				
1-(5)-9				
3-(5)-3				

4. Привести схемы нивелирования (профили) в соответствии со своими полученными данными по любым 3-м направлениям, аналогично схеме, представленной на рис. 26.

**Пример** По данным результатов контрольных измерений неплоскостности стеновой панели определить отклонения  $\delta_i$  по восьми линиям: 1-3, 4-6, 7-9, 1-7, 2-8, 3-9, 1-9, 3-7.

Отсчеты  $a_i$  по рейке на точках стеновой панели представлены в табл. 29.

Т а б л и ц а 29

	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$	$a_9$
по черной стороне	0836	0841	0836	0858	0853	0858	0860	0865	0850
по красной стороне	5621	5624	5619	5642	5638	5643	5643	5650	5633
РО*	4785	4783	4783	4782	4785	4785	4783	5785	4783

\*РО – разность начальных отсчетов по красной и черной сторонам рейки.

Линия 1-3.  $a_H = a_1 = 0836$ ,  $a_K = a_3 = 0836$ ,  $a_C = a_2 = 0841$

$$\delta_{1-3} = \frac{0836 + 0836}{2} - 0841 = -5 \text{ мм.}$$

Линия 4-6.  $a_H = 0858$ ,  $a_K = 0858$ ,  $a_C = a_5 = 0853$

$$\delta_{4-6} = \frac{0858 + 0858}{2} - 0853 = +5 \text{ мм.}$$

Линия 7-9.  $a_H = 0860$ ,  $a_K = 0850$ ,  $a_C = a_8 = 0865$

$$\delta_{7-9} = \frac{0860 + 0850}{2} - 0865 = -10 \text{ мм.}$$

Линия 1-7.  $a_H = a_1 = 0836$ ,  $a_K = a_7 = 0860$ ,  $a_C = a_4 = 0858$

$$\delta_{1-7} = \frac{0836 + 0860}{2} - 0858 = -10 \text{ мм.}$$

Линия 2-8.  $a_H = a_2 = 0841$ ,  $a_K = a_8 = 0865$ ,  $a_C = a_5 = 0853$

$$\delta_{2-8} = \frac{0841 + 0865}{2} - 0853 = 0 \text{ мм.}$$

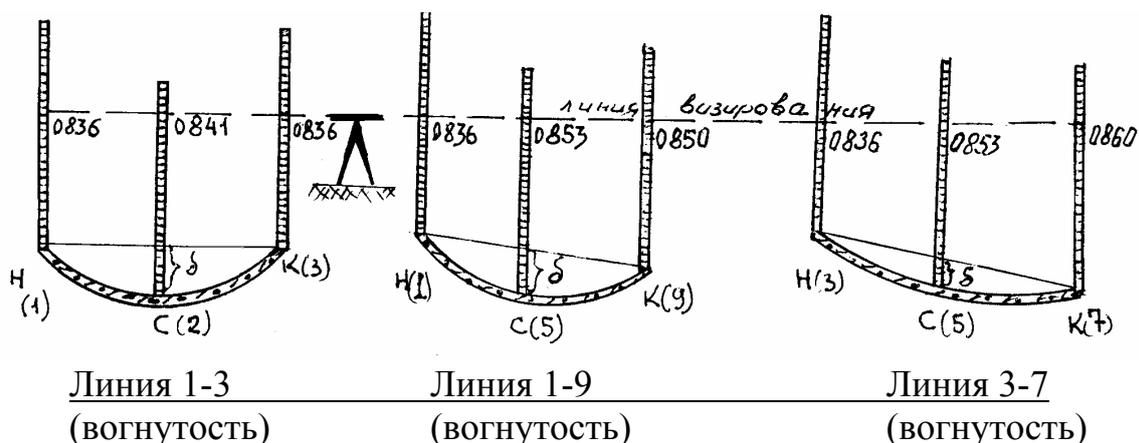
Линия 3-9.  $a_H = a_3 = 0836$ ,  $a_K = a_9 = 0850$ ,  $a_C = a_6 = 0858$ ,  $a_C = 0853$

$$\delta_{1-3} = \frac{0836 + 0850}{2} - 0853 = -10 \text{ мм.}$$

Линия 3-7.  $a_H = 0836$ ,  $a_K = 0860$ ,  $a_C = 0853$

$$\delta_{3-7} = \frac{0836 + 0860}{2} - 0853 = -5 \text{ мм.}$$

## Профили по линиям 1-3, 1-9, 3-7



### Контрольные вопросы

1. Какие параметры проверяют инструментально при приемке сборных конструкций?
2. Какие технические средства используются для определения линейных размеров элементов конструкций?
3. В каких местах (точках) рекомендуется производить контрольные измерения конструкций?
4. С какой точностью выполняются контрольные измерения элементов?
5. Что характеризует непрямолинейность?
6. С помощью каких средств проверяют непрямолинейность конструкций?
7. Какими способами определяют неплоскостность конструкций?

## 6. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ СХЕМ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ СЪЕМОК КОНСТРУКЦИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

### Лабораторная работа 14. Обработка результатов плановой исполнительной съемки колонн

**Цель занятия** – освоить методику обработки результатов плановой исполнительной съемки выполненных строительно-монтажных работ.

**Задание:**

Обработать результаты плановой исполнительной съемки колонн.

Заполнить журнал плановой исполнительной съемки колонн, исполнительные схемы и чертежи.

Оформить исполнительные схемы и чертежи плановой съемки колонн.

**Пособия и принадлежности:** бланки вариантов заданий, плановой исполнительной съемки колонн, исполнительные схемы, калькулятор, рабочая тетрадь.

При выполнении исполнительных съемок определяют фактическое (плановое и высотное) положение и отклонения конструкций зданий и сооружений от проектных значений. Исполнительные съемки выполняют по завершении каждого этапа строительства (рытья котлована, устройства фундаментов, монтажа колонн и т.п.). Производитель работ по данным исполнительной съемки, руководствуясь допусками на производство данного вида работ, принимает решение об устранении выявленных отклонений на переходе к следующему этапу строительства. Конечный результат исполнительной съемки – исполнительный чертеж объекта и исполнительный генеральный план всего здания, сооружения.

Геодезической основой исполнительной съемки являются: внутри зданий и цехов – оси фундаментов и рабочие реперы; на строительной площадке – пункты геодезического обоснования, с которых производились разбивочные работы плановой и высотной исполнительных съемок колонн.

Рассмотрим содержание плановой исполнительной съемки колонн и выполним обработку её результатов.

Плановую исполнительную съемку колонн выполняют от рисков осей на перекрытиях этажа отдельно для продольных и поперечных осей здания в нижнем и верхнем сечениях. Съемку осуществляют методом бокового нивелирования (рис.27,а). Для этого от рисков В-В откладывают по перпендикуляру 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 верхних частях колонн берут отсчеты  $v_B$  и  $v_H$ .

Контроль правильности отсчетов осуществляют вычислением разности нулей  $PН = v^x - v^r$  и сравнивают ее с теоретическим значением  $PН$ . Для определения отклонений от проектного расстояния измеряют ширину колонн  $l_1$  и  $l_2$  с двух сторон, параллельных поперечной оси здания.

