

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению лабораторных и практических работ  
для студентов специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и  
сооружений» (специализация «Строительство автомагистралей, аэродромов и  
специальных сооружений»)  
всех форм обучения

ВОРОНЕЖ 2022

УДК 528.3  
ББК 38.115я7

**Составитель В. В. Шумейко**

**Инженерная геодезия:** методические указания к выполнению лабораторных работ и практических работ для студентов специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» (специализация «Строительство автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений») всех форм обучения/ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: В. В. Шумейко. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022.– 39 с.

Основная цель указаний состоит в рассмотрении методика выполнения лабораторных и практических работ по инженерной геодезии для студентов специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», специализация «Строительство автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений». В методических указаниях рассмотрено устройство и поверки геодезических приборов, теория и методика геодезических измерений. Представлены исходные данные и порядок выполнения практических работ по обработке результатов геодезических измерений, составлению планов геодезического обоснования, профилей автомобильных дорог.

Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ\_ИГ\_ЛПР.pdf.

Ил. 21. Табл. 5. Библиогр.: 8 назв.:

**УДК 528.3  
ББК 38.115я7**

**Рецензент** – В. А. Костылев, канд. техн. наук, ст. преп. кафедры кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

## ВВЕДЕНИЕ

По специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» учебным планом предусматривается изучение дисциплины «Инженерная геодезия».

Целью дисциплины является: формирование базы знаний, умений и навыков в подготовке специалиста по использованию геодезических приборов, приёмов и методов геодезических измерений и камеральной обработки результатов полевых измерений при инженерных изысканиях, проектировании, строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

В методических указаниях представлен порядок выполнения лабораторных работ по линейным, угловым и высотным измерениям, поверкам геодезических приборов, решению инженерных задач, приведены примеры оформления графических материалов, определены цели и задачи каждого этапа работ, рассмотрены требования, предъявляемые к ним. Представлены исходные данные и порядок выполнения практических работ по обработке результатов геодезических измерений, составлению планов геодезического обоснования, профилей автомобильных дорог. Выполнению лабораторных и практических работ непременно должно предшествовать изучение студентами лекций и соответствующих разделов учебника. Без этого выполнение лабораторных работ превращается в механическую и малополезную работу, не способствующую приобретению необходимых навыков практической работы.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

## Угловые измерения

**Цель работы:** изучить устройство теодолита и приемы работы с ним.

**Порядок выполнения работы:**

- 1) изучить устройство теодолита (рис. 1);
- 2) зарисовать в рабочей тетради горизонтальную и вертикальную шкалы и подписать под ними полученные отсчеты;
- 3) научиться устанавливать теодолит в рабочее положение;
- 4) измерить способом приемов горизонтальный угол между визирными знаками;
- 5) провести обработку результатов измерений. Образец записи и вычислительной обработки приведен в табл. 1.1.

Таблица 1.1

### Журнал измерения углов

Номер станции	Положение теодолита	Номера наблюд. точек	Отсчеты		Величина угла	Средняя величина угла	Примеч.
			градусы	минуты			
1	КП	3	246	26	102°18'	102°18,5'	
		2	144	10			
	КЛ	3	190	36	102°19'		
		2	88	19			

б) определить место нуля (МО) теодолита:

$$MO = \frac{(КЛ+КП)}{2} = 180^\circ \quad (1.1)$$

7) измерить углы наклона на две визирные цели и вычислить вертикальный угол  $v$  :

$$v = КЛ - MO = MO - КП. \quad (1.2)$$

Образец журнала для записи приведен в табл. 1.2.

## Журнал измерения вертикальных углов

Номера точек	Отсчеты по вертикал. кругу		МО	v
	КЛ	КП		

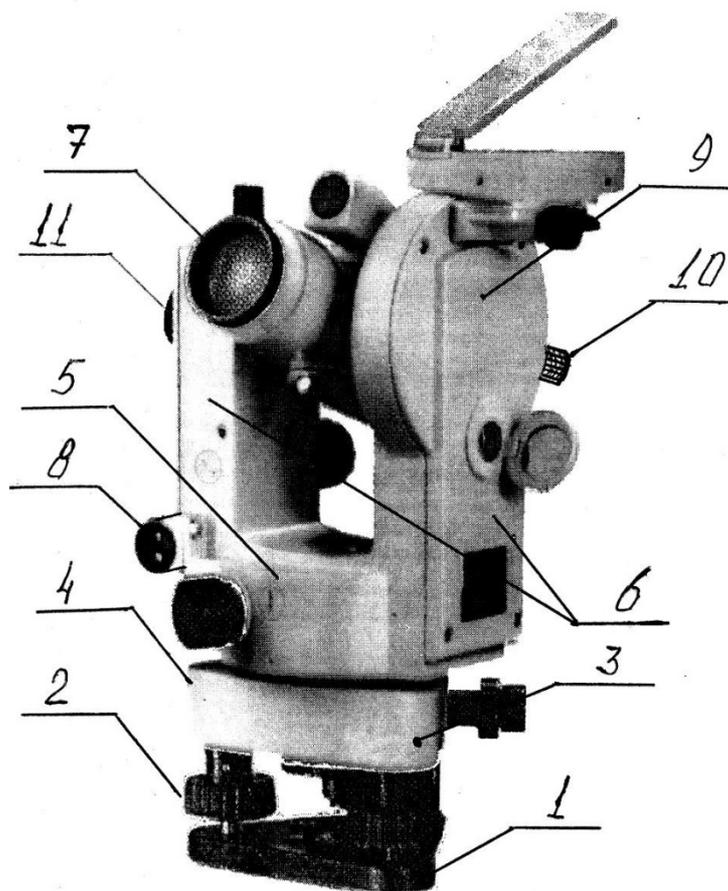


Рис. 1. Основные части теодолита

Основными частями теодолита являются подставка, состоящая из пружинящей пластины 1, подъемных винтов 2 и корпуса 3, лимб горизонтального круга 4, расположенного под металлическим кожухом теодолита, алидада 5, на двух подставках 6 крепится зрительная труба 7, цилиндрический уровень 8, вертикальный круг 9, микроскоп для взятия отсчетов 10. Все вращающиеся части теодолита снабжены закрепительными и микрометрическими винтами для фиксирования их в неподвижном положении и для плавного и точного наведения на цель. Резкое изображение цели достигается с помощью винта кремальеры 11.

В комплект к теодолиту входят буссоль (служит для определения магнитных азимутов), штатив с отвесом (для установки теодолита над вершиной угла)

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Поверки теодолита

**3.1. Цель работы:** изучить требования к положению осей теодолита, освоить их поверки и юстировки.

**3.2. Порядок выполнения работы:** изучить и зарисовать геометрическую схему теодолита (рис. 2), освоить выполнение поверок на практике.

#### Поверки теодолитов

Основные поверки теодолитов производят с целью выявления и устранения возможных несоответствий техническим условиям, которые определяются взаимным расположением его осей.

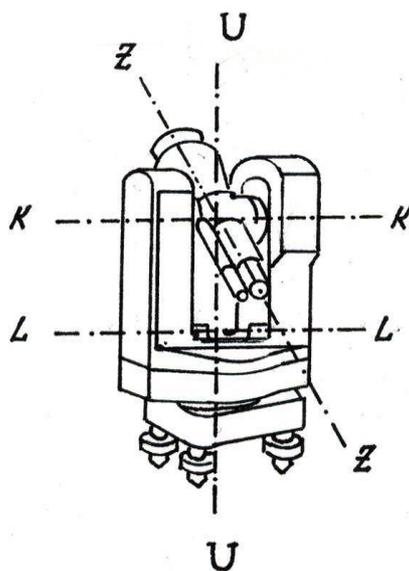


Рис. 2. Оси теодолита

#### 1-я поверка

Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга **LL** должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения теодолита **UU**.

Для выявления отклонений цилиндрический уровень устанавливают параллельно двум подъемным винтам теодолита, а пузырек уровня приводят на середину. Повернув алидаду на  $90^\circ$ , вновь выводят пузырек уровня на середину третьим подъемным винтом. При повороте уровня на  $180^\circ$  от первоначального направления пузырек уровня должен остаться на середине (условие выполнено). Если пузырек сместился от середины уровня, то его на половину отклонения возвращают подъемными винтами, вторую половину – исправительными винтами уровня. Юстировку (исправление) продолжают до полной остановки пузырька при вращении теодолита.

#### 2-я поверка

Визирная ось трубы **ZZ** должна быть перпендикулярна оси ее вращения **KK** (поверка коллимационной ошибки).

Установив теодолит в рабочее положение, трубу наводят на удаленную цель при положении вертикального круга справа от наблюдателя (КП) и снимают отсчет по горизонтальному кругу. Переведя трубу через зенит, вновь наводят ее на ту же цель при вертикальном круге слева от наблюдателя (КЛ) и снова снимают отсчет. Очевидно, что разность отсчетов КЛ - КП должна быть равна  $180^0$ , а отклонение визирной оси от перпендикуляра к оси вращения трубы (коллимационную ошибку)  $C_k$  получим из формулы

$$C_k = (КЛ - КП \pm 180^0) / 2 \leq 2t, \quad (2.1)$$

где  $t$  - точность отсчета по лимбу.

Теоретический отсчет, определяемый по равенству

$$КЛ_t = КЛ - C_k, \quad (2.2)$$

используют для установки алидады горизонтального круга наводящим (микрометрическим) винтом по отсчету КЛ. Смещение перекрестия сетки нитей с цели устраняется исправительными винтами, расположенными возле окуляра трубы под металлической крышкой (рис. 3).

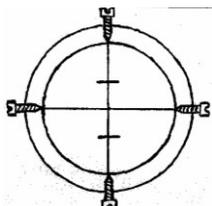


Рис. 3. Исправительные винты сетки нитей теодолита

Вначале ослабляют вертикальные винты, затем боковой винт, в сторону которого необходимо переместить сетку нитей, а затем вторым боковым винтом наводят вертикальную нить на цель.

### 3-я поверка

Ось вращения трубы **КК** должна быть перпендикулярна вертикальной оси прибора **U-U**.

Теодолит приводят в рабочее положение и наводят трубу при **КП** на высоко расположенную точку. Затем трубу опускают, проецируя положение точки на уровень земли. Полученную проекцию маркируют. Повторив действия при **КЛ**, получаем проекцию второй точки. При совпадении проекций условие выполнено. В противном случае ось вращения трубы не перпендикулярна к основной оси инструмента. В современных конструкциях теодолитов нет исправительных винтов, исключаящих это несоответствие.

Юстировка прибора может быть осуществлена только в заводских условиях.

#### 4-я поверка

Одна из нитей сетки трубы должна быть горизонтальной, другая - вертикальной.

Привести теодолит в рабочее положение и навести его трубу на хорошо видимую цель. Вращая микрометрическим винтом горизонтальный лимб, необходимо следить за тем, чтобы изображение цели все время находилось на горизонтальной нити сетки. Поверку можно выполнять наведением вертикальной нити на отвес, расположенный не ближе 5 - 10 м от теодолита.

При смещении цели с нити сетку юстируют разворотом окуляра кольца трубы с помощью исправительных винтов сетки нитей (рис.3).

