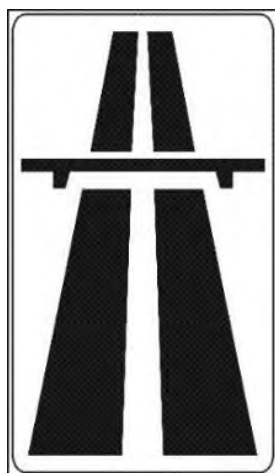


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильные дороги»

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальностей  
1-70 03 01 «Автомобильные дороги»,  
1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»  
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2019

УДК 528.48  
ББК 26.1  
И83

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Автомобильные дороги» «30» августа 2019 г.,  
протокол № 1

Составители: Ю. А. Катькало;  
Н. В. Курочкин;  
О. И. Бродова

Рецензент канд. тех. наук, доц. А. М. Кургузиков

В методических рекомендациях рассматриваются: устройство нивелира и его поверки; составление пикетажного журнала, ведомости углов поворота, прямых и кривых и построение плана трассы автомобильной дороги; работа на станции при техническом нивелировании, обработка журнала нивелирования и построение продольного профиля трассы; установка свободной станции электронного тахеометра; оценка точности геодезических измерений; вынос в натуру горизонтальных углов и проектных отметок.

Учебно-методическое издание

## ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Ответственный за выпуск	В. В. Кутузов
Редактор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2019



## Содержание

1 Устройство нивелира. Определение превышений между точками.	
Поверки нивелира.....	4
2 Составление пикетажного журнала .....	9
3 Составление ведомости углов поворота, прямых и кривых.....	12
4 Построение плана трассы автомобильной дороги .....	14
5 Работа на станции при техническом нивелировании.....	17
6 Обработка журнала геометрического нивелирования. Построение продольного профиля трассы .....	20
7 Построение вертикальной планировки плана участка с изображением рельефа.....	24
8 Определение прямоугольных координат свободной станции электронного тахеометра.....	30
9 Обработка и оценка точности геодезических измерений.....	34
10 Вынос в натуру горизонтальных углов.....	36
11 Вынос в натуру проектных отметок .....	38
Список литературы.....	39



## 1 Устройство нивелира. Определение превышений между точками. Поверки нивелира

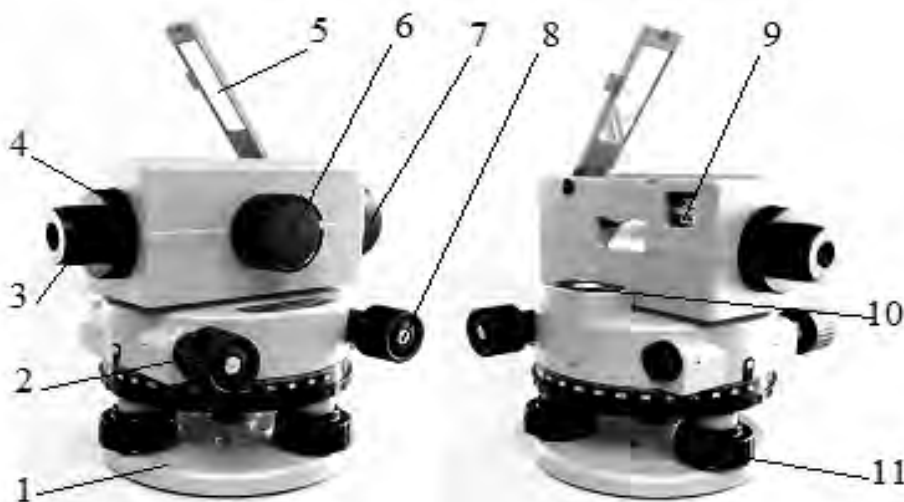
**Цель работы:** изучить устройство нивелира и научиться делать отсчеты по нивелирным рейкам, определять превышения между точками, выполнять поверки нивелира.

Современные модификации оптических нивелиров представлены в лаборатории точным нивелиром НИ-3 (рисунок 1.1) и техническим 3Н-5Л (рисунок 1.2).