Результаты всех измерений записывают в журнал исполнительной съемки (рис.27,б). Отсчеты по черной и красной сторонам рейки в верхней части колонн выписывают над чертой, в нижней части колонн – под чертой, мм, например:

$$b_B^ч = 0200 \cdot b_B^к = 4981 \cdot b_H^ч = 0203 \cdot b_H^к = 4987$$

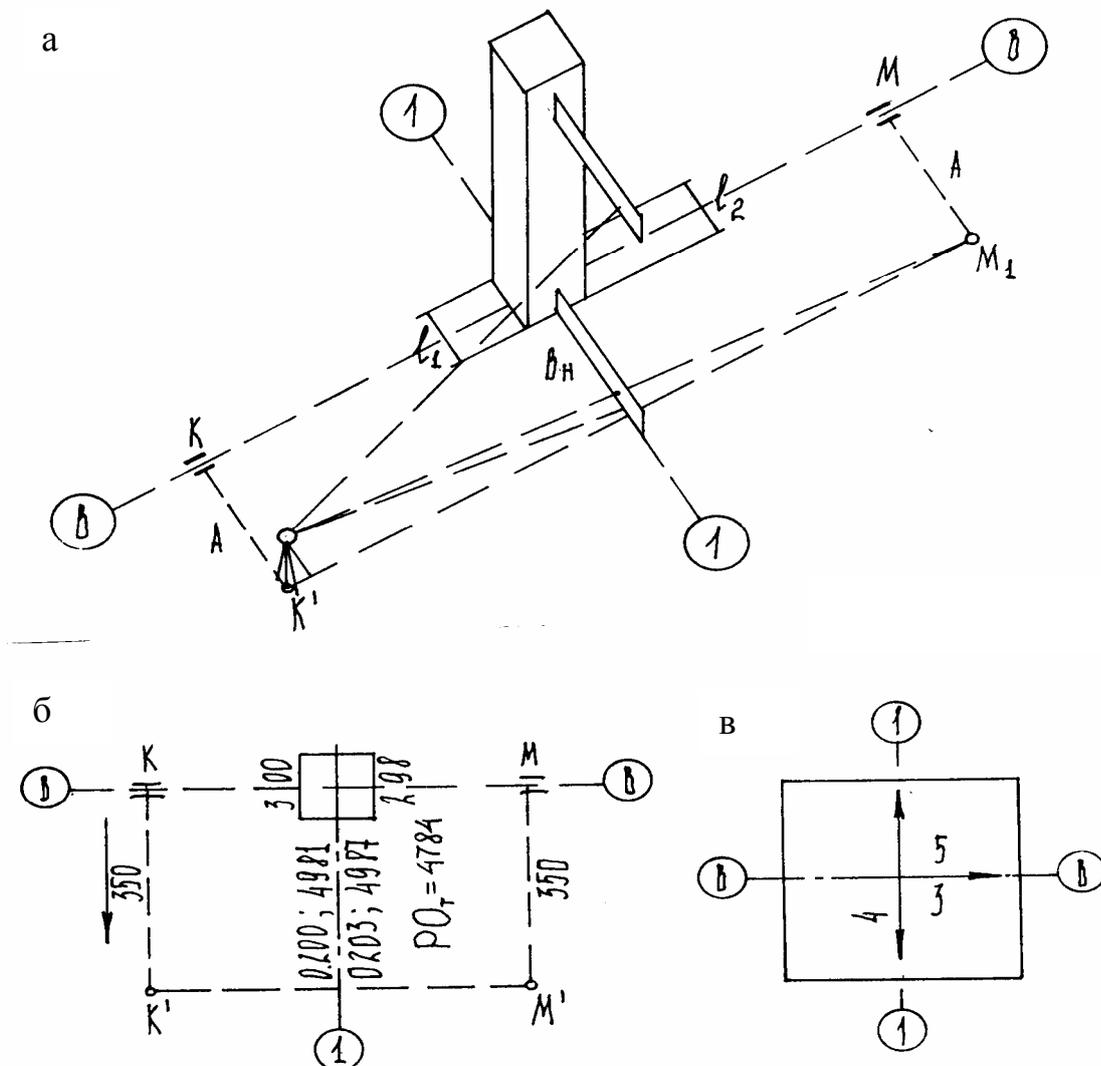


Рис.27. Фрагменты плановой исполнительной съемки колонн:  
 а – схема съемки; б – журнал плановой исполнительной съемки;  
 в – исполнительный чертеж

Обработку результатов исполнительной съемки начинают с составлением схемы. Для этого на листке бумаги в проявленном масштабе наносят оси здания и колонны. Размеры колонн целесообразно увеличивать, что в последующем позволит более свободно и наглядно нанести на чертеж цифровой и графический материал.

Вычисление отклонения оси колонн от проектного положения осуществляют в такой последовательности.

1. По результатам обмера колонн вычисляют половину средней ширины колонны

$$0,5 l = 0,25 (l_1 + l_2).$$

В нашем примере имеем  $0,5 l = 0,25 (300 + 298) = 148,5 \approx 148$  мм.

2. Отклонение оси колонн от оси здания в верхней  $\Delta_B$  и нижней  $\Delta_H$  частях колонны, полученные по черной  $\Delta^ч$  и красной  $\Delta^к$  сторонам рейки, определяют по формулам:

$$\Delta_B^ч = a - B_B^ч - 0,5 l; \Delta_B^к = a - B_B^к + P_{H_T} - 0,5 l;$$

$$\Delta_H^ч = a - B_H^ч - 0,5 l; \Delta_H^к = a - B_H^к + P_{H_T} - 0,5 l.$$

В примере для  $P_{H_T}$  4784 и  $a=350$  в верхней части колонн имеем:

$$\Delta_B^ч = 350 - 200 - 148 = +2 \text{ мм}; \Delta_B^к = 350 - 4981 + 4784 - 148 = +5 \text{ мм};$$

а в нижней части колонны:

$$\Delta_H^ч = 350 - 203 - 148 = -1 \text{ мм}; \Delta_H^к = 350 - 4987 + 4784 - 148 = -1 \text{ мм}.$$

**Расхождения в отклонениях, определенных по черной и красной сторонам рейки, не должны превышать 5 мм. Если этот допуск нарушен, то необходимо проверить правильность вычислений.**

3. За окончательное значение принимают среднее отклонение

$$\Delta_B = 0,5 (\Delta_B^ч + \Delta_B^к) \text{ и } \Delta_H = 0,5 (\Delta_H^ч + \Delta_H^к).$$

В рассмотренном примере

$$\Delta_B = 0,5 (+2 + 5) = +3,5 \approx 4 \text{ мм}; \Delta_H = 0,5 (-1 - 1) = -1 \text{ мм}.$$

Знак «+» при отклонении означает, что ось колонны смещена с проектной оси по направлению к параллели  $K' M'$ , т.е. ось смещения  $X$  расположена так, как показано на рис.27, б.

Вычисленные отклонения осей колонн выписывают на исполнительный чертеж (см. рис.27,в). Отклонения верха колонн записывают над стрелкой, низа колонн – под стрелкой.

По результатам плановой исполнительной съемки определяют наклон колонн:

$$\Delta_{\text{нак}} = \Delta_B - \Delta_H.$$

Обработка результатов плановой исполнительной съемки отклонений колонн от поперечных осей здания производится как и для продольных осей.

Образец оформления исполнительного чертежа приведен на рис.27, в.

**Задание.** Обработать журнал плановой исполнительной съемки колонн (рис.28) и составить исполнительный чертеж. Значения расстояний между осями и их параллелями приведены по вариантам заданным в табл. 30.

**Примечание.** На выносках из центров колонн показаны отсчеты по черной и красной сторонам нивелирной рейки по результатам высотной исполнительной съемки.