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

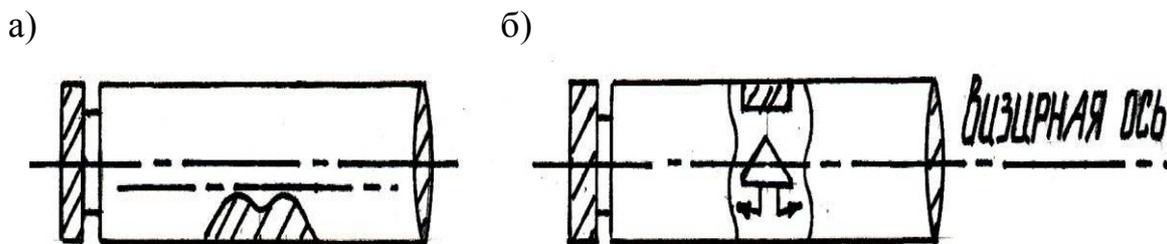
#### Высотные измерения

**Цель работы:** получить знания по устройству нивелира и приемами работы с ним.

**Порядок выполнения работы:** 1) изучить устройство нивелира.

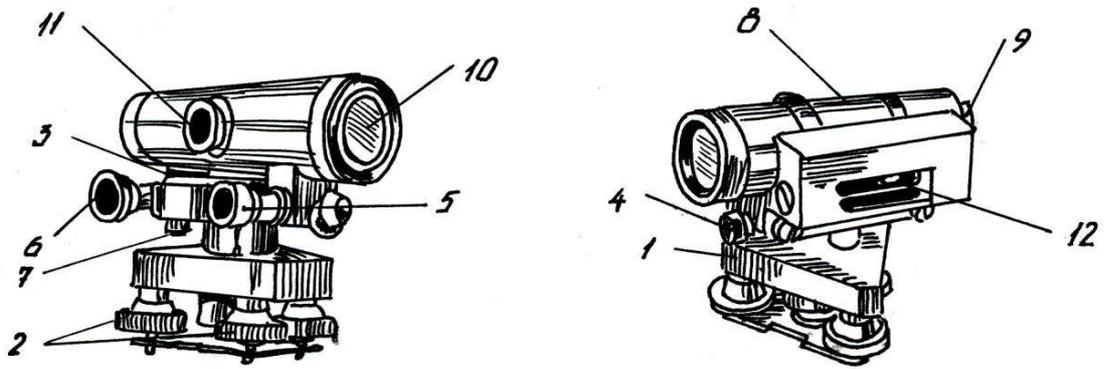
*Устройство нивелиров:*

**Нивелир** - прибор, служащий для определения разности высот нескольких точек. Прибор основан на приведении визирного луча зрительной трубы в горизонтальное положение с помощью уровня (рис.4, а) или компенсатора (рис. 4, б).



**Рис. 4.** Устройство зрительной трубы нивелира:  
а) с уровнем; б) с компенсатором

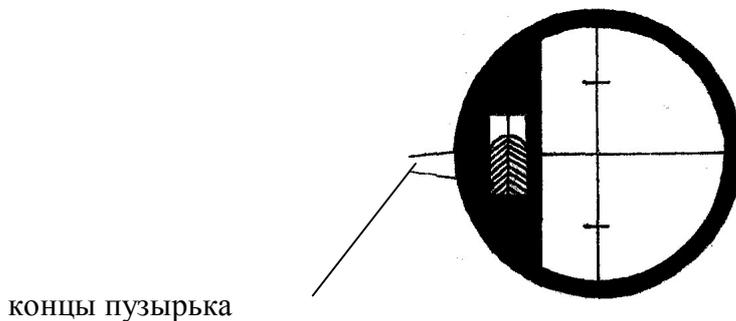
Основными частями нивелиров являются: подставка, цилиндрический уровень (компенсатор) и зрительная труба (рис. 5).



**Рис. 5.** Схема устройства нивелира с цилиндрическим уровнем:  
 1 – подставка нивелира (трегер); 2 – подъемные винты; 3 – круглый уровень;  
 4 – закрепительный винт; 5 – наводящий винт; 6 – элевационный винт;  
 7 – исправительные винты круглого уровня; 8 – зрительная труба; 9 – окуляр;  
 10 – объектив; 11 – кремальера; 12 – цилиндрический уровень

Наведение трубы нивелира на цель осуществляется закрепительным 4 и наводящим 5 винтами, фокусировка изображения - кремальерой 11. Приведение пузырька круглого уровня на середину осуществляется подъемными винтами 2, а пузырька цилиндрического уровня - элевационным винтом 6.

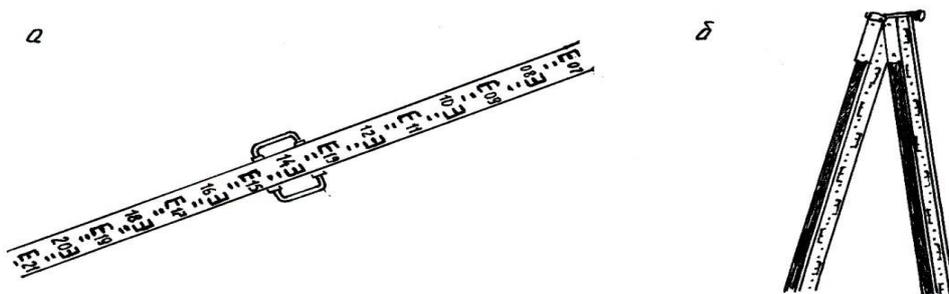
Для удобства работы изображение концов пузырька цилиндрического уровня находится в поле зрения трубы (рис. 6).



**Рис. 6.** Поле зрения трубы нивелира с цилиндрическим уровнем

При горизонтальном положении визирной оси нивелира концы пузырька совмещаются, а при наклонном - расходятся.

В комплект к нивелиру входят нивелирные рейки (рис. 7).



**Рис. 7.** Нивелирная рейка: а) цельная, б) складная

Рейка имеет две стороны: черную (основную) и красную (контрольную). На каждой из них чередуются черные (красные) и белые шашечные деления величиной 1 см. Счет делений идет по черной стороне от нуля, по красной стороне – от цифры 4785 или 4685 (пятка рейки). Принцип взятия отсчетов по рейке показан на рис. 8.

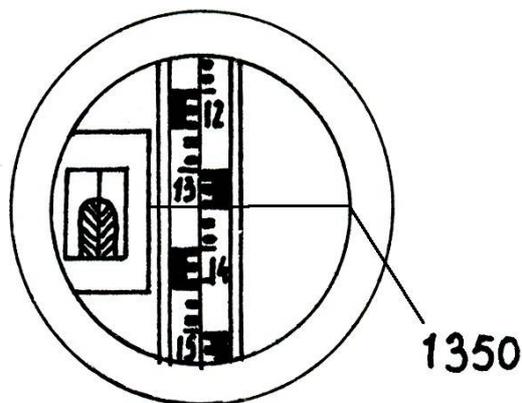


Рис. 8. Взятие отсчета по рейке

Кроме рейки в комплект к нивелиру входит штатив для установки нивелира;

2) описать в рабочей тетради название и функции рабочих частей нивелира; 3) научиться приводить нивелир в рабочее положение и брать отсчеты по черной и красной сторонам рейки;

4) зарисовать поле зрения трубы нивелира с изображением рейки и сетки нитей в соответствии с полученным отсчетом;

5) перевести трубу нивелира на вторую точку и взять отсчет. Рассчитать превышения по схеме (рис. 9). Полученные результаты записать в табл. 3.1.

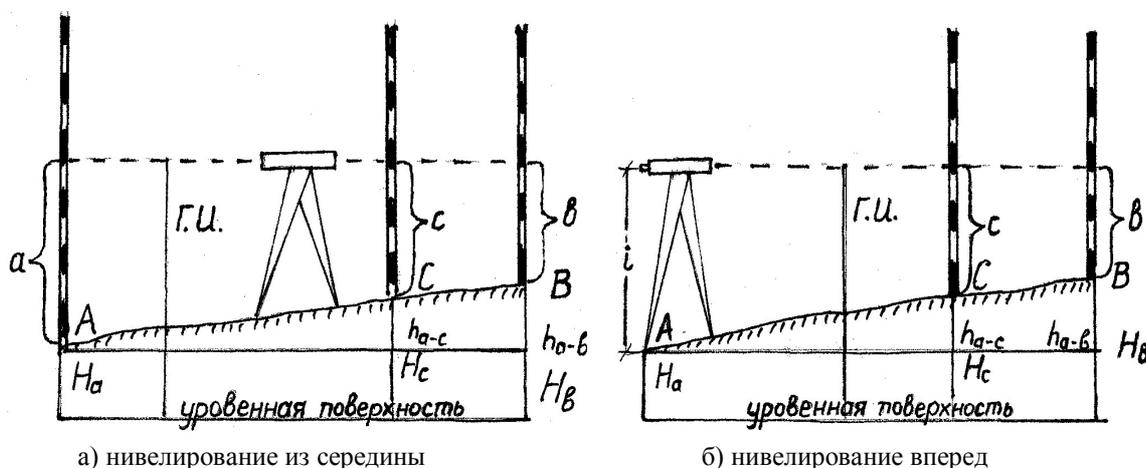


Рис. 9. Схемы геометрического нивелирования

## Журнал геометрического нивелирования

Номера станций	Номера точек	Отсчеты по рейке		Превышение	Отметки
		задняя	передняя		
	T1	1245			
1		6030			
	T2		0809		
			5592		

Для контроля выполненных измерений и вычислений проверяют пятку рейки и разность отсчетов  $a_1 - a_2$  и  $b_1 - b_2$ .

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

## Поверки нивелиров

**Цель работы:** изучить требования к положению осей нивелира, освоить его поверки и юстировку.

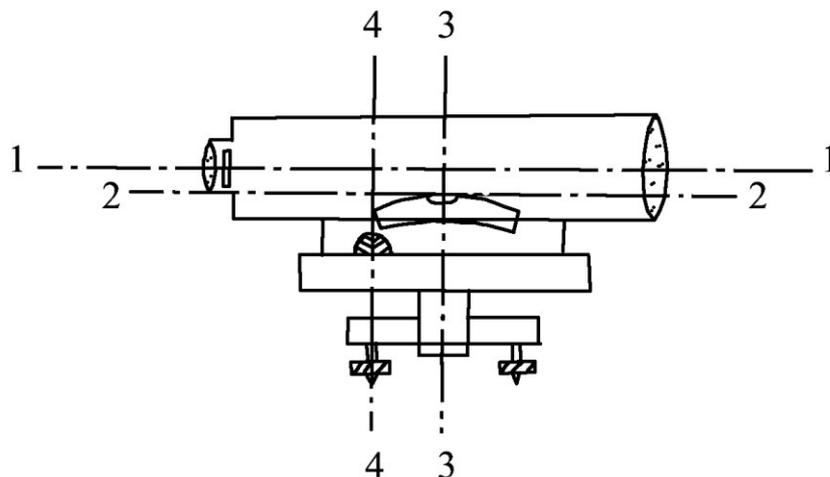
**Порядок выполнения работ:**

- 1) изучить и зарисовать схему нивелира (рис.10);
- 2) выполнить поверки нивелира.

**Поверки нивелиров**

**Поверка 1.** Ось круглого уровня 4-4 должна быть параллельна оси вращения нивелира 3-3 (рис. 10).

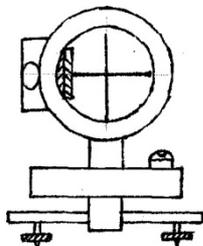
Круглый уровень устанавливают параллельно двум подъемным винтам и выводят его на середину. Повернув нивелир на  $90^\circ$ , вновь устанавливают пузырек по третьему винту. При развороте нивелира на  $180^\circ$  от первоначального направления пузырек уровня должен оставаться на середине. Отклонения пузырька уровня уменьшают наполовину подъемными винтами, а вторую половину – исправительными винтами уровня.