1 – пластина подставки; 2 – элевационный винт; 3 – окуляр; 4 – зажимная гайка окуляра; 5 – кремальера (трибка); 6 – зрительная труба; 7 – объектив; 8 – цилиндрический уровень; 9 – исправительный винт цилиндрического уровня; 10 – лимб; 11 – подъемный винт

Рисунок 1.1 – Нивелир НИ-3



1 – подставка; 2 – элевационный винт; 3 – окуляр; 4 – гайка; 5 – зеркало; 6 – кремальера; 7 – объектив; 8 – наводящий винт; 9 – юстировочный винт цилиндрического уровня; 10 – круглый уровень; 11 – подъемный винт

Рисунок 1.2 – Нивелир 3Н-5Л

Нивелир содержит зрительную трубу с цилиндрическим уровнем, наводящим и элевационным винтами, круглый уровень, подставку с тремя подъемными винтами. Буква Л в обозначении нивелира указывает, что он снабжен горизонтальным кругом (лимбом) для измерения горизонтальных углов. Средняя квадратическая ошибка измерения горизонтальных углов составляет  $8' \dots 9'$ .

Элевационный винт служит для приведения пузырька цилиндрического уровня на середину. У нивелира НИ-3 призматическая система передает изображение концов пузырька цилиндрического уровня в поле зрения трубы, образуя в нем контактный уровень. У нивелира ЗН-5Л положение пузырька цилиндрического уровня наблюдают через зеркало.

Нивелир размещают на штативе и закрепляют с помощью станкового винта. Приведение нивелира в рабочее положение выполняется подъемными винтами по круглому уровню.

Работают с нивелиром следующим образом. Наводят зрительную трубу на нивелирную рейку вначале грубо при помощи мушки, вращая верхнюю часть нивелира вручную, а затем точно с помощью наводящего винта. Резкости изображения сетки достигают вращением окуляра, резкости изображения рейки достигают вращением кремальеры (трибки). Перед снятием каждого отсчета, после того как труба уже наведена на рейку, с помощью элевационного винта точно совмещают изображения концов пузырька уровня и в этот момент производят **отсчет**. Отсчет берется по средней нити сетки. Например, на рисунке 1.3 отсчет равен 1146.



Рисунок 1.3 – Отсчет по нивелирной рейке

Правильность отсчетов по рейке контролируют, вычисляя разность нулей (РО): отсчет по красной стороне минус отсчет по черной. При техническом нивелировании полученная разность не должна отличаться от точного значения разности нулей рейки (РО<sub>р</sub>) более чем на 5 мм.

В лаборатории установлены нивелирные рейки с разностью нулей РО<sub>р</sub>, равной 4787; 4700 и 4800 мм.

Для определения **превышения** между двумя точками местности применяют нивелир и две нивелирные рейки с одинаковыми разностями нулей (РО). Точки должны быть закреплены, например, деревянными колышками. Вы-

полняют нивелирование способом из середины. Реечники устанавливают нивелирные рейки на верхние срезы колышков, наблюдая, чтобы они занимали вертикальное положение. Примерно посередине между рейками устанавливают нивелир и приводят его в рабочее положение (рисунок 1.4). При техническом нивелировании допускается неравенство расстояний от нивелира до реек до 10 м. Место установки нивелира называется станцией.