Таблица 30

Варианты расстояний между осями колонн здания и их параллелями, полученных при плановой исполнительной съемке

Вариант	Расстояния от оси здания до параллели, мм			
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
1	400	299	503	550
2	401	300	499	549
3	400	303	502	548
4	398	302	500	547
5	400	303	501	551
6	402	300	500	552
7	403	299	502	553
8	397	300	499	550
9	398	301	503	548
10	399	302	498	549
11	403	298	500	547
12	401	297	499	551
13	400	299	501	552
14	402	300	502	553
15	398	301	503	549

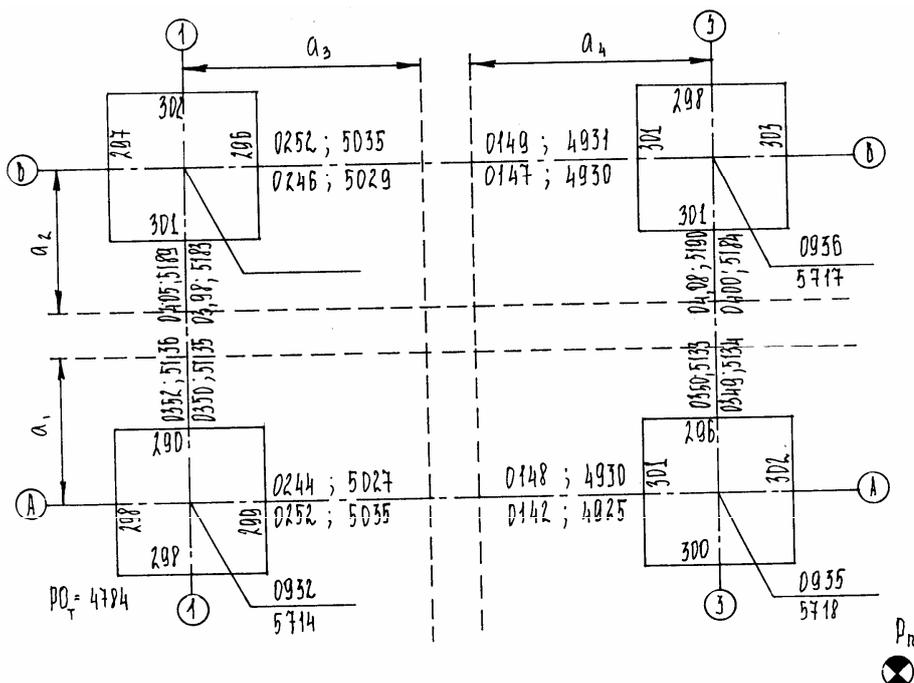


Рис.28. Журнал плановой исполнительной съемки колонн

## Контрольные вопросы

1. Что является геодезической основой, при выполнении плановой исполнительной съемки колонн?
2. Для чего выполняют плановую исполнительную съемку колонн?
3. Порядок вычисления плановой исполнительной съемки колонн.
4. Назначение журнала и схемы плановой съемки.
5. Содержание исполнительного чертежа плановой съемки.

## Лабораторная работа 15. Обработка результатов высотной исполнительной съемки колонн

**Цель занятия** – освоить методику обработки результатов высотной исполнительной съемки, выполненных строительно-монтажных работ.

**Задание:**

Обработать результаты высотной исполнительной съемки колонн.

Заполнить журнал высотной исполнительной съемки колонн, исполнительные схемы и чертежи.

Оформить исполнительные схемы и чертежи высотной съемки колонн.

**Пособия и принадлежности:** бланки вариантов заданий, плановой исполнительной съемки колонн, исполнительные схемы, калькулятор, рабочая тетрадь.

При высотной исполнительной съемке колонн определяют отметки опорных поверхностей колонн (верхней поверхности колонн или поверхности консоли), вычисляют отклонения этих поверхностей от проектного положения по высоте и выписывают их на исполнительный чертеж.

Отметки опорных поверхностей определяют методом геометрического нивелирования от рабочего репера на монтажном горизонте. На каждой нивелирной станции работу начинают и завершают отсчетами по рейке, установленной на репере (рис.29, а).

Отсчеты по черной  $a_n^ч$  и красной  $a_n^к$  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. Так, в журнале исполнительной съемки (рис.29, б) будут отсчеты:

$$a_n^ч = 1523; a_n^к = 6305; a_k^ч = 1519; a_k^к = 6320.$$

Если опорные поверхности колонн расположены выше горизонта прибора, то на эти поверхности нивелирную рейку пяткой вверх подвешивают со специальным кронштейном (см. рис.29,а): отсчеты по черной  $v_i^ч$  и

красной  $v_i^k$  сторонам рейки на данной  $i$ -й колонне, записывающей в журнал исполнительной съемки у соответствующей конструкции. Так, на рис. 29,б отсчеты  $v_{B1}^ч = 0935$  и  $v_{B1}^к = 5719$  выписаны на выноске у колонны  $B_1$ . Контроль правильности отсчетов осуществляют по разности нулей рейки  $PO = v^к - v^ч$ .

Обработку результатов съемки производят в такой последовательности.

1. Вычисляют горизонт прибора по черной и красной сторонам рейки

$$ГП^ч = H_{рп} + 0,5 (a_n^ч + a_k^ч);$$

$$ГП^к = H_{рп} + 0,5(a_n^к + a_k^к);$$

где  $H_{рп}$  – отметка рабочего репера.

В нашем примере, при  $H_{рп} = 8,251$  имеем:

$$ГП^ч = 8,251 + 0,5 (1,523 + 1,519) = 9,772 \text{ м};$$

$$ГП^к = 8,251 + 0,5(6,305+6,302) = 14,554 \text{ м}.$$

2. Для каждой колонны вычисляют отметку опорной поверхности по черной и красной сторонам рейки

$$H_i^ч = ГП^ч + v_i^ч;$$

$$H_i^к = ГП^к + v_i^к - 2PO_{т}.$$

Если значения отметок  $H_i^ч$  и  $H_i^к$  различаются более чем на 5 мм, то в вычислениях допущена ошибка. Если расхождения в значениях отметок не превышают допустимого значения, то вычисляют среднее:

$$H_i = 0,5 (H_i^ч + H_i^к).$$

В примере  $H_{B1}^ч = 9,772 + 0,935 = 10,707 \text{ м};$

$$H_{B1}^к = 14,554 + 5,719 - 2 \cdot 4,784 = 10,705 \text{ м}.$$

Так как расхождение составляет 2 мм, то вычисляем среднее значение:

$$H_{B1} = 0,5(10,707 + 10,705) = 10,706 \text{ м}.$$

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 нашем примере при  $H^п = 10,700 \text{ м}$  имеем

$$\Delta_{B1} = 10,700 - 10,706 = -6 \text{ мм}.$$

Результаты вычислений вписывают в исполнительный чертеж (рис.29, в).