**Рис. 10.** Схема осей нивелира:

1-1 – визирная ось; 2-2 – ось цилиндрического уровня;  
3-3 – ось вращения инструмента; 4-4 – ось круглого уровня

**Поверка 2.** Вертикальная нить сетки нитей должна быть параллельна оси вращения нивелира 3-3 (рис. 11).



**Рис. 11.** Поверка сетки нитей

На расстоянии 25-30 м от нивелира вешается отвес, трубу нивелира наводят на него так, чтобы вертикальная нить сетки нитей точно совпала с нитью отвеса.

Несовпадение нити с отвесом устраняется исправительными винтами окуляра.

**Поверка 3.** Визирная ось 1-1 должна быть параллельна оси цилиндрического уровня 2-2.

Поверка выполняется двумя способами.

В первом случае производится двойное нивелирование одной и той же линии с разных ее концов (рис. 12).

Закрепив кольями линию длиной 50-70 м, устанавливают нивелир окуляром над точкой А и берут отсчет по рейке, установленной в точке В. Если визирная ось и ось цилиндрического уровня не параллельны, то вместо правильного отсчета  $b_0$  будет взят отсчет  $b_1$ , содержащий ошибку  $x$ .

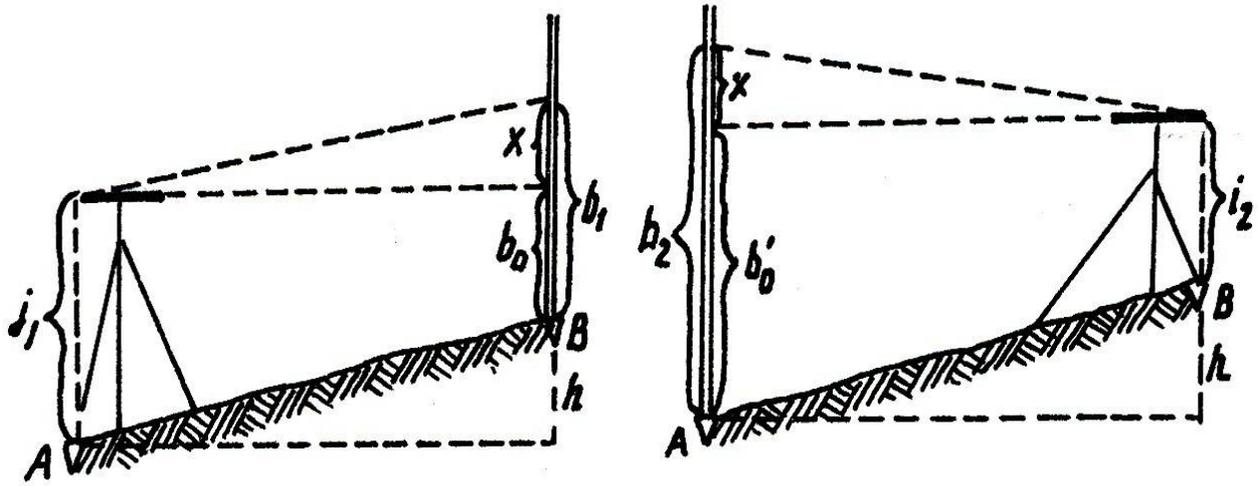


Рис. 12. Проверки оси цилиндрического уровня двойным нивелированием

Поменяв местами нивелир и рейку, вновь берут отсчет. Ошибку вычисляют по формуле

$$x = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}, \quad (4.1)$$

где  $b_1, b_2$  – отсчеты по рейке;  $i_1, i_2$  – высоты инструмента.

Ошибка  $x$  не должна превышать  $\pm 4$  мм. В противном случае элевационным винтом нивелира наводят среднюю нить сетки нитей на отсчет  $b_0'$ :

$$b_0' = b_2 - x, \quad (4.2)$$

а исправительными винтами цилиндрического уровня совмещают изображения концов пузырька уровня.

Эта же проверка может быть выполнена и другим способом (рис. 13).

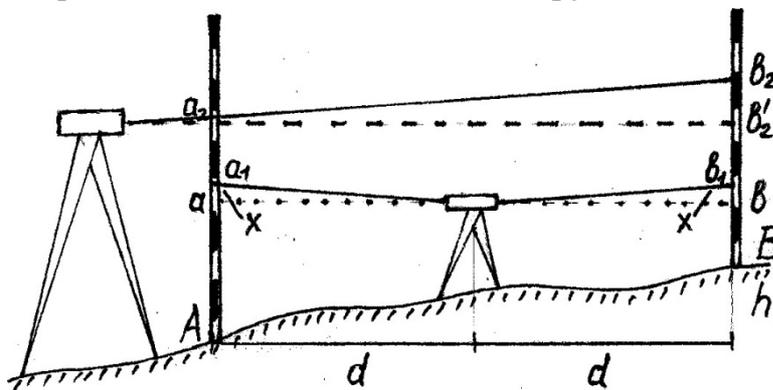


Рис. 13. Проверка оси цилиндрического уровня по известному превышению

Нивелир устанавливают посередине между двумя рейками и берут по ним отсчеты. Эти отсчеты (если условие не выполнено) будут отличаться от ис-

тинных на одну и ту же величину  $x$ , поэтому превышение  $h$ , полученное по отсчетам  $a_1$  и  $b_1$ , будет правильным.

$$h = a_1 - b_1 = a - b. \quad (4.3)$$

Затем нивелир устанавливают как можно ближе к первой рейке и берут отсчеты. Пренебрегая в связи с малым расстоянием ошибкой отсчета  $a_2$ , можно вычислить правильный отсчет  $b_2'$ .

$$b_2' = a_2 - h. \quad (4.4)$$

Вычисленный отсчет не должен отличаться от фактического более чем на 4 мм. Ошибку устраняют смещением сетки нитей на верный отсчет  $b_2$  элевационным винтом, а пузырек уровня подводят на середину исправительными винтами.

Отличительной особенностью проверок нивелиров с компенсатором является следующая. Линия визирования нивелира с компенсатором должна быть горизонтальной при наклонах оси прибора в пределах расчетного угла компенсации.

Прибор устанавливают посередине между двумя рейками и определяют превышение между этими точками пятью приемами при различных положениях пузырька круглого уровня (рис. 14).

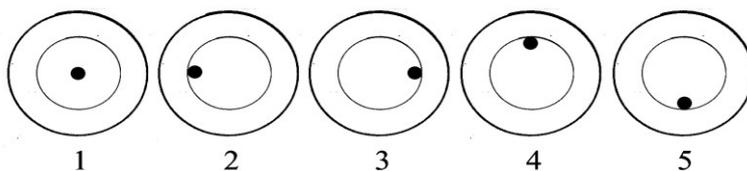


Рис. 14. Положение пузырька уровня при установлении ошибки недокомпенсации

Если среднее значение превышений, полученных при положениях 2, 3, 4, 5, отличается от среднего значения, полученного при положении 1, более чем на 4 мм, то прибор подлежит юстировке в заводских условиях.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

### Топографические планы и карты

**Цель работы:** изучить особенности топографических планов и карт, научиться работать с ними, освоить методику решения задач на топографических планах и картах.

**Порядок выполнения работы:**

- 1) Изучить по условным знакам ситуацию местности, нанесенную на карту (план). Определить основные объекты местности: населенные пункты, дороги, инженерные коммуникации, растительность, гидрографию;
- 2) Изучить рельеф местности, выявить основные формы рельефа.

Сущность изображения рельефа горизонталями:

**Горизонталь** — это замкнутая линия, изображающая на карте горизонтальный контур неровностей, все точки которого на местности расположены на одной высоте над уровнем моря. Горизонтали можно представить как линии, полученные в результате сечения местности уровнями поверхностями, то есть поверхностями, параллельными уровню воды в океанах (рис. 15).

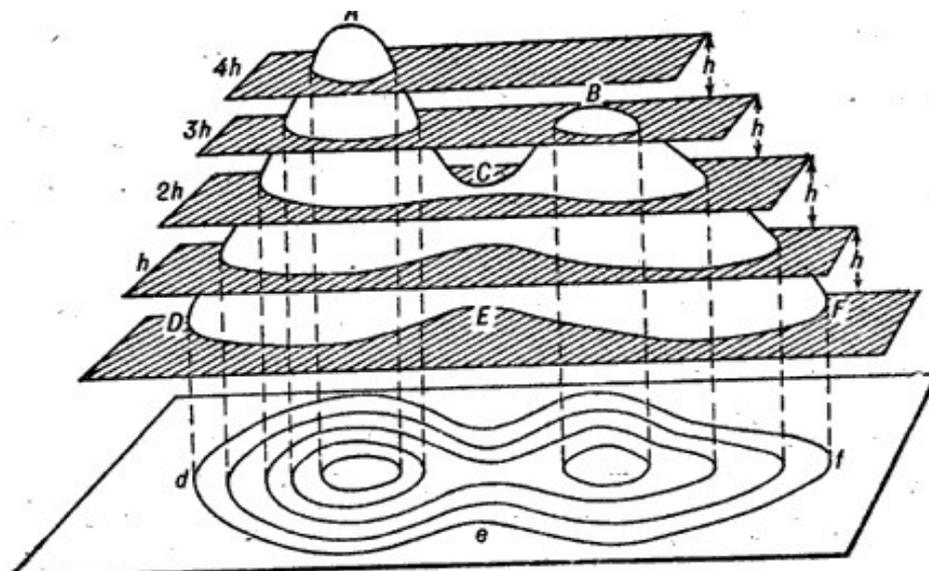


Рис.15. Сущность изображения рельефа горизонталями

Из рис. 15 видно, что способ изображения рельефа горизонталями позволяет не только правильно отображать формы рельефа, но и определять высоты отдельных точек земной поверхности по высоте сечения рельефа и крутизне скатов.

**Высота сечения рельефа** - это разность высот двух смежных секущих поверхностей. На карте она выражается разностью высот двух смежных горизонталей. В пределах листа карты высота сечения рельефа, как правило, является постоянной.

Через точки М, N, O проведены уровенные поверхности на расстоянии друг от друга, равном высоте сечения  $h$ . Пересекая поверхность ската, они образуют кривые линии, ортогональные проекции которых в виде трех горизонталей показаны в нижней части рис. 15. Расстояния  $mn$  и  $no$  между горизонталями являются проекциями отрезков MN и NO ската. Эти проекции называются **заложениями горизонталей**.

### Измерение дирекционных углов и азимутов линий

Дирекционный угол заданной преподавателем линии измеряют с помощью транспортира относительно восточной или западной вертикальной линии

километровой сетки. Азимут линии определяют относительно восточной или западной стороны рамки карты (рис. 16).

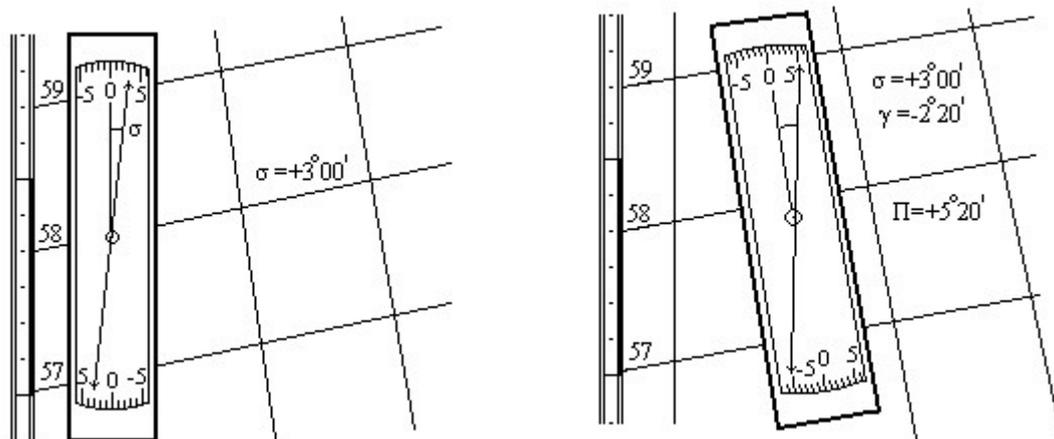


Рис. 16. Определение дирекционных углов и азимутов линий по карте

### Измерение длин линий

Длины отрезков между заданными точками измеряются при помощи линейного или поперечного масштабов. Ломаные линии измеряются по частям путем наращивания раствора циркуля.