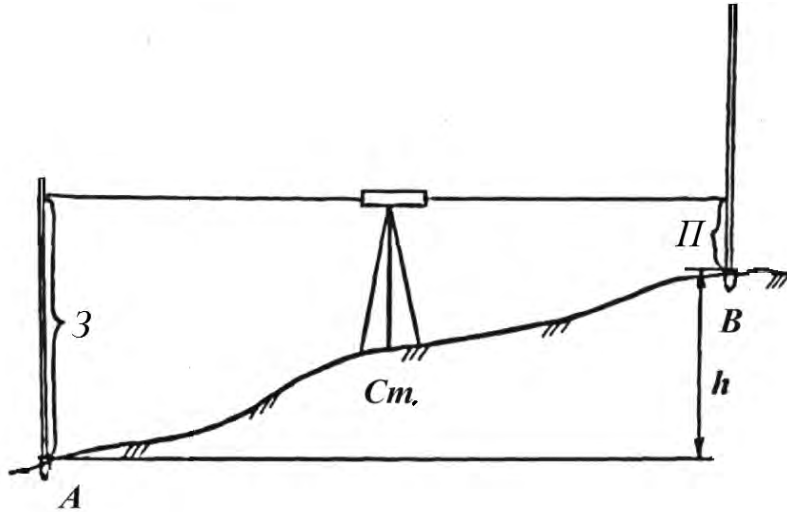


Рисунок 1.4 – Схема определения превышения на станции

Нивелировщик наводит зрительную трубу на рейку, установленную на задней точке. Элевационным винтом приводит пузырек цилиндрического уровня на середину и по средней горизонтальной нити сетки снимает отсчет по рейке. Отсчеты на каждой станции берут в определенной последовательности: по черной стороне задней рейки; по черной стороне передней рейки; по красной стороне передней рейки; по красной стороне задней рейки. Нельзя забывать, что перед каждым отсчетом пузырек цилиндрического уровня должен находиться посередине.

Отсчеты с точностью до миллиметра сразу после каждого их снятия записывают в соответствующую графу журнала нивелирования (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Журнал нивелирования

Станция	Точка визирования	Отсчет			Превышение	
		задний	передний	промежуточный	вычисленное	среднее
	1	0342(1)				
1		5028(4)				
	2		1230(2)		-0888	
			5920(3)		-0892	-0890

Нивелир со станции снимают тогда, когда будут проконтролированы отсчеты и полученные превышения. Правильность взятия отсчетов по каждой рейке определяют по разности нулей, которая может отличаться от точного ее

значения не более чем на 5 мм. Затем вычисляют превышение  $h$  между точками как разность отсчетов по задней  $Z$  и передней  $P$  рейкам:

$$h = Z - P.$$

Превышение определяют отдельно по черным  $h_{ч}$  и красным  $h_{кр}$  сторонам реек. Разность этих превышений не должна превышать 5 мм.

$$|h_{ч} - h_{кр}| \leq 5 \text{ мм.}$$

Если это условие выполняется, то вычисляют среднее превышение и записывают его с округлением до целых миллиметров. Если разность превышений более 5 мм, проверяют все вычисления, а если ошибка не обнаружена, следует заново повторить все отсчеты и произвести их контроль.

Перед началом работ необходимо выполнить **поверки нивелира**. Их проводят в определенной последовательности.

**Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.**

Подъемными винтами приводят пузырек круглого уровня в центр ампулы. Затем поворачивают трубу на  $180^\circ$ . Если пузырек остался в центре, то поверка выполняется. При смещении пузырька вращением исправительных винтов при уровне перемещают его на половину отклонения. После этого нивелир приводят в рабочее положение и вновь повторяют поверку.

**Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна оси вращения нивелира.** Приводят ось вращения нивелира в отвесное положение с помощью круглого уровня и подъемных винтов. Подбирают хорошо видимую точку, которая находится на уровне горизонтальной нити сетки (можно заметить отсчет по рейке). Поворачивают зрительную трубу нивелира наводящим винтом. Если изображение точки при этом не сходит с горизонтальной нити, условие выполняется. Смещение изображения точки допускается не более чем на двойную толщину нити.

При большем смещении необходимо исправить сетку нитей. Для этого освобождают зажимную гайку и снимают окуляр, отверткой ослабляют винты оправы сетки нитей: верхний и нижний – на один оборот, а средний – на четверть или на пол-оборота. Поворачивают оправу с сеткой, добиваясь горизонтального положения нити. Лучше это исправление выполнить в мастерской.

**Поверка главного геометрического условия нивелира. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы.** Поверку выполняют нивелированием линии длиной 50...75 м. На концах линии (рисунок 1.5) забивают колья и ставят на них нивелирные рейки.