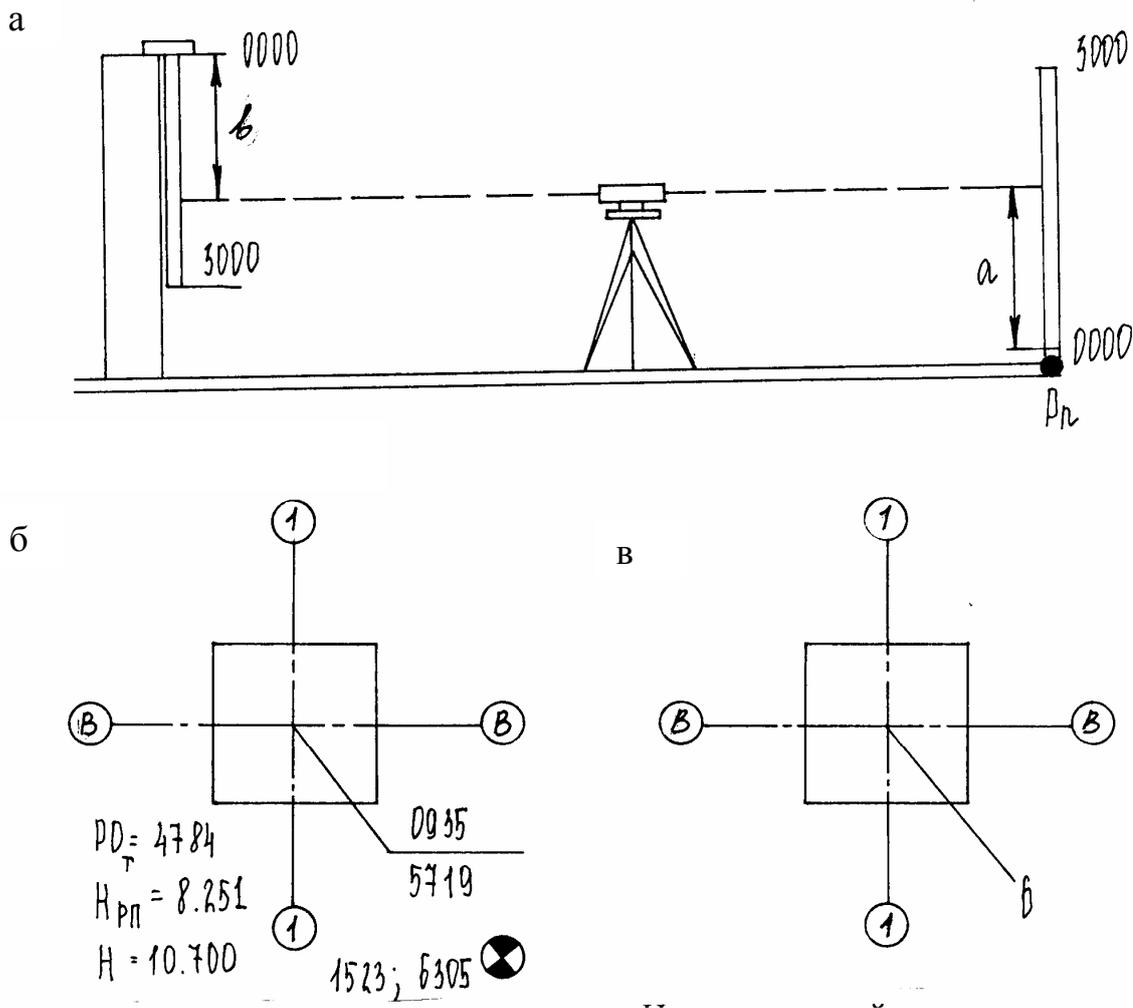


Рис.29. Фрагменты высотной исполнительной съемки колонн здания:  
 а – схема съемки; б – журнал съемки; в – исполнительный чертеж съемки

**З а д а н и е .** Обработать результаты высотной исполнительной съемки (см. рис.29) и составить исполнительный чертеж. Отсчеты по рейке на репере, отметки репера и проектные отметки по вариантам заданий приведены в табл. 31.

Для плановой и высотной исполнительных съемок конструкций зданий составляют объединенный чертеж.

Т а б л и ц а 31

Варианты отсчетов по рейке на репере до и после по высотной съемке колонн

Вариант	Отсчеты по рейке на репере				Отметки, м	
	до съемки черные красные		после съемки черные красные		репера	проектная
	2		3		4	5
1	0582	5365	0580	5363	7,80	9,400
2	0578	5364	0580	5363	7,820	9,380

Окончание табл. 31

1	2		3		4	5
3	0578	5357	0572	5360	7,820	9,360
4	0571	5378	0573	5377	7,850	9,400
5	0580	5360	0578	5362	7,856	9,400
6	0580	5363	0579	5364	7,860	9,300
7	0580	5364	0581	5365	7,860	9,300
8	0584	5367	0585	5369	7,861	9,420
9	0585	5370	0586	5369	7,864	9,410
10	0584	5369	0584	5367	7,777	9,300
11	0586	5368	0587	5370	7,700	9,200
12	0584	5369	0586	5369	7,700	9,300
13	0561	5369	0560	5343	7,825	9,300
14	0588	5345	0559	5342	7,824	9,250
15	0560	5345	0561	5344	7,800	9,320

Контрольные вопросы

1. Назовите элементы геодезической основы при выполнении высотной съемки.
2. С какой целью выполняют высотные исполнительные съемки конструкций здания?
3. Каким методом определяют отклонение осей колонн от проектного положения?
4. Как учитывать разность нулей рейки при высотной исполнительной съемке колонн?
5. Содержание схемы, журнала исполнительной съемки и чертежа высотной съемки.

## 7. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ

### Лабораторная работа 16.

#### Измерение осадки здания методом геометрического нивелирования. Камеральная обработка и оформление результатов измерений

**Цель занятия** – освоить методику измерения осадки здания, обработку и оформление результатов измерений.

**Задание:**

1. Геометрическое нивелирование осадочных марок на здании 2-го корпуса ПГУАС. Оформление схемы нивелирного хода и расположения осадочных марок.
2. Вычисление превышений между осадочными марками.
3. Вычисление и распределение невязки в превышении.
4. Вычисление относительной отметки осадочных марок.
5. Составить ведомости отметок марок и их осадки.
6. Составление эпюры осадки фундамента зданий.

**Пособия и принадлежности:** нивелир, штатив, нивелирная рейка, бланки задания, калькулятор и рабочая тетрадь.

Вертикальные смещения, направленные вверх, называют подъемом (выпучиванием), а вниз – осадкой. На практике, когда направление вертикального смещения неизвестно, употребляют слово «осадка» в обобщенном смысле, аналогично тому, как слово «превышение» понимают и как «понижение».

Равномерная осадка происходит в случаях, когда давление, вызываемое массой здания, и сжимаемость грунта во всех частях основания под фундаментом одинаковы. Равномерная осадка не снижает прочности и устойчивости здания или сооружения. Но если ее величина значительно превышает расчетную, то это может вызвать изменение физико-механических свойств грунта и привести к нарушению взаимосвязи здания и сооружения с инженерными коммуникациями, а также к неравномерной осадке.

Неравномерная осадка возникает в результате различного давления частей здания или сооружения, неодинаковой сжимаемости грунта под фундаментом. Это приводит к неравномерным смещениям надфундаментных конструкций, то есть к их деформации. По действию такая осадка является более опасной для здания и сооружения и опасность тем больше, чем значительнее разность осадок его частей и чувствительней к ним конструкции и технологические элементы.

Весь процесс наблюдения за деформациями зданий и сооружений состоит из двух основных этапов: организационного этапа подготовительной работы по размещению знаков опорной сети, осадочных марок и непосредственных измерений с камеральной обработкой полученных данных, составлением технического отчета.

Для измерения осадки на зданиях и сооружениях закрепляют осадочные марки в виде штырей, болтов, костылей и периодически (циклами) определяют их отметки относительно знаков опорной сети (реперов).

Первый цикл измерения обычно начинают тогда, когда давление на грунт составляет 25 % от веса здания или сооружения (обычно с момента окончания работ нулевого цикла). Последующие циклы измерений осадок выполняют при достижении нагрузки в 50, 75, 100 % от веса здания и сооружения или после возведении каждого этажа. После окончания строительства здания или сооружения периодичность измерения осадок изменяется. В период первых двух лет эксплуатации измерения выполняют не менее четырех раз, приурочивая их к различным сезонам года. Измерения прекращаются тогда, когда скорость осадки не превышает 1-2 мм в год.

Для определения отметок осадочных марок сначала нивелируют ходы I-II классов точности, проложенные между фундаментными реперами. Затем прокладывают нивелирные ходы I-IV классов точности, соединяющие все осадочные марки и репер. Рекомендуется устанавливать следующий класс точности измерения деформаций для зданий и сооружений:

I – длительное время находящихся в эксплуатации, а также возводимых на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах;

II – возводимых на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах;

III – возводимых на насыпных, просадочных и других сильно сжимаемых грунтах;

IV – для земляных работ.

Как правило, при наблюдениях за осадкой грунта под особо ответственными уникальными зданиями и сооружениями (высотные здания, ГЭС, АЭС, элеваторы и т.п.) применяют нивелирование I класса точности измерения. Наблюдения за другими гражданскими и промышленными сооружениями выполняют нивелированием II-III классов.

Нивелирование III класса точности измерения осадок применяют в тех случаях, когда средняя скорость осадки здания или сооружения превышает 5 мм в месяц. При меньших скоростях осадки этот метод нецелесообразен из-за недостающей точности измерения.

На рис.30 представлена схема нивелирного хода и расположения осадочных марок. В кружках показаны номера станций.

Результаты измерения (отсчеты по нивелирной рейке) записывают в журнал нивелирования (табл. 32).