Извилистые линии также можно измерять, как ломаные, но более точные результаты дает способ профессора Ю.М. Шокальского, по которому извилистые линии измеряются циркулем с постоянным раствором. Формула для определения длины линии имеет вид

$$d = m_T D_{cp} K \quad (5.1)$$

где  $m_T$  - число тысяч в знаменателе масштаба карты;  $D_{cp}$  - среднее из прямого и обратного измерений в мм;  $K$  – коэффициент извилистости линии, определяемый по специальным таблицам.

Извилистые линии могут быть измерены и с помощью портативных приборов, называемых **курвиметрами**.

Плавные кривые линии измеряются курвиметром с ошибкой около 2 %; при увеличении кривизны линии ошибка возрастает до 10 % и более. При коэффициенте извилистости линии более 1,11 курвиметр непригоден.

### Определение высот точек по горизонталям

Отметка точки, расположенной на горизонтали, равна отметке этой горизонтали. Если же точка находится между горизонталями (рис. 17), то ее высоту вычисляют по формуле

$$H = H_0 + h, \quad (5.2)$$

где  $H_0$  – отметка ближайшей к точке горизонтали;  $h$  – превышение точки над горизонталью.

о .

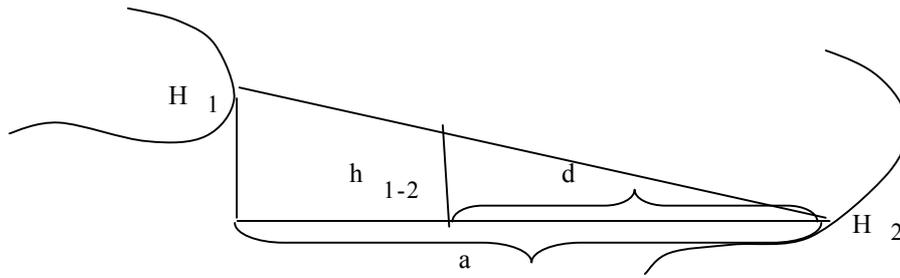


Рис. 17 · Определение высот точек по горизонталям

Считая, что высота между соседними горизонталями меняется пропорционально заложению, для вычисления  $h$  используют формулу

$$h = \frac{d}{a} h_{1-2}, \quad (5.3)$$

где  $a$  – заложение между соседними горизонталями;  $d$  – расстояние от точки до ближайшей горизонтали;  $h_{в.с.}$  – высота сечения рельефа.

#### Вычисление объемов земляных масс и определение границ бассейна

Объемы характерных форм рельефа можно вычислить по горизонталям (горы, котлованы), рассматривая их как усеченные конусы:

$$V = \frac{1}{2} (S_H + S_B) h_{в.с.}, \quad (5.4)$$

где  $S_H$  и  $S_B$  – площади нижнего и верхнего оснований усеченного конуса, определяемые горизонталями;  $h_{в.с.}$  – высота сечения этих горизонталей.

При сложной конфигурации горизонталей для вычисления объемов применяют формулу Н.Г. Келля:

$$V = \left[ \frac{1}{6} (S_H + S_B) + \frac{2}{3} S_{дп} \right] h_{в.с.}, \quad (5.5)$$

где  $S_{дп}$  – площадь, ограниченная дополнительной горизонталью.

**Бассейном** называется водосборная площадь местности, границами которой являются водораздельные линии.

Следовательно, чтобы определить границы бассейна, необходимо, используя горизонтали, провести водораздельные линии (рис. 18).

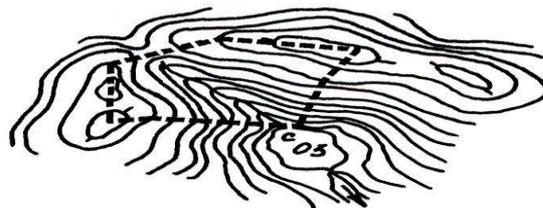


Рис. 18. Определение площади водосборного бассейна

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

### Вычисление координат пунктов плановой геодезической сети

Вычисление координат пунктов плановой геодезической сети выполняют в ведомости координат (прил. 4). Из таблицы исходных данных, согласно варианту, в графу 2 ведомости выписывают измеренные углы замкнутого хода и подсчитывают угловую невязку  $f_{\text{по}}$  формуле

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм.}} - 180^{\circ}(n-2) \quad (6.1)$$

Полученную невязку сравнивают с допустимой  $f_{\beta_{\text{доп}}} = \pm 1' \sqrt{n}$ , где  $n$  - число углов хода. Если полученная невязка меньше или равна предельной, то её распределяют поровну на все углы с противоположным знаком, округляя до  $0,1'$ . В противном случае углы должны быть измерены заново. Сумма исправленных углов должна быть точно равна теоретической сумме.

По данным привязки вычисляют дирекционный угол начальной стороны хода. Дирекционные углы последующих сторон вычисляются по формуле

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^{\circ} - \beta_{\text{испр.}}, \quad (6.2)$$

т.е. дирекционный угол линии последующей равен дирекционному углу линии предыдущей плюс  $180^{\circ}$  и минус правый угол, заключенный между этими сторонами. Контролем правильности вычислений будет являться получение в конце вычислений дирекционного угла исходной стороны.

Горизонтальные проложения сторон хода  $d$  вычисляются по формуле

$$d = D \cdot \cos v. \quad (6.3)$$

Приращения координат (графы 8 и 10) вычисляются по формулам

$$\Delta x = d \cdot \cos \alpha; \Delta y = d \cdot \sin \alpha. \quad (6.4)$$

Невязки в приращениях координат для замкнутого хода находятся по формулам

$$f_x = \sum \Delta x; f_y = \sum \Delta y. \quad (6.5)$$

Для определения допустимости невязок подсчитывают абсолютную невязку  $f_{\text{абс}}$  хода

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{fx^2 + fy^2}. \quad (6.6)$$

и относительную невязку  $f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{\sum d}$ , которая должна быть меньше 1/2000.

Если полученные невязки допустимы, то они распределяются между приращениями пропорционально длинам сторон с противоположным знаком с округлением до 0,01 м. Поправки в приращения вычисляются по формулам

$$V_{\Delta x} = -\frac{fx}{\Delta x_i} \cdot d_i \quad \text{и} \quad V_{\Delta y} = -\frac{fy}{\Delta y_i} \cdot d_i \quad (6.7)$$

Сумма поправок должна быть равна невязке с противоположным знаком, а сумма исправленных приращений должна равняться нулю.

По координатам исходного пункта, полученным в результате привязки хода к опорной геодезической сети, и исправленным приращениям координат определяют координаты всех пунктов по формулам

$$x_{\text{посл}} = x_{\text{пред}} + \Delta x_{\text{испр}}; \quad y_{\text{посл}} = y_{\text{пред}} + \Delta y_{\text{испр}}. \quad (6.8)$$

Контролем правильности вычисления координат является получение в конце вычислений координат исходного пункта.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

### Вычисление высот (отметок) пунктов высотной геодезической сети

Вычисление высот пунктов высотной геодезической сети выполняют в журнале технического нивелирования (прил. 6), в котором из таблицы исходных данных, согласно варианту, выписываются отчеты по рейке и вычисляются контрольные «пятки» реек.

$$h = 3 - П. \quad (7.1)$$

Обработку журнала выполняют в следующей последовательности:

1. Контролируют взятие отсчетов по рейкам (выполняют в поле). Отсчет по красной стороне рейки - отсчет по черной стороне =  $4785 \pm 5$  мм (начало отсчета по красной стороне).
2. Вычисляют превышения ( $h=3-П$ ) по отсчетам, снятым по черной и красной сторонам реек. Расхождение между  $h_{\text{черн}}$  и  $h_{\text{крас}}$  не должно превышать  $\pm 5$  мм.
3. Вычисляют  $h_{\text{ср}} = \frac{h_{\text{чер}} + h_{\text{кр}}}{2}$ .
4. После подсчета превышений между всеми связующими точкам на каждой странице журнала выполняют постраничный контроль по формуле

$$\frac{\sum 3 - \sum П}{2} = \frac{\sum(+h) + \sum(-h)}{2} = \sum(h_{\text{ср}}) + \sum(-h_{\text{ср}}), \quad (7.2)$$

где  $\sum 3$  – сумма отсчетов по задней рейке,

$\sum П$  – сумма отсчетов по передней рейке.

Постраничный контроль позволяет выявить ошибки, сделанные при вычислении превышений. Пример выполнения постраничного контроля приведен в журнале геометрического нивелирования.

5. Производят увязку средних превышений ( $h_{\text{ср}}$ ). Для этого находят невязку  $f_h$  по формуле (для разомкнутого хода)

$$f_h = \sum h_{\text{ср}} - (H_{\text{Рп2}} - H_{\text{Рп1}}) \text{ мм}, \quad (7.3)$$

Для замкнутого нивелирного хода невязка  $f_h$  вычисляется по формуле

$$f_h = \sum h_{\text{ср}}. \quad (7.4)$$

Вычисляют допустимую невязку  $f_{h \text{ доп}}$  по формуле

$$f_{h \text{ доп}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L}, \quad (7.5)$$

где  $L$  - длина хода в км.

6.

При выполнении условия  $f_h \leq f_{h \text{ доп}}$  невязку  $f_h$  распределяют с обратным знаком между средними превышениями (вводится поправка) с округлением до целого миллиметра. Контролем распределения является равенство  $\sum V_h = f_h$ , где  $V_h$  - поправка в средние превышения.

7. Вычисляют исправленные превышения по формуле

$$h_{\text{ср}}^{\text{исп}} = h_{\text{ср}} + v. \quad (7.6)$$

8. Вычисляют отметки опорных точек по формуле

$$H_{\text{посл}} = H_{\text{пред}} + (\pm h_{\text{ср}}^{\text{испр}}). \quad (7.7)$$

Контролем правильности вычисления высот является получение в конце вычислений высоты исходного пункта.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

### Построение плана геодезического обоснования

Графические работы включают построение координатной сетки, нанесение пунктов геодезического обоснования на план с его последующим оформлением.

Построение координатной сетки со сторонами  $10 \times 10$  см для плана масштаба 1:500 выполняется линейкой Дробышева на листе ватмана формата А1. При правильном построении сетки  $5 \times 5$  квадратов вершины малых квадратов должны лежать на диагоналях большого квадрата либо линиях, параллельных им. Расхождения между диагоналями малых квадратов не должны превышать 0,2 мм. При несоблюдении указанных условий сетку квадратов следует построить заново.

Цифровые подписи линий координатной сетки по осям  $X$  и  $Y$  должны быть кратными длине стороны квадрата, т.е. 50 м (0,05 км). При оцифровке сетки следует помнить, что значения абсцисс возрастают снизу вверх, а ординат – слева направо.

Нанесение на план пунктов геодезического обоснования следует выполнять по их вычисленным координатам с помощью циркуля-измерителя и поперечного масштаба. Правильность нанесения на план пунктов теодолитного хода

необходимо проверить по длинам сторон (расхождение измеренных на плане расстояний между точками хода и горизонтальными проекциями соответствующих линий местности не должно превышать 0,2 мм, по горизонтальным углам и дирекционным углам сторон.