На первой станции нивелир устанавливают на равных расстояниях  $d_1$  от реек и берут отсчеты  $a_1$  по задней и  $b_1$  по передней рейкам. Так как нивелир располагается посередине, то полученные отсчеты будут отличаться от правильных на одну и ту же погрешность  $\Delta_1$ . Правильное превышение между точками  $A$  и  $B$



$$h = (a_1 - \Delta_1) - (b_1 - \Delta_1) = a_1 - b_1.$$

На второй станции нивелир устанавливают возле одной из реек на наименьшем расстоянии визирования (1,3 м). Берут отсчеты по дальней  $a_2$  и ближней  $b_2$  рейкам. Отсчет  $b_2$  имеет весьма малую погрешность  $\Delta_0$ , ею можно пренебречь. Тогда правильный отсчет по дальней рейке должен быть

$$a_2^{np} = b_2 + h.$$

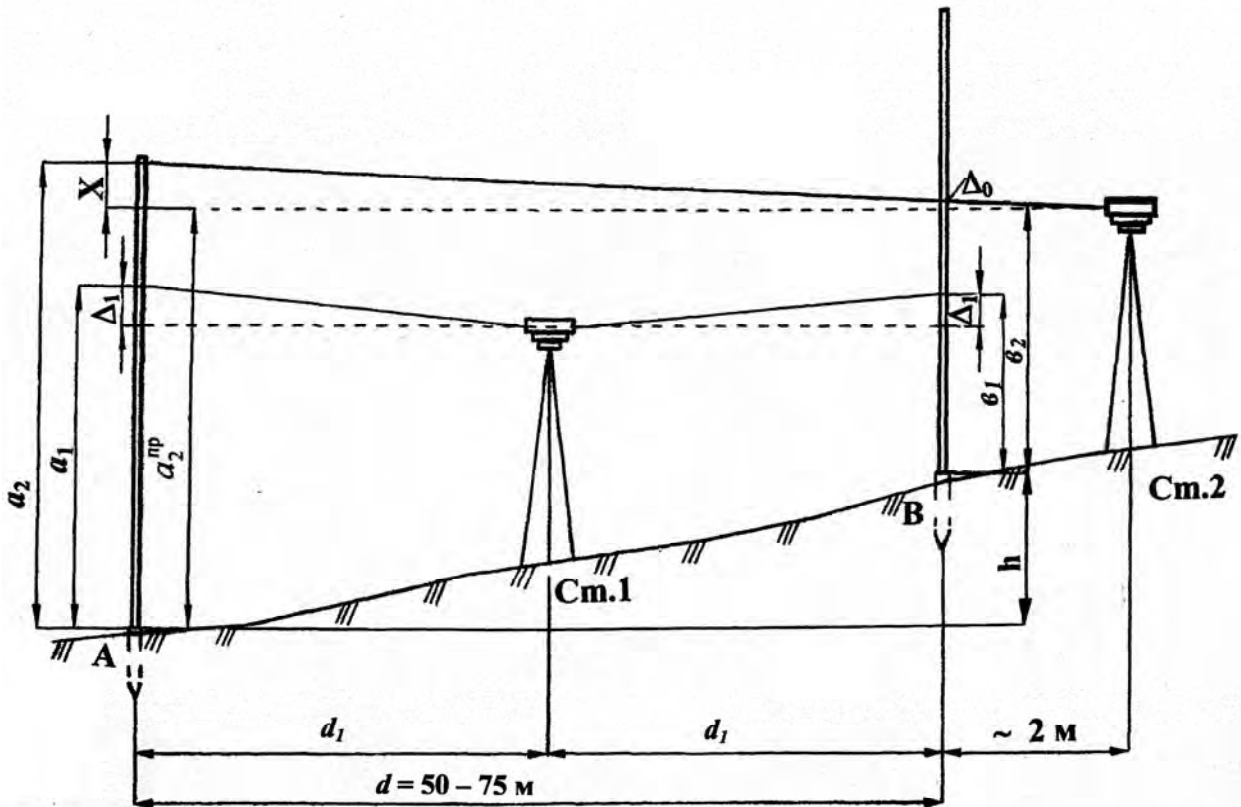


Рисунок 1.5 – Схема поверки главного условия нивелира

Погрешность, вызываемая несоблюдением главного условия нивелира  $X = a_2 - a_2^{np}$ , не должна превышать 4 мм. В противном случае производят исправление. Вращением элевационного винта устанавливают горизонтальную нить на отсчет  $a_2^{np}$ . Пузырек цилиндрического уровня при этом сместится с нуля-пункта. Действуя исправительным винтом цилиндрического уровня, приводят пузырек уровня точно в нуля-пункт. Поверку повторяют, чтобы убедиться в правильности сделанного исправления.