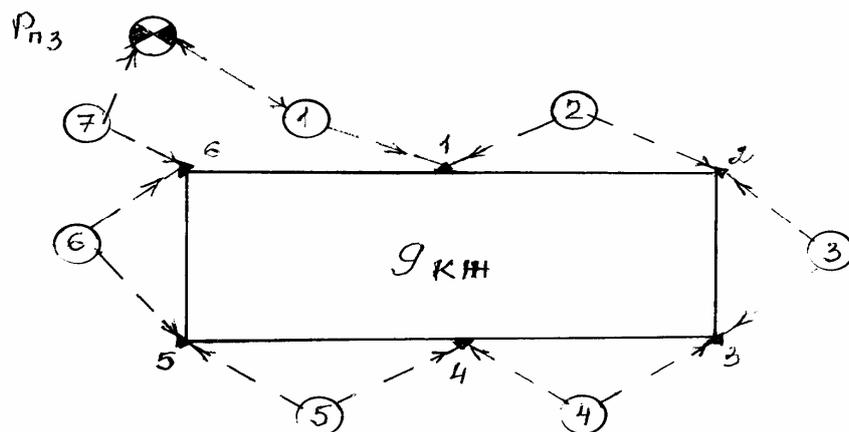


Рис.30. Схема нивелирного хода и расположения осадочных марок

По окончании нивелирования приступают к камеральной обработке результатов измерения в следующем порядке:

Определяют вычисленные и средние превышения между марками на всех станциях нивелирного хода по красной и черной сторонам рейки.

Вычисляют фактическую невязку нивелирного хода по формуле

$$\int_h^{\phi} = \sum_1^n h_i^{cp},$$

где  $n$  – число станций в нивелирном ходе.

В нашем примере  $f_h^{\phi} = -1960 \text{ мм} + 1956,5 = -3,5 \text{ мм}$ .

Т а б л и ц а 32

**ЖУРНАЛ**

нивелирования осадочных марок 9-этажного дома

по ул. Кирова, 10

Дата: 20.12.15 г.

Первый цикл измерения (смонтировано перекрытие 1 этажа)

Исполнитель Петров А.Ю.

Нивелир – ЗН2КП

Номер станции	Наблюдаемые точки	Отсчеты по рейкам, мм		Превышения, мм		Относительная отметка, м
		3	4	5	6	
1	$P_{пз}$	1353			+1	9,000
	$M_1$	6041	2035	-0682	-0681	8,320
			6721,5	-0680,5		
2	$M_1$	1545		-0015	+0,5	8,320
	$M_2$	6230	1560		-0015,5	
			6246	-0016		8,305

Окончание табл. 32

1	2	3	4	5	6	7
3	$M_2$	1323 6008		- 0187		8,305
	$M_3$		1510 6195	- 0187	- 0187	8,118
4	$M_3$	1389 6170		+0292		8,118
	$M_4$		1097 5877	+0294	+0293	8,411
5	$M_4$	1520 6229		- 0076	+0,5	8,411
	$M_5$		1596 6306	- 0077	- 0,076,5	8,335
6	$M_5$	1634 6342		+0095	+0,5	8,335
	$M_6$		1539 6246	+0096	+0095,5	8,431
7	$M_6$	1403 6109		+0569	+1	8,431
	$P_{пз}$		0834 5541	+0568	+0568	9,000
					$f_h^{\phi} = -3,5 \text{ мм}$ $f_h^{\text{доп}} = 1,5\sqrt{7} = 4 \text{ мм}$	

3. Вычисляют допустимую невязку. Например, для III класса нивелирования допустимая невязка определяется по формуле

$$f_h^{\text{доп}} = 1,5\sqrt{n}, \text{ мм.}$$

Сравнивают ее с фактическим значением  $f_h^{\phi}$ .

В нашем случае  $f_h^{\text{доп}} = 1,5\sqrt{7} = 3,96 \text{ мм}$ . Так как невязка  $f_h^{\phi} = -3,5 \text{ мм}$  и по абсолютной величине не превышает  $f_h^{\text{доп}} = 3,96 \text{ мм}$ , то измерения и вычисления отвечают предъявляемым к ним требованиям.

4. Невязку распределяют в графе 6 журнала нивелирования с обратным знаком на все превышения. Контролем распределения служит равенство суммы поправок невязке с обратным знаком.

5. В графу 7 журнала нивелирования записывают относительную отметку репера и по исправленным превышениям (измеренным превышениям с учетом поправок) вычисляют отметки осадочных марок по формуле

$$H_i = H_{i-1} + h_i^{\text{исп.}}, \quad (21)$$

где  $H_i$  и  $H_{i-1}$  – отметки последующей и предшествующей связующих осадочных марок;

$h_i^{\text{исп.}}$  – исправленное превышение между этими марками.

Контролем вычислений является полное совпадение вычисленной и известной отметок последней точки нивелирного хода (в нашем примере  $P_{пз}$ ).

Отметки осадочных марок данного цикла измерения выписывают в специальную ведомость отметок и осадок (табл. 33).

После выполнения измерений в следующем цикле наблюдения и камеральной обработки журнала нивелирования в ведомости отметок и осадочных марок вычисляют величину осадки  $S$  каждой марки по формуле

$$S_i = H_0 - H_i, \quad (22)$$

где  $H_0$  – отметка марки в нулевом цикле измерения;

$H_i$  – отметка марки в  $i$ -м цикле измерения.

В нашем примере для марки  $M_1$ , например, имеем

$$S_1 = H_0^1 - H_1^1 = 8,335 - 8,320 = 15 \text{ мм.}$$

Т а б л и ц а 33

Ведомость отметок и осадок марок 9-этажного дома  
по ул. Кирова, 10

Наблюдаемые точки	Циклы наблюдения		Величина осадки $S$ , мм
	нулевой	первый	
	04.09.2015 закончен нулевой цикл, м	20.12.2015 смонтировано пере- крытие 1-го этажа, м	
1	2	3	4
$M_1$	8,335	8,320	15
$M_2$	8,318	8,305	13
$M_3$	8,145	8,118	27
$M_4$	8,432	8,411	21
$M_5$	8,351	8,335	16
$M_6$	8,455	8,431	24
$P_{пз}$	9,000	9,000	

Для наглядного отображения процесса осадки здания или сооружения работу завершают составлением эпюр или графика осадок (рис. 31).

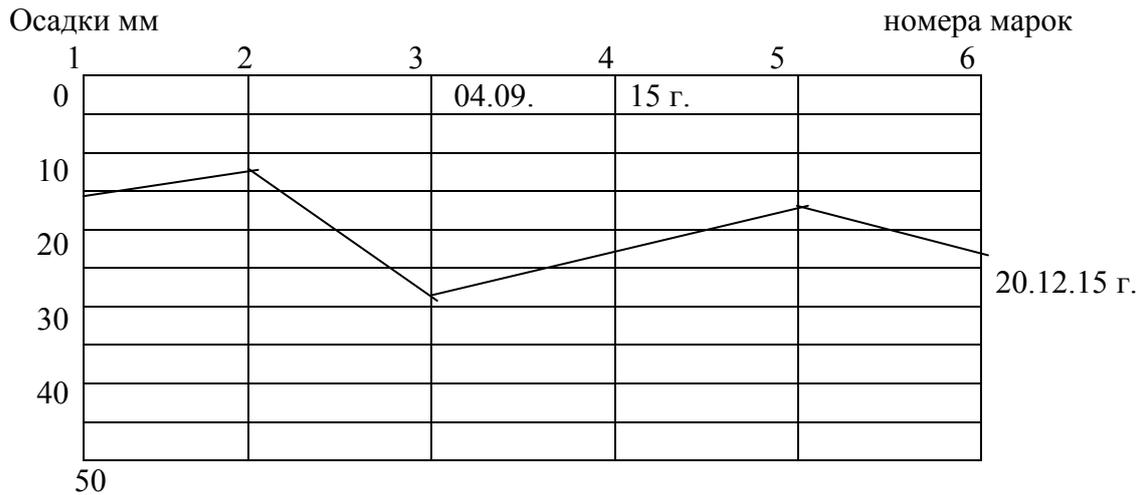


Рис. 31. График осадки фундаментов

В целях анализа по значениям осадки (см. табл.33) выделяют марки с минимальной и максимальной величинами осадки. В нашем примере  $S_{\min} = 13$  мм ( $M_2$ );  $S_{\max} = 27$  мм ( $M_3$ ).