Рядом с пунктом геодезического обоснования подписывается его номер и высота (отметка).

Выполнение зарамочного оформления и вычерчивание плана тушью необходимо производить со строгим соблюдением правил топографического черчения (прил. 6).

Оформляется соответствующий раздел отчета.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9

### Разбивка круговой кривой с расчетом основных элементов кривой

При строительстве линейных сооружений, в местах поворота трассы, возникает необходимость разбивки на местности круговых кривых.

Разбивка кривой начинается с разбивки главных точек, т.е. начала кривой А, конца кривой С и середины кривой М (рис. 19, а).

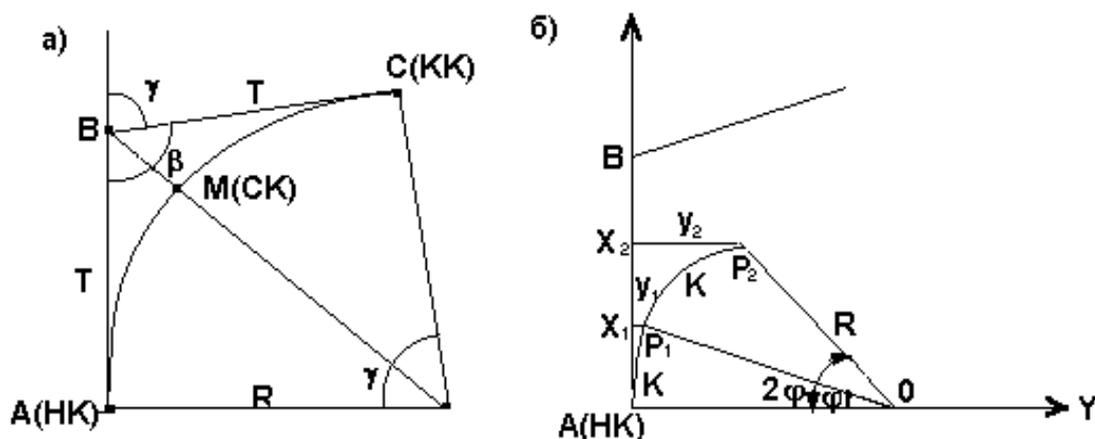


Рис. 19. Разбивка круговой кривой

Для получения этих точек необходимо знать угол поворота  $\gamma = 180^\circ - \beta$  и радиус кривой  $R$ . Угол  $\beta$  измеряется теодолитом,  $R$  задается согласно техническим нормативам. Разбивочными элементами для разбивки главных точек будут являться отрезки  $AB = BC = T$ , называемые тангенсом, длина кривой  $AMC = K$  и биссектриса  $BM = B$ . Эти элементы могут быть получены по формулам:

$$\begin{aligned}
 T &= R \cdot \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}, \\
 B &= R \cdot \left[ \operatorname{Sec} \frac{\gamma}{2} - 1 \right], \\
 K &= \frac{\pi R}{180^\circ} \cdot \gamma.
 \end{aligned}
 \tag{9.1}$$

Рассчитанные элементы кривой заносят в ведомость прямых и кривых (прил. 9).

Последовательность обработки ведомости прямых и кривых приведена в [6].

На углах поворота (ВУ) производят подготовку к детальной разбивке круговой кривой способом прямоугольных координат, т.е. находят положение ее промежуточных точек с интервалом равным  $k$ . Выбор интервала между промежуточными точками должен обеспечить необходимую кривизну.

При определении прямоугольных координат за ось  $X$  принимается ось тангенсов, а за ось  $Y$  – перпендикуляр к оси тангенсов. За начало системы координат принимается НК для  $\frac{1}{2} K$  и КК для второй половины кривой (рис. 20).

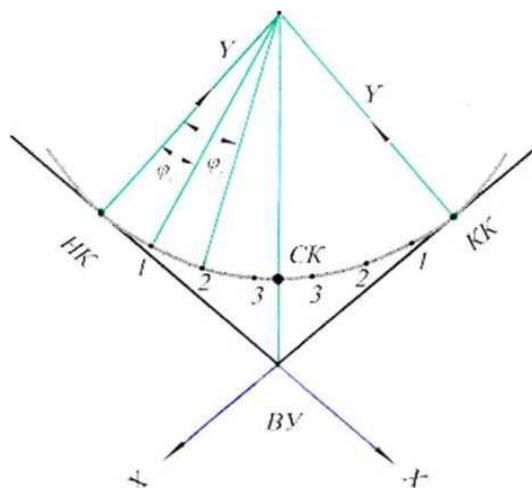


Рис. 20. Система прямоугольных координат

Порядок вычисления координат промежуточных точек:

1. Вычисляют центральные углы  $\varphi_i$  по формуле  $\varphi_i = \frac{k_i \cdot 180^\circ}{R \cdot \pi}$

2. Вычисляют координаты промежуточных точек по формулам

$$X_i = R \cdot \sin \varphi_i, \quad (9.2)$$

$$Y_i = R \cdot (1 - \cos \varphi_i). \quad (9.3)$$

В табл. 9.1 показаны расчеты и координаты для промежуточных точек круговой кривой  $P_1$  и  $P_2$  (рис. 21).

Детальная разбивка кривой при  $R = 100$  м и  $K = 10$  м

Точки кривой	Расстояние точек от НК и КК, м	x, м	y, м
$P_1$	10	9,98	0,50
$P_2$	20	19,87	1,99

Детальная разбивка кривой на местности производится в последовательности:

1. Выносят НК и КК. Для этого с помощью рулетки (безотражательного дальномера) откладывают от ВУ по направлениям к  $N_{тр}$  и  $K_{тр}$  тангенсы и закрепляют кольшками.

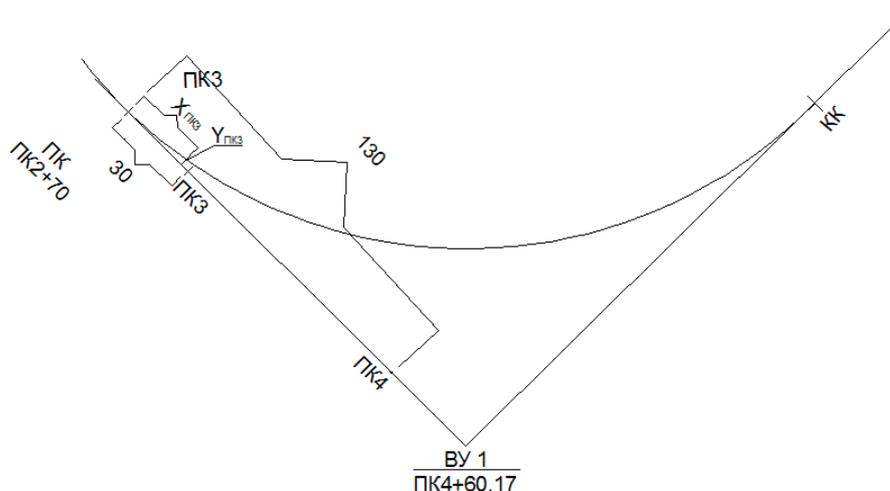
2. Откладывают от НК (КК) в направлении к вершине угла (ВУ) координаты  $X_i$  в соответствии с интервалом  $k_i$ , восстанавливают координаты  $Y_i$ .

3. Точки кривой закрепляют.

Совокупность закрепленных точек на местности обозначает круговую кривую.

Так как разбивка пикетажа ведется по кривой, то координаты пикетов, лежащих на кривой, рассчитывают по приведенным выше формулам.

В этом случае за  $k$  принимается расстояние от НК (КК) до последующего пикета и расстояние между последующими пикетами как сумма  $k_1 + 100$  м (рис. 21).



**Рис. 21.** Вынос ПК на кривую

Вычисление координат для выноса пикетов на кривую приведено в табл. 9.2.

Расчет координат пикетов на кривой

Номера пикетов	Длина дуги (от НК или КК), $k_{пк}$ , м	R, м	$\varphi_{пк}$	$X_{пк}$	$k-X_{пк}$	$Y_{пк}$
<b>ВУ 1</b>						
3	30,00	350	4,91	29,96	0,40	1,28
4	130,00	350	21,28	127,02	2,98	23,86
5	18,40	350	3,01	18,39	0,01	19,83
6	118,40	350	19,38	116,14	2,26	

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10

### Камеральное трассирование

Камеральное трассирование необходимо выполнить способом «построение линии заданного уклона», который применяется в пересеченной местности.

На карте масштаба 1:10000 имеется направление, задан проектный уклон  $i_{пр}$ . На карте необходимо провести трассу в заданном направлении с предельным уклоном трассирования  $i_{пр}$ . По масштабу карты и по высоте сечения рельефа  $h=2,5$  м вычисляют величину заложения  $d$  для уклона  $i_{пр}$ .

$$d=h/ i_{пр}. \quad (10.1)$$

или в масштабе карты

$$d= h/ i_{пр} \cdot 1/M \quad (10.2)$$

Затем из начальной точки, придерживаясь основного направления трассы, раствором циркуля, равным  $d$ , засекают соседнюю горизонталь. Из полученной точки вновь засекают этим же раствором циркуля точку следующей горизонтали и т.д.

При пересечении оврагов к тальвегу не спускаются, а переходят сразу на другую сторону, засекая одноименную горизонталь. Так же поступают и при пересечении рек, стремясь, чтобы трасса была приблизительно перпендикулярна к направлению течения.

В местах, где расстояния между горизонталями больше принятого заложения, т. е., где естественный уклон местности меньше заданного уклона трассирования, точки выбираются свободно в необходимом направлении.

Полученные на карте точки образуют линию равных уклонов или линию нулевых работ, вдоль которой не требуется делать ни насыпей, ни выемок. Из-за сильной извилистости этой линии ее спрямляют таким образом, чтобы спрямляющая линия проходила между звеньями ломаной имела минимальное количество углов поворота. Затем вписывают кривые. Для этого по таблицам

для разбивки круговых кривых или по формулам определяют значения элементов кривой: Т – тангенс, К – длина кривой, Б – биссектриса, Д – домер. Кривую задают по Т, который намечают на карте и определяют графически; измеряют при помощи транспортира угол поворота трассы  $\varphi$  и вычисляют радиус кривой по формуле

$$R = T / \operatorname{tg} \varphi / 2 \quad (10.3)$$

Разбивают пикетаж. Пикеты наносят на карту через каждые 100 метров от начала трассы, после угла поворота трассы пикеты разбивают с учетом закругления (откладывают домер от предыдущей вершины угла по новому направлению и от этой точки продолжают разбивку трассы). Кроме того, намечают плюсовые точки – в местах изменения рельефа и ситуации на трассе, определяют их пикетаж от ближайших пикетов.

Дальше необходимо вычислить пикетажные значения главных точек кривой по формулам, например:

Таблица 10.1

Пример вычисления

ВУ	17 + 3,00	Контроль: ВУ	17 + 3,00
-Т	150,06	+Т	150,06
НК	15 + 52,94	...	18 + 53,06
+К	294,94	-Д	5,18
КК	18 + 47,88	КК	18 + 47,88

ВУ – пикетажное значение вершины угла, Т – тангенс кривой, НК – начало кривой, КК – конец кривой. После этого на карту наносят главные точки кривой и вписывают кривую.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11

### Построение продольно-поперечного профиля и проектирование трассы автомобильной дороги

Построение профиля трассы выполняется на листе миллиметровой бумаги в масштабах: горизонтальном – 1:2000, вертикальном – 1:200; масштаб поперечных профилей – 1:500. Выбирается условный горизонт. Для построения профилей используются данные журнала нивелирования прямого хода (отметки пикетов и плюсовых точек), пикетажного журнала и ведомости углов поворота прямых и кривых.