Отчет по лабораторной работе должен содержать: тип и номер изучаемого нивелира, название основных осей нивелира; отсчеты по черной и красной сторонам рейки и вычисленную разность нулей  $P_0$ ; журнал нивелирования с определением превышения между точками; названия поверок с формулировкой



геометрических условий; результаты выполнения проверок. Проверку главного условия следует пояснить соответствующим рисунком и формулами.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Как снимают отсчеты по нивелирным рейкам?
- 2 Как определяют превышение между точками местности?
- 3 Как выполняют проверку круглого уровня?
- 4 Как выполняют проверку главного геометрического условия нивелира?

## **2 Составление пикетажного журнала**

**Цель работы:** изучить порядок ведения пикетажного журнала и научиться выполнять необходимые расчеты.

На рисунке 2.1 приведена страница пикетажного журнала. Его обычно составляют на миллиметровой бумаге. Посередине каждой страницы снизу вверх проводят прямую линию, которая изображает выпрямленную в плане трассу. На такой линии показывают положение пикетов, начиная с ПК 0. Каждый пикет наносят через 50 мм, что соответствует масштабу 1:2000. В приведенном пикетажном журнале показаны шесть пикетов: ПК 0, ПК 1, ПК 2, ПК 3, ПК 4, ПК 5.

По трассе показывают вершины углов поворота, записывая рядом их пикетажные положения. Например, вершина первого угла поворота ВУ1 находится на расстоянии 90,28 м от ПК 0. В этой точке ПК 0 + 90,28 м трасса поворачивает вправо. Поворот обозначен стрелкой, над которой указан румб нового направления – СВ:  $84^{\circ}35'$ . На свободном поле слева от вершины записывают номер и величину угла и его направление (левое, правое), радиус закругления  $R$  и вычисленные значения тангенса  $T$ , кривой  $K$ , биссектрисы  $B$  и домера  $D$  (см. рисунок 2.1).

Справа от вершины угла поворота приводят расчет пикетажных значений начала НК и конца КК кривой. На линии трассы показывают положение точек НК и КК, указывая их пикетажные положения.

На трассе обозначают плюсовые точки, которыми являются точки перелома рельефа, точки пересечения трассы с осями дорог, инженерных коммуникаций, границами угодий. Например, в пикетажном журнале показана точка ПК 1 + 44, которая является точкой перелома рельефа. Рядом с ней слева стрелками показаны направления скатов.

На ПК 2 разбит поперечник.

В начале трассы изображен стенной репер 15 и дано его положение: ПК 0 влево 12,5 м. Вблизи ПК 5 располагается грунтовый репер 16, им служит закопанный рельс. На рисунке показана конструкция репера 16 и дана его привязка к трассе.