Вычисляют основной показатель характеристики деформации здания – среднюю осадку по формуле

$$S_{\text{ср}} = \sum S / n = 116 / 6 = 19,33 \text{ мм.}$$

где  $\sum S$  – сумма величины осадки всех марок;  
 $n$  – количество марок.

### Задания для упражнений

1. Обработать выданный преподавателем журнал нивелирования осадочных марок (вычисление превышений, невязки, отметок).
2. Составить ведомость отметок и осадки марок (значения осадок марок в нулевом цикле измерения принять самостоятельно).
3. Составить эпюру осадки марок.

### Контрольные вопросы

1. Что называют осадкой здания (сооружения)? Виды осадки.
2. Содержание этапов процесса наблюдения за деформацией зданий.
3. Периодичность циклов измерений осадки зданий.
4. Назовите класс точности измерения деформаций зданий.
5. Как определяют отметки осадочных марок и значения их осадки?

## Лабораторная работа 17.

### Измерения крена здания. Обработка результатов измерений

**Цель занятия** – освоение методики измерения крена здания, обработки и оформления результатов его измерения.

**Задание:**

Измерение крена здания ПГУАС (колонн – столбов) способом вертикального проецирования (теодолитом) на исходную горизонтальную плоскость в 2-х взаимоперпендикулярных плоскостях здания.

Вычисление линейной относительной и угловой величин крена.

Оформление ведомостей результатов измерения.

**Пособия и принадлежности:** теодолит, штатив, измерительная рейка, бланк задания, калькулятор и рабочая тетрадь.

Крен – это отклонение конструкции или здания (сооружения) от вертикальной плоскости в результате неравномерной осадки, без нарушения целостности и геометрических параметров, измеряемое отношением разности осадок крайних точек фундамента к его ширине или длине.

Наблюдения за кренами конструкций (колонн) или зданий (сооружений) могут быть систематическими и разовыми. При систематических наблюдениях определяют изменение величины линейного крена и его направление во времени. При разовых наблюдениях определяют только линейный элемент крена на момент измерения, который используется для оценки состояния сооружения и составления заключения о возможности его эксплуатации.

При систематических наблюдениях кренов точки установки теодолита закрепляют на местности долговременно центрами различных конструкций и фиксируют ось конструкции или здания (сооружения) двумя и более визирными марками для ее наблюдения с каждой точки установки теодолита.

При разовых наблюдениях фиксирование визирных марок на оси конструкции или здания не осуществляют, а теодолит устанавливают в местах наиболее удобных на момент измерения.

В зависимости от вида и высоты конструкции или здания (сооружения) крен измеряют несколькими способами: вертикального проецирования с использованием отвеса, теодолита или прибора оптического вертикального визирования; горизонтальных углов, угловых засечек.

Из них самым простым, производительным и удовлетворяющим потребности строительства является способ вертикального проецирования с помощью теодолита.

Общая схема измерения крена (отклонения) способом вертикального проецирования состоит в перенесении по отвесной линии верхней точки  $B$

здания на исходную горизонтальную плоскость (рис. 32). Отклонение точки  $B'$  от исходной точки  $A$  здания или отклонение верхних рисок колонны  $A$  и  $B$  от нижних  $A'$  и  $B'$  характеризуют линейную  $l$  и угловую  $\alpha$  величины крена.

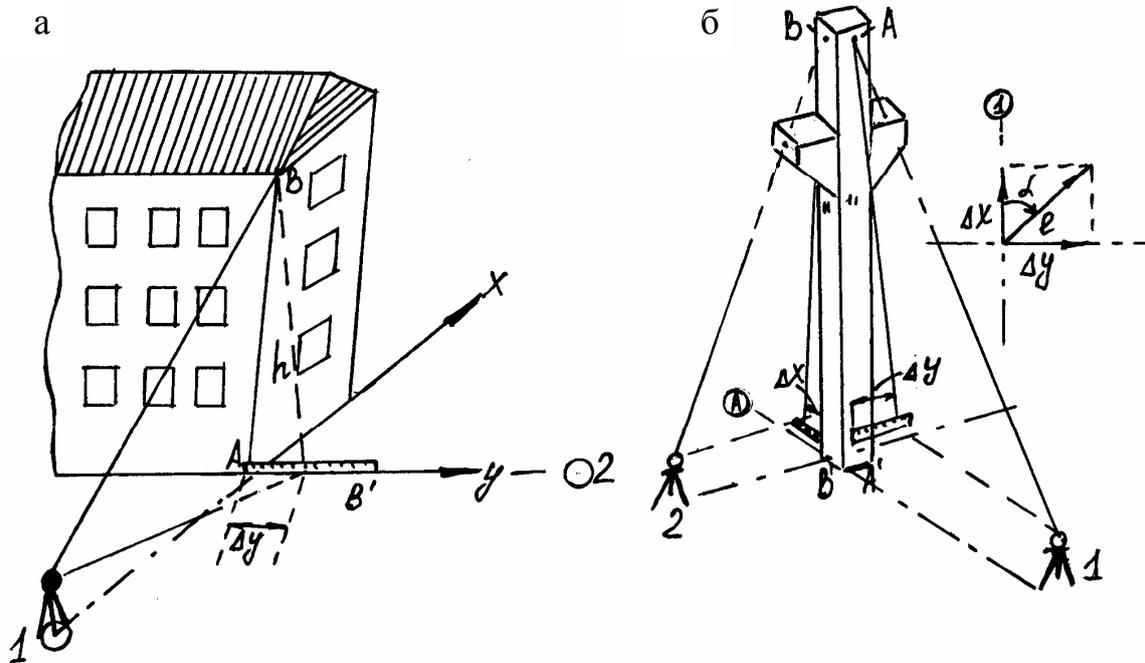


Рис.32. Схема измерения крена способом вертикального проецирования с помощью теодолита: а – здания; б – колонны

Отклонения  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  измеряют миллиметровой линейкой в двух взаимно перпендикулярных плоскостях здания и вычисляют общую линейную величину крена по формуле

$$l = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}. \quad (22)$$

Относительную величину крена вычисляют по формуле

$$i = \frac{l}{h}, \quad (23)$$

где  $h$  – высота здания, м.

Угловую величину крена  $\alpha$ , которая определяет его направление, вычисляют по формуле

$$\alpha = \arctg \frac{\Delta y}{\Delta x}. \quad (24)$$

При измерении крена здания теодолит устанавливают над знаком на продолжении стены здания (по оси  $x$ ) примерно на расстоянии двойной его

высоты. Выбирают в верхней части стены хорошо различаемую точку В (см. рис.32,а), наводят на нее зрительную трубу, которую затем опускают вниз. По вертикальной нити зрительной трубы на миллиметровой линейке берут отсчет, измеряя тем самым отклонение точки В' от исходной точки А на величину  $\Delta Y$ . Эту операцию повторяют при другом положении круга теодолита и находят среднее значение  $\Delta Y$ . Установив теодолит на продолжении стены здания по оси Y, аналогично измеряют отклонение  $\Delta X$  в другой вертикальной плоскости и вычисляют общую линейную  $l$  и угловую  $\alpha$  величины крена по формулам (22) и (24).