Поперечные профили строят выше продольного профиля над теми точками трассы, от которых они разбиты на местности. После построения профиля приступают к проектированию трассы автомобильной дороги.

При проектировании автомобильных дорог ставятся требования соблюдения предельно допустимых уклонов, минимальных объемов земляных работ при их нулевом балансе.

После графического задания проектной линии ее уклон  $u$  вычисляется по начальной  $H_{нач}$  и конечной  $H_{кон}$  отметкам линии, взятым с профиля, и расстоянию  $d$  между точками с этими отметками:

$$u = \frac{H_{кон} - H_{нач}}{d} . \quad (10.1)$$

Полученный уклон округляется до 3-го знака после запятой и по этому значению уклона вычисляют проектные отметки пикетных и плюсовых точек по формуле

$$H_{k+1} = H_k + u \cdot d \quad (10.2)$$

где  $H_k, H_{k+1}$  – отметки предыдущей и последующих точек;  
 $d$  – расстояние между этими точками.

При большой протяженности линейного объекта проектная линия может состоять из нескольких отрезков неодинаковой длины и с разными уклонами.

Вычисленные проектные отметки округляют до 0,01 метра и записывают в соответствующую графу. Рабочие отметки, характеризующие высоту насыпи и глубину выемки на пикете или плюсовой точке, получают, вычитая из проектной отметки фактическую.

Положительные рабочие отметки соответствуют насыпи. Их записывают над проектной линией. Отрицательные рабочие отметки (выемка) записывают ниже проектной линии. Знаки плюс и минус у рабочих отметок не ставятся.

Пересечение проектной линии с линией профиля – точка нулевых работ; она определяется расстоянием  $x$  от предыдущего пикета (пикета с меньшим номером) до этой точки по формуле

$$x = \frac{|a|}{|a| + |b|} \cdot d . \quad (10.3)$$

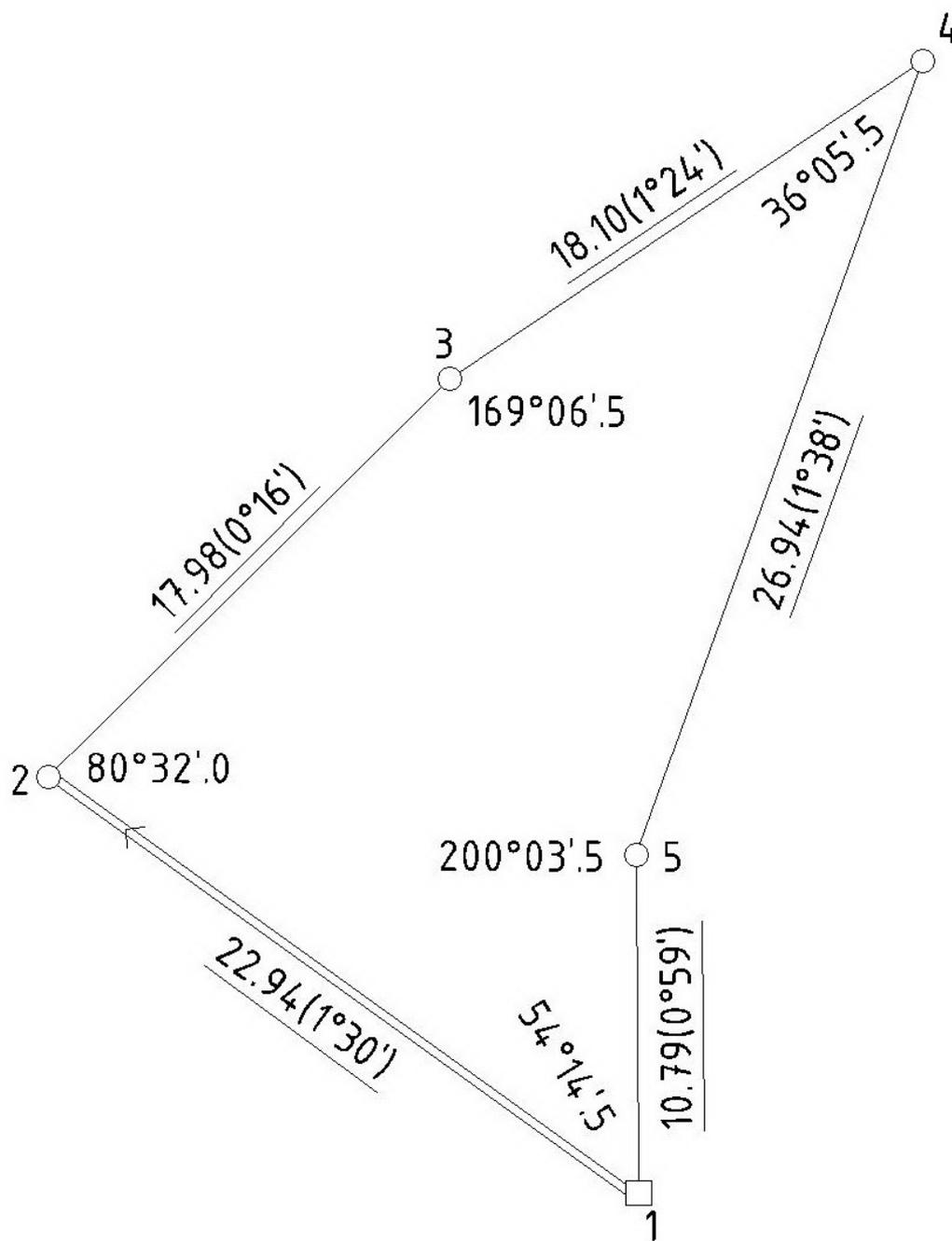
где  $a$  – рабочая отметка на предыдущей точке профиля,  
 $b$  – рабочая отметка на последующей точке профиля  
 $d$  – расстояние между точками с отметками  $a$  и  $b$ , определяемое по профилю.

Величина  $x$  округляется до 0,01 метра. Её записывают слева от пунктирной линии, опущенной из точки нулевых работ до линии условного горизонта, справа от этой линии записывают дополнение  $x$  до 100 метров.

Оформляется соответствующий раздел о

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Акинъшин, С. И.** Геодезия : учебное пособие / С. И. Акинъшин. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 304 с. — ISBN 978-5-4497-1103-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/108289.html>
2. **Акинъшин, С. И.** Геодезия : лабораторный практикум / С. И. Акинъшин. — Воронеж : Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 144 с. — ISBN 978-5-89040-421-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/22653.html>
3. **Геодезия. Инженерное обеспечение строительства** : учебно-методическое пособие. Практикум / Т. П. Синютина, Л. Ю. Миколишина, Т. В. Котова, Н. С. Воловник. — Москва : Инфра-Инженерия, 2020. — 164 с. — ISBN 978-5-9729-0172-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98395.html>
4. **Поклад, Геннадий Гаврилович.** Геодезия [Текст] : учеб. пособие : рек. УМО. - Москва : Академический проект : Парадигма, 2011 (Ульяновск : ОАО "Обл. тип. "Печатный двор", 2011). - 537 с. : ил. - (Б-ка геодезиста и картографа). - Библиогр.: с. 525-526 (30 назв.). - ISBN 978-5-8291-1321-6. - ISBN 978-5-902833-23-9 : 697-00.
5. **Подшивалов, В. П.** Инженерная геодезия : Учебник / Подшивалов В. П. - Минск : Вышэйшая школа, 2011. - 463 с. - ISBN 978-985-06-1957-0. URL: <http://www.iprbookshop.ru/20074.html>
6. **Костылев, Владимир Алексеевич.** Геодезия [Текст] : учебно-методическое пособие по учебной геодезической практике для студентов первого курса направления подготовки бакалавра 270800.62 "Строительство" / Воронеж. гос. архитектур.-строит. ун-т. - Воронеж : [б. и.], 2013 (Воронеж : Отдел оперативной полиграфии изд-ва учеб. лит. и учеб.-метод. пособий ВГАСУ, 2013). - 76 с. - ISBN 978-5-89040-440-4 : 23-42.
7. **Акинъшин, С. И.** Геодезия : Лабораторный практикум / Акинъшин С. И. - Воронеж : Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. - 144 с. - ISBN 978-5-89040-421-3. URL: <http://www.iprbookshop.ru/22653.html>
8. **Попов Б. А.** Методические указания к выполнению лабораторных работ. Воронежский ГАСУ – Воронеж, 2008.- 32 с.



Исходные данные

$\alpha_{1-2} = 305^{\circ}25'0$

$X_1 = 765.25 \text{ м}$

$Y_1 = 477.16 \text{ м}$

Выполнили  
студенты 1 курса  
гр.113  
2 бригада

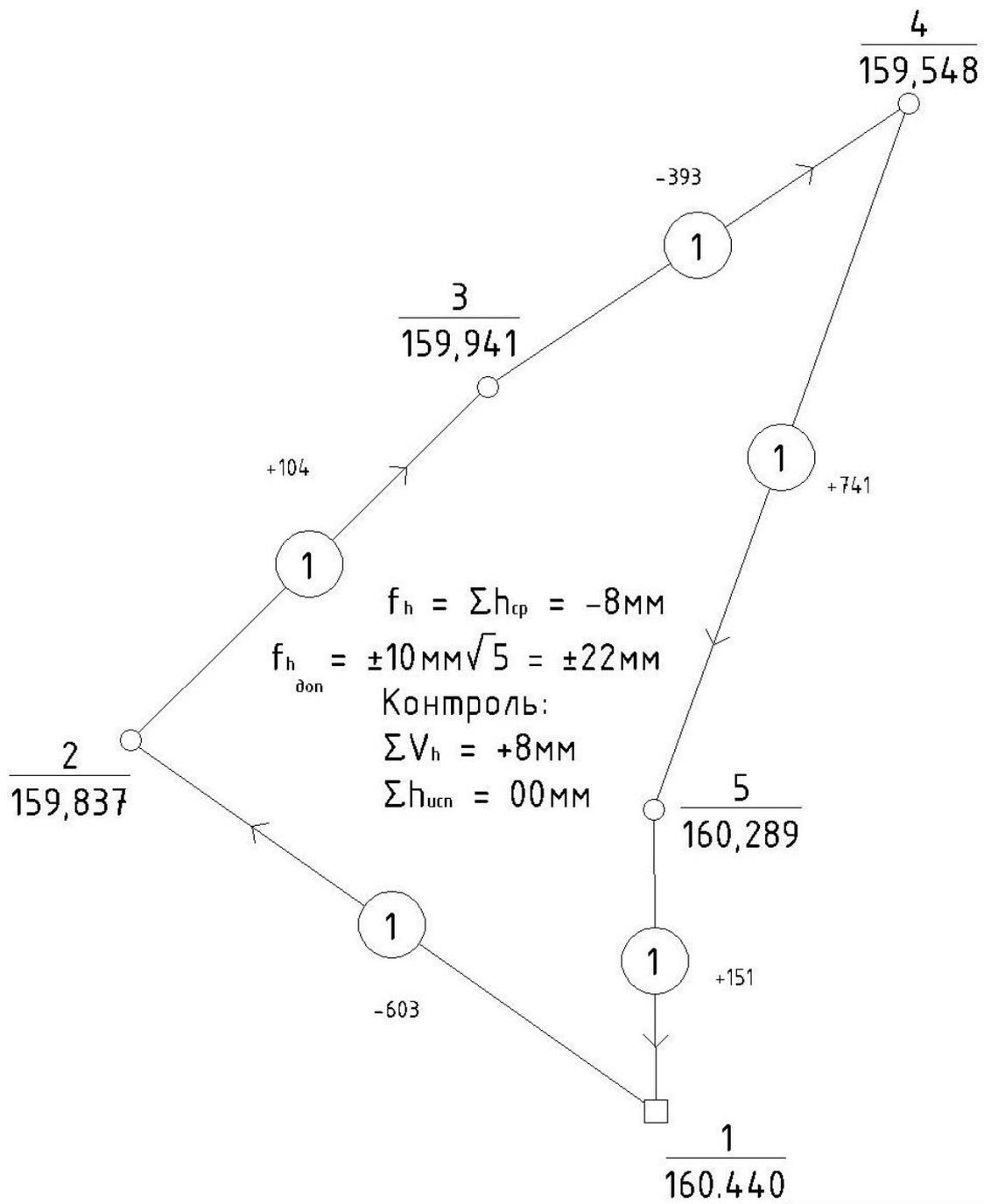
**Рис. П.1.** Пример оформления схемы теодолитного хода

Пример оформления ведомости координат

№№ пунктов	Горизонтальные углы (правые)		Дирекционные углы $\alpha$	Наклонные расстояния, м (углы накл.) $D, (v)$	Горизонтальные проложения, м $D \cos v$	Приращения, м				Координаты, м		№№ пунктов			
	Измерен $\beta_{изм}$	Попр $V_{\beta}$				Исправл $\beta_{испр}$	Вычисленные $\pm$		Исправленные $\pm$		x		y		
							$\Delta x_{выч} = d \cos \alpha$	Попр $V_{\Delta x}$	$\Delta y_{выч} = d \sin \alpha$	Попр $V_{\Delta y}$				$\Delta x$	$\Delta y$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	54°14.5'	-0.4'	54°14.1'	305°25.0'	22.94 (1°30')	22.93	+13.29	-0.02	-18.69	0.00	+13.27	-18.69	765.25	477.16	1
2	80°32.0'	-0.4'	80°31.6'	44°53.4'	17.98 (0°16')	17.98	+12.74	-0.01	+12.69	+0.01	+12.73	+12.70	778.52	458.47	2
3	169°06.5'	-0.4'	169°06.1'	55°47.3'	18.10 (1°24')	18.09	+10.17	-0.02	+14.96	+0.01	+10.15	+14.97	791.25	471.17	3
4	36°05.5'	-0.4'	36°05.1'	199°42.2'	26.94 (1°38')	26.93	-25.35	-0.01	-9.08	+0.02	-25.36	-9.06	801.40	486.14	4
5	200°03.5'	-0.4'	200°03.1'	179°39.1'	10.79 (0°59')	10.79	-10.79	0.00	+0.07	+0.01	-10.79	+0.08	776.04	477.08	5
Σ	540°02.0'	-2.0'	540°00.0'			96.72	+0.06	-0.06	-0.05	+0.05	0.00	0.00			
Σ <sub>г</sub>	540°00.0'						0.00		0.00		ΣΔx <sub>г</sub> =0	ΣΔy <sub>г</sub> =0			
f <sub>β</sub>	+2.0'					f <sub>x</sub> =	+0.06		f <sub>y</sub> =	-0.05					
f <sub>β<sup>дон</sup></sub>	±2.4'														

$$f_{абс} = \pm 1 \cdot \sqrt{f_{\Delta x}^2 + f_{\Delta y}^2} = \sqrt{0,06^2 + 0,05^2} = \pm 0,08$$

$$f_{отп} = \frac{f_{абс}}{\sum D} = \frac{1}{96,72/0,08} = \frac{1}{1200}$$



Исходные данные

$H_1 = 160.440 \text{ м}$

Выполнили  
студенты 1 курса  
гр.113  
2 бригада

Рис. П.1. Пример оформления схемы нивелирного хода

Таблица П.4

Пример оформления журнала технического нивелирования

№№ станций	№№ реечных точек	Отсчеты по рейке, мм			Превышения, мм (±) h=3-П		Высо- ты, Н, м	№№ реечных точек
		Зад- ний З	Перед- ний П	Промежуточ- ный Пр	hч hk	hср		
1	1	1057	1662		-0605	-0605	160,440	1
	2	5841	6446		-0605	+2	159,837	2
		4784	4784			-0603		
2	2	1457	1354		0103	0103	159,837	2
	3	6240	6138		0102	+1	159,941	3
		4783	4784			0104		
3	3	909	1303		-0394	-0395	159,941	3
	4	5692	6087		-0395	+2	159,548	4
		4783	4784			-0393		
4	4	1958	1219		0739	0740	159,548	4
	5	6741	6000		0741	+1	160,289	5
		4783	4781			0741		
5	5	1583	1435		0148	0149	160,289	5
	1	6369	6219		0150	+2	160,440	1
		4786	4784			0151		
	Σ	37847	37863		$\Sigma h_{ср} = f_h =$		-8 мм	

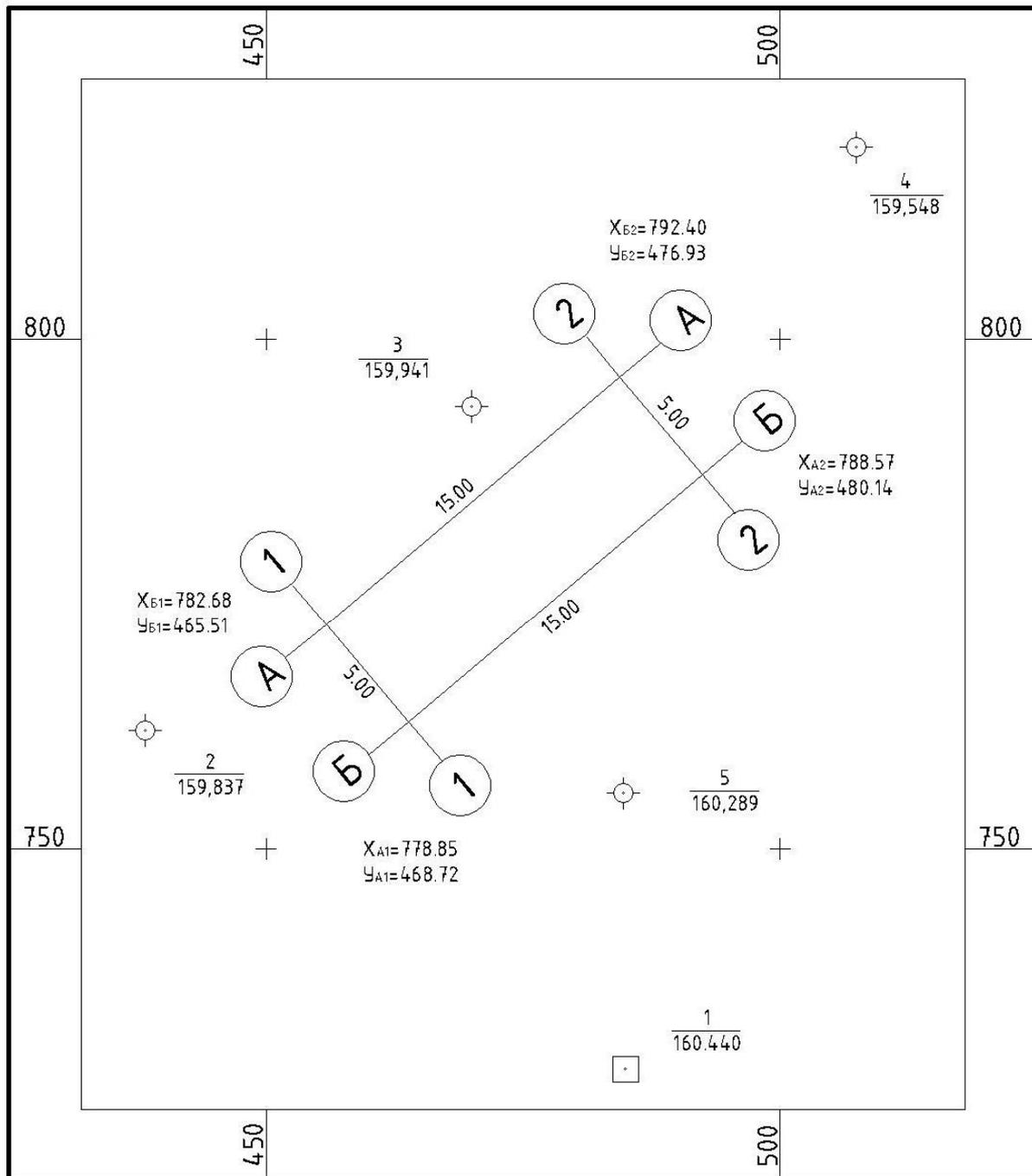
$$\Sigma h_{испр} = 0 \text{ мм}$$

$$\text{Контроль: } \frac{\Sigma З - \Sigma П}{2} = \frac{37847 - 37863}{2} = \frac{-16}{2} = -8 \text{ мм}$$

Система координат местная

г. Воронеж

## План геодезического обоснования



ВГАСУ  
ПГС гр.113  
2 бригада

1:500  
В 1 см 5 м

2012 г.