При измерении крена колонны (см. рис. 32,б) теодолит устанавливают на двух взаимно перпендикулярных направлениях разбивочных осей колонны на расстоянии  $1,5h$  ее высоты. Наводят вертикальную нить зрительной трубы на верхнюю монтажную риску колонны А'. Проецируют ее на миллиметровую линейку, горизонтально приложенную началом шкалы к нижней монтажной риске А, и устанавливают величину отклонения  $\Delta Y$ . Эту операцию повторяют при другом положении круга теодолита и находят среднее значение  $\Delta Y$ . Таким же образом устанавливают среднее значение  $\Delta X$  с другой станции. Общую величину крена  $l$  и направление его (относительно оси А) определяют по формулам (22) и (23).

Результаты измерения (отсчеты по измерительной рейке) записывают в специальную ведомость.

В табл. 34 приведены результаты измерений крена (отклонений) здания (колонны) от вертикальной плоскости согласно геометрической схеме наблюдения (см. рис.32).

Т а б л и ц а 34

ВЕДОМОСТЬ

результатов измерения и вычисления крена здания (колонны)

Дата 10.02.2015 г.

Нулевой цикл

Теодолит 4Т2П

№ п/п	Положение круга теодолита	Отсчеты по рейке, мм				Высота здания $h$ , м	Величины крена, мм		
		$\Delta X$	$\Delta Y$	среднее значение			линейная $l$	относительная $i$	угловая $\alpha$
				$\Delta X$	$\Delta Y$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Нулевой цикл									
1	КП	102,4	81,6	101,7	81,2	18,4	130,1	0,0071	38°40'
	КЛ	101,0	80,8						
Первый цикл									
2	КП	106,8	91,5			18,4			
	КЛ	104,2	94,0						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Второй цикл									
3	КП	123,0	96,5			18,4			
	КЛ	126,8	98,0						

По окончании измерения приступают к камеральной обработке результатов измерения в следующем порядке:

Вычисляют среднее значение отклонений  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  и записывают в графы 4, 5.

$$\Delta X = \frac{102,4 + 101,0}{2} = 101,7 \text{ мм}; \quad \Delta Y = \frac{81,6 + 80,8}{2} = 81,2 \text{ мм.}$$

По формуле (22) определяют общую линейную величину крена

$$l = \sqrt{101,7^2 + 81,2^2} = \sqrt{16936,3} = 130,14 \text{ мм.}$$

По формуле (23) определяют относительную величину крена

$$i = \frac{0,130 \text{ м}}{18,4 \text{ м}} = 0,0071,$$

что указывает на близаварийное состояние и необходимость проведения систематических наблюдений.

4. По формуле (24) определяют угловую величину (направление) крена

$$\alpha = \text{arctg} \frac{81,2}{101,7} = 38^\circ 40'$$

### Задание для упражнений

1. По результатам измерений в первом и втором циклах, приведенным в табл. 34, вычислить средние значения отклонений  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  и составляющие величины крена ( $l$ ,  $i$ ,  $\alpha$ ).

2. По данным отклонений  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $l$ , и  $\alpha$  составить схему составляющих величин крена.

### Контрольные вопросы

1. Что называют креном зданий (сооружений)?
2. Назовите способы измерения крена.
3. Порядок измерения крена здания и колонны способом вертикального проецирования с помощью теодолита.
4. Назовите составляющие величины крена.

## Лабораторная работа 18. Измерения сдвига здания

**Цель задания** – освоить методику измерения сдвига здания и составление схемы сдвига.

**Задание:**

Измерение величин отклонения деформационных марок на здании ПГУАС с помощью теодолита от створа опорных знаков.

Вычисление среднего значения отклонений всех марок и величины сдвига.

Оформление ведомости значений сдвига здания и схемы сдвига деформационных марок.

**Пособия и принадлежности:** теодолит, штатив, измерительная рейка, бланк задания, калькулятор и рабочая тетрадь.

Смещение в горизонтальном направлении называют сдвигом, который связан с геологическими, гидрогеологическими и физико-механическими свойствами грунта, а также с ошибками при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации зданий, сооружений.

При организации наблюдения за сдвигами закрепляют опорные пункты за пределами подвижек грунта или наблюдательные столбы в створе и в триангуляции, а также деформационные марки на зданиях. При сдвиге здания марки изменяют свое пространственное положение, поэтому периодически измеряют координаты этих марок в единой для всех циклов системе координат. Обычно систему координат совмещают с центрами опорных знаков (пунктов или столбов) в виде насечек, отверстия или пазов, сохраняющих свое положение на весь период наблюдений.

В период строительства нулевой цикл наблюдения выполняют до воздействия на здание или сооружение горизонтальных сил. Последующие циклы осуществляют по программе наблюдений, а в период эксплуатации зданий – не менее двух раз в год (весной и осенью). Наблюдения прекращают, когда скорость смещения становится не менее 2 мм в год, но возобновляют при появлении деформаций.

Горизонтальные смещения чаще всего определяют следующими геодезическими методами: створным, тригонометрическим- триангуляции и засечек, а также комбинированным.

В практике строительства наиболее широкое применение получил створный метод для определения сдвига прямолинейных контуров зданий (сооружений) – ряда фундаментов или колонн зданий, стен, плотин и т.п., а также для смещения оползневых пород, то есть в тех случаях, когда наблюдаемые точки можно закрепить на одной линии створа,.

Сущность створного метода заключается в измерении величин  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  и  $C_4$  (рис.33), представляющих собой отклонения в перпендикулярном

направлении деформационных марок  $M_1, M_2, M_3, M_4$  от створа опорных знаков  $A$  и  $B$ . Наряду с другими способами, отклонения часто определяют по рейке с миллиметровыми делениями, поставленной перпендикулярно к створу  $AB$ . При этом над опорным пунктом  $A$  устанавливают теодолит и наводят крест сетки нитей на визирную цель марки над опорным пунктом  $B$ . Берут отсчеты  $C_1, C_2, C_3$  и  $C_4$  по измерительной рейке, приставленной пяткой к деформационной марке. Затем теодолит и визирную марку меняют местами, а по рейке берут отсчеты  $C_1', C_2', C_3'$  и  $C_4'$ . Первые отсчеты относят к “ходу прямо” и записывают в графу 2 ведомости вычислений сдвигов (табл.35), а вторые – к “ходу обратно” (графа 3).

По полученным отсчетам определяют среднее значение отклонений всех марок по формуле

$$C_i = 0,5 (C + C') \quad (25)$$

и записывают их в графу 4 ведомости вычислений.

После аналогичных измерений в следующем цикле наблюдения вычисляют величину смещения всех марок  $\Delta_i$  как разность отсчетов по рейке в нулевом  $C_0$  и текущем  $C_i$  и  $i$ -м циклах измерения:  $\Delta_i = C_0 - C_i$ .

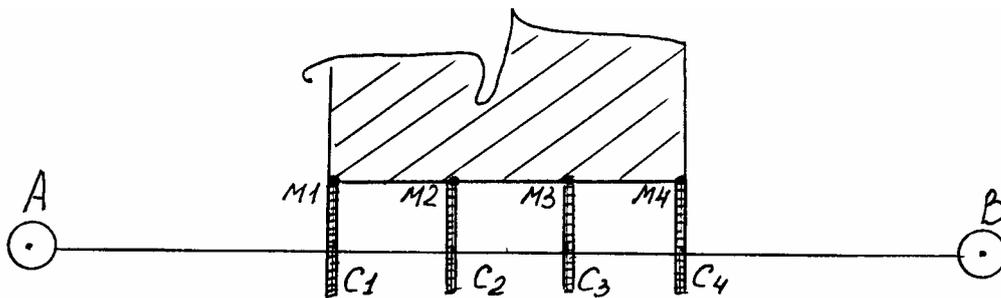


Рис.33. Схема наблюдения за сдвигами створным методом с помощью рейки

В нашем примере (табл.35) среднее значение отклонения для марки  $M_1$  в нулевом цикле измерения (графа 4) составит:

$$C_1^0 = 0,5 (388,6 + 389,2) = 388,9 \text{ мм.}$$

В последующем первом цикле измерения (графа 7) среднее значение отклонения для марки №1 составит:

$$C_1' = 0,5 (385,5 + 384,5) = 385,0 \text{ мм.}$$

Значение сдвига (графа 8) составит:

$$\Delta_1 = 388,9 - 385,0 = +3,9 \text{ мм.}$$

**ВЕДОМОСТЬ**  
**вычислений значений сдвига 9-этажного дома**  
**по ул. Кирова, 10**

Составил: Петров А.Ю.  
 Теодолит – 4Т2П

Номер деформационной марки	Циклы наблюдения						Значение сдвига $\Delta$ , мм
	нулевой 06.09.20153			первый 24.12.2015			
	Отсчет по рейке, мм			Отсчет по рейке, мм			
	прямо	обратно	Среднее	прямо	обратно	среднее	
1	2	3	4	5	6	7	8
M <sub>1</sub>	388,6	389,2	388,9	385,5	384,5	385,0	+3,9
M <sub>2</sub>	361,5	360,9	361,2	359,9	360,5	360,2	+1,3
M <sub>3</sub>	372,0	372,6	372,3	378,0	377,5	377,7	-5,4
M <sub>4</sub>	388,5	389,5	389,0	396,5	396,0	396,2	-7,2
M <sub>5</sub>	568,6	569,4		565,0	564,8		
M <sub>6</sub>	461,0	459,6		459,0	461,5		
M <sub>7</sub>	478,2	476,0		472,6	474,0		
M <sub>8</sub>	508,5	510,3		496,5	498,0		

Для наглядности составляют схему сдвига по каждому из последующих циклов наблюдения.

На схеме (рис.34) обозначают контур здания с расположением деформационных марок. Сдвиги на схеме показывают стрелками и подписывают их значение.

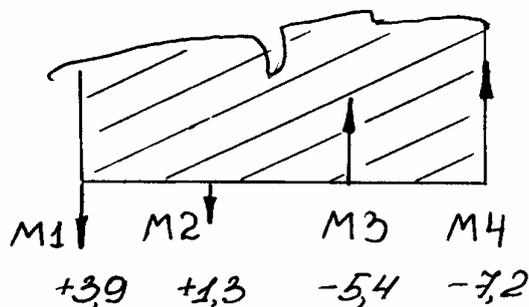


Рис.34. Схема сдвига деформационных марок

### Задания для упражнений

1. По результатам измерений в нулевом и последующем циклах наблюдения за сдвигом, приведенным в табл. 49, вычислить среднее значение отклонения деформационных марок  $M_5$ ,  $M_6$ ,  $M_7$  и  $M_8$  от створа.
2. Вычислить значение сдвига здания.
3. Составить схему сдвига здания.

### Контрольные вопросы

1. Что называют сдвигом здания (сооружения)?
2. Назовите методы определения сдвига.
3. Как определяют отклонение деформационных марок от створа?
4. Содержание схемы сдвига здания.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян, В.В. Прикладная геодезия: Геодезическое обеспечение строительного производства [Текст] / В.В. Авакян. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 2013. – С. 432.

2. Геодезические работы в строительстве [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Т.И. Хаметов, В.Я. Швидкий, В.В. Шлапак. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 303 с.

3. Инженерная геодезия [Текст]: учебник /под ред. Д.Ш. Михелева. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Академия. 2010.

4. Инженерная геодезия [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений /Е.Б. Ключин, М.И. Кисилев, Д.Ш. Михилев, В.Д. Фельдман; под ред. Д.Ш. Михелева. – 8-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия». 2008.

5. Хаметов, Т.И. Практикум по инженерной геодезии [Текст]: учебное пособие / Т.И. Хаметов, Э.К. Громада, Э.К. Харькова, Е.П. Тюкленкова. – 2-е изд., доп. – Пенза: ПГАСА, 2003. – 241 с.

*Электронный ресурс:*

6. Пономаренко, В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии [Электронный ресурс] /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.

7. Пономаренко, В.В. Геодезические работы при изысканиях и проектировании линейных сооружений [Электронный ресурс]: мультимедийные методические указания к РГР №3 /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2010.

8. Пономаренко, В.В. Геодезическая подготовка и разбивочные работы при перенесении на местность осей сооружений [Электронный ресурс]: мультимедийные методические указания к РГР №4 / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2010.

9. Пономаренко, В.В. Построение продольного профиля и проектирование трассы трубопровода [Электронный ресурс]: мультимедийные методические указания /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2015.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геодезия. Сборник задач [Текст]: учеб. пособие / Т.И. Хаметов, Л.Н. Золотцева. – Пенза: ПГУАС, 2014. –152 с.

2. Хаметов, Т.И. Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений [Текст]: учеб. пособие / Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 286 с.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

ВВЕДЕНИЕ .....	3
<b>1. ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ТРАССЫ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....</b>	<b>5</b>
Лабораторная работа 1. Камеральное трассирование. Полевое трассирование. Обработка результатов нивелирования пикетов трассы .....	5
Лабораторная работа 2. Построение продольного и поперечного профилей местности по направлению трассы автодороги, канализационного трубопровода, газопровода .....	13
Лабораторная работа 3. Геодезические расчеты при проектировании трассы автодороги .....	26
Лабораторная работа 4. Вычисление и определение элементов и пикетажных значений круговой кривой трассы.....	29
<b>2. ГЕНПЛАН И ЕГО ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ОСНОВА. МЕТОДЫ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫНОСА В НАТУРУ ПРОЕКТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....</b>	<b>33</b>
Лабораторная работа 5. Геодезическая подготовка разбивочных данных графоаналитическим методом для выноса в натуру проекта зданий и сооружений.....	33
<b>3. СОЗДАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ РАЗБИВОЧНОЙ ОСНОВЫ. ПЕРЕНЕСЕНИЕ ГЛАВНЫХ И ОСНОВНЫХ ОСЕЙ. СПОСОБЫ И ТОЧНОСТЬ ПЕРЕНЕСЕНИЯ ОСЕЙ.....</b>	<b>37</b>
Лабораторная работа 6. Расчет точности разбивочных работ при линейных и угловых измерениях. Выбор приборов и методики измерений .....	37
Лабораторная работа 7. Высотная геодезическая подготовка. Составление разбивочного чертежа для выноса в натуру проекта зданий и сооружений.....	41
Лабораторная работа 8. Обработка результатов геодезических равноточных измерений.....	43
<b>4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ .....</b>	<b>55</b>
Лабораторная работа 10. Расчет разбивочных элементов контура котлована и траншеи .....	55
Лабораторная работа 11. Определение объемов земляных работ при выемке грунта из котлована и траншеи .....	61

Лабораторная работа 12. Расчет разбивочных данных для выноса в натуру фундаментов – центров бычков арочной плотины.....	65
<b>5. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ .....</b>	<b>74</b>
Лабораторная работа 13. Контроль геометрических параметров сборных элементов конструкций зданий и сооружений .....	74
<b>6. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ СХЕМ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ СЪЕМОК КОНСТРУКЦИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ .....</b>	<b>81</b>
Лабораторная работа 14. Обработка результатов плановой исполнительной съемки колонн.....	81
Лабораторная работа 15. Обработка результатов высотной исполнительной съемки колонн.....	85
<b>7. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ .....</b>	<b>89</b>
Лабораторная работа 16. Измерение осадки здания методом геометрического нивелирования. Камеральная обработка и оформление результатов измерений.....	89
Лабораторная работа 17. Измерения крена здания. Обработка результатов измерений.....	95
Лабораторная работа 18. Измерения сдвига здания.....	99
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>103</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>103</b>

Учебное издание  
Хаметов Тагир Ишмуратович

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ  
Учебно-методическое пособие к лабораторным работам  
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

В авторской редакции  
Верстка Н.А. Сазонова

---

Подписано в печать 18.03.16. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 4,5. Тираж 80 экз.  
Заказ № 191.

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28.