**Рис.П.5.** Пример оформления плана геодезического обоснования

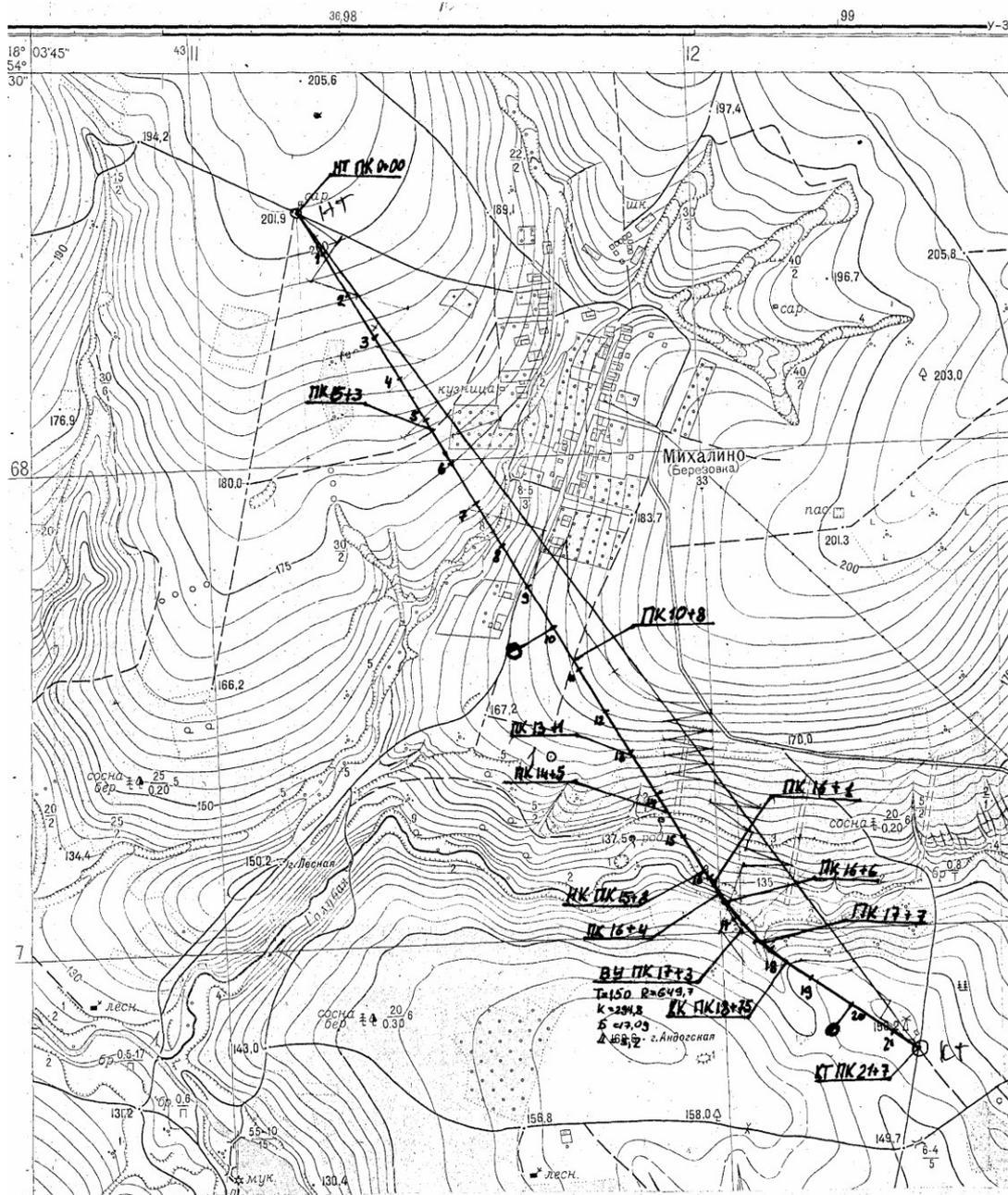


Рис.П.6. Пример плана трассы

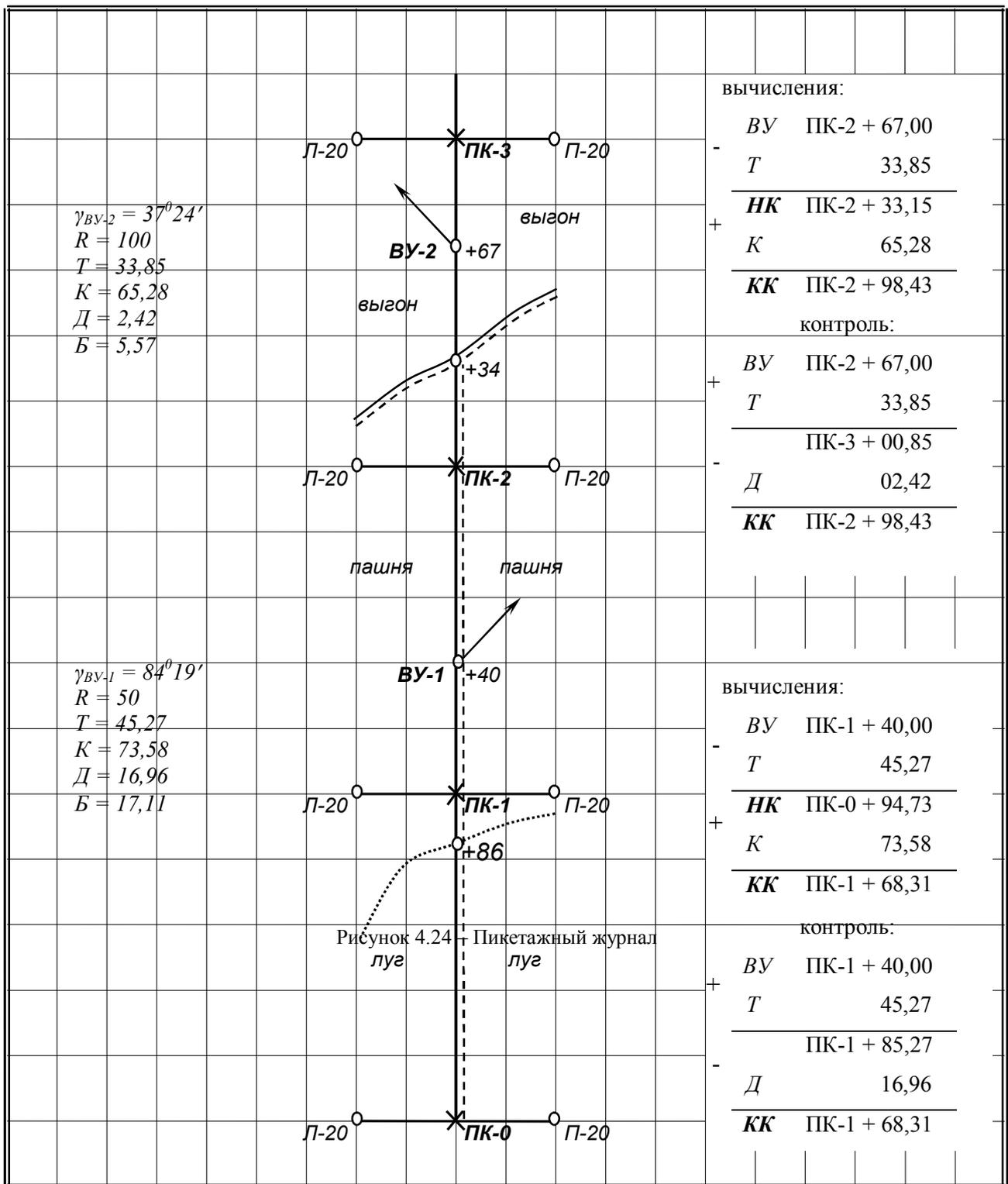


Рис. П.7. Пример оформления пикетажного журнала трассы автомобильной дороги

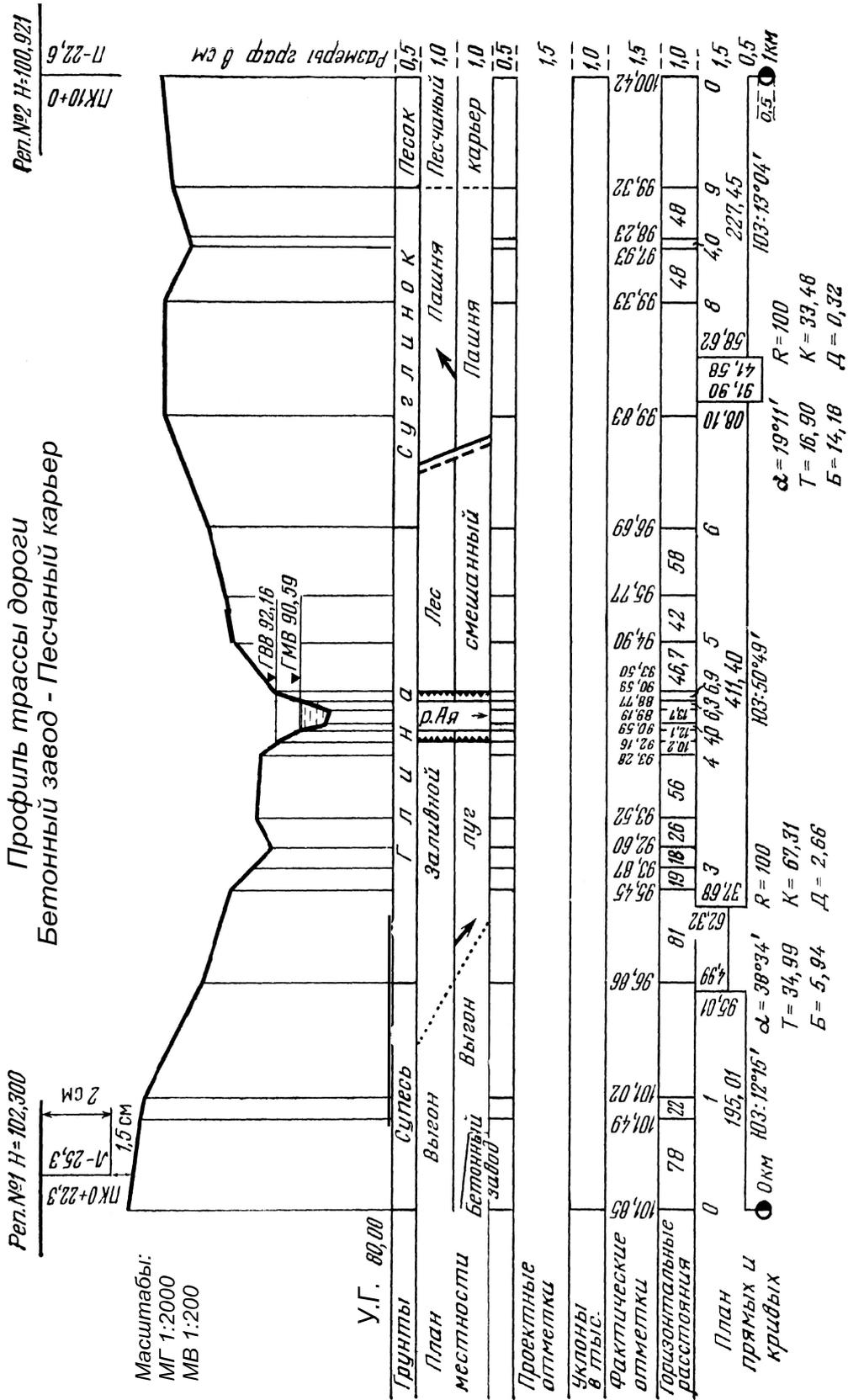


Таблица П.9

*Ведомость прямых и кривых*

Номер вершины	Километры	Положение вершины, ПК+	Углы поворота		Радиус R, м	Тангенс T, м	Кривая K, м	Биссектриса B, м	Дюмер L, м	Положение		Прямая вставка, м	Расстояние между вершинами углов, L, м	Дирекционный угол, α	Румб, градус
			вправо, градус γ <sub>пр</sub>	влево, градус γ <sub>л</sub>						Начало кривой (НК) ПК+	Конец кривой (КК) ПК+				
н. тр. ПК 0+00															
ВУ 1	2	11+50		49,3	2010	926,62	1756,32	203,31	96,92	2+23,38	19+59,89	223,38	1150	299	СЗ 61
ВУ 2	5	40+83,27	30		2010	538,58	1052,43	70,91	24,72	35+44,69	45+97,13	1584,8	3050	249,5	ЮЗ 69,50
ВУ 3	9	84+58,55		49	2010	916,01	1718,97	198,89	113,04	75+42,54	92+16,51	2945,41	4400	279,5	СЗ 80,50
ВУ 4	12	110+63,00	59		2010	1137,2	2069,79	299,4	204,62	99+25,80	119+95,59	664,29	2717,5	230,5	ЮЗ 50,50
к. тр. ПК 122+20,00												204,61	1341,8	289,5	ЮЗ 70,50

Контроль: 1.  $\sum \gamma_{пр} - \sum \gamma_{л} =$   
 2.  $L = \sum d - \sum D =$   
 3.  $L = \sum K +$

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
Лабораторная работа № 1 .....	4
Лабораторная работа № 2 .....	6
Лабораторная работа № 3 .....	8
Лабораторная работа № 4 .....	11
Лабораторная работа № 5 .....	14
Практическая работа № 6 .....	188
Практическая работа № 7 .....	20
Практическая работа № 8 .....	21
Практическая работа № 9 .....	22
Практическая работа № 10 .....	25
Практическая работа № 11 .....	26
Библиографический список .....	28
Приложение 1 .....	29
Приложение 2 .....	30
Приложение 3 .....	31
Приложение 4 .....	32
Приложение 5 .....	33
Приложение 6 .....	34
Приложение 7 .....	35
Приложение 8 .....	36
Приложение 9 .....	37

# **ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению лабораторных и практических работ  
для студентов специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий  
и сооружений» (специализация «Строительство автомагистралей,  
аэродромов и специальных сооружений»)  
всех форм обучения

Составитель

Шумейко Вячеслав Владиславович

В авторской редакции

Компьютерный набор В. В. Шумейко

Подписано к изданию 18.05.2022.

Уч.-изд. л. 2,1

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84