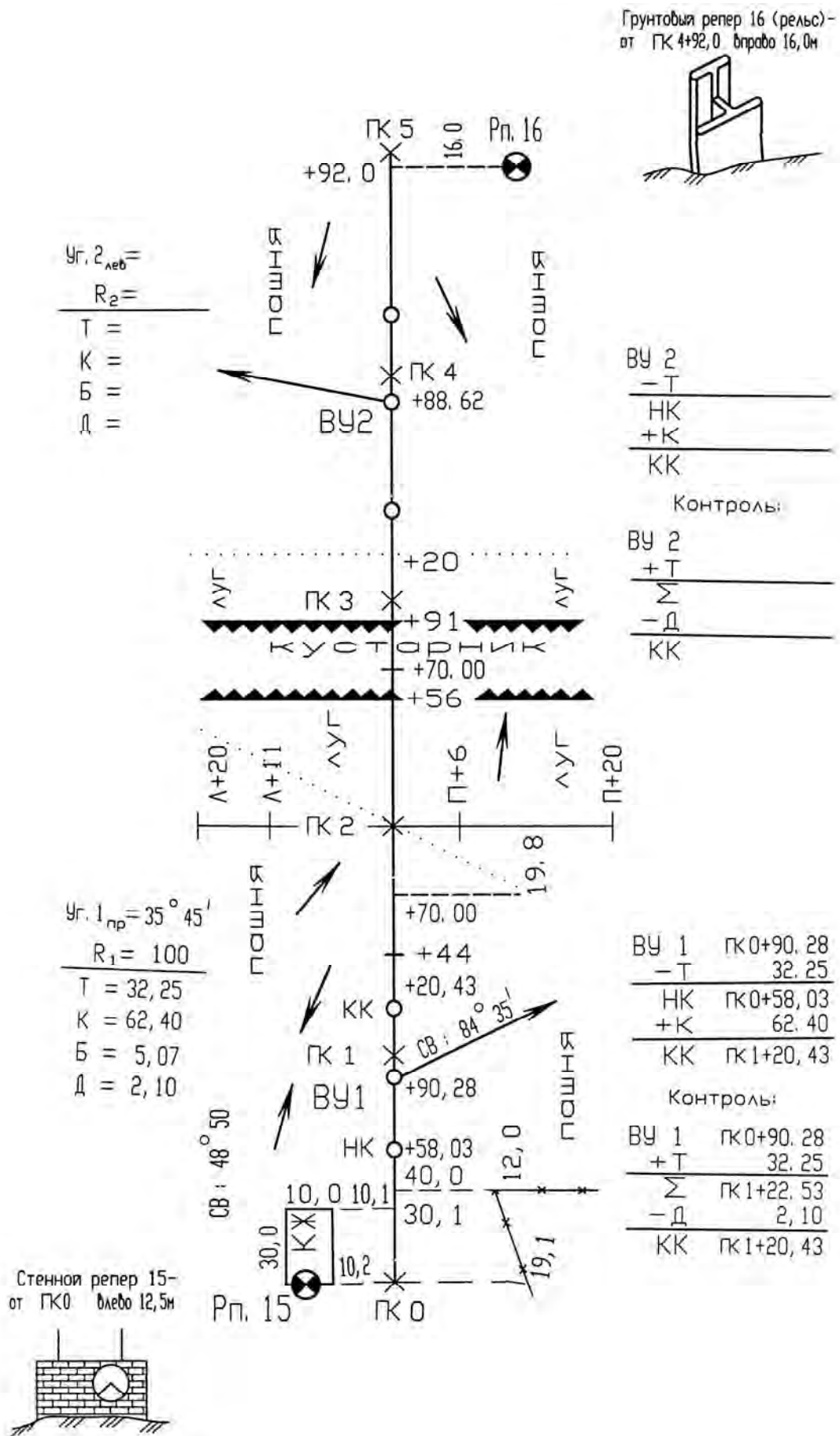


Рисунок 2.1 – Пикетажный журнал

В пикетажном журнале ведут абрис съемки ситуации в полосе прохождения трассы.

От ПК 0 до ПК 2 расположена пашня, за ней до ПК 3 + 20 находится луг, далее до конца участка – опять пашня. На лугу трасса пересекает овраг, заросший кустарником. Положение бровок оврага: ПК 2 + 56 и ПК 2 + 91. Самая глубокая точка оврага в месте пересечения его трассой находится на ПК 2 + 70. Вместо условных знаков записывают их наименования: пашня, луг, кустарник. Скаты местности обозначают стрелками.

В приведенном пикетажном журнале в начале трассы слева находится одноэтажное каменное жилое здание. Справа показана изгородь из колючей проволоки. Записаны результаты измерений расстояний до характерных точек контуров ситуации. Например, на ПК 0 длина перпендикуляра до изгороди составляет 19,1 м. На расстоянии 40 м от начала трассы длина перпендикуляра до угла изгороди – 12,0 м.

В пикетажном журнале в масштабе показывают только положение точек, закрепленных по трассе. Ситуацию наносят в приближенном масштабе.

В пикетажном журнале записан румб начального направления трассы (СВ:48°50'), указано значение первого (правого) угла поворота трассы (35°45'). Величину второго (левого) угла поворота студент принимает индивидуально (50°20'+N°, где N° соответствует номеру по списку в журнале группы). Радиус второго закругления  $R_2$  задает преподаватель.

При обработке пикетажного журнала необходимо по радиусу  $R_2$  и величине второго угла поворота определить элементы кривой: тангенс  $T$ , кривую  $K$ , биссектрису  $B$ , домер  $D$ . Следует также рассчитать пикетажные значения начала (НК) и конца (КК) кривой с контролем вычислений и по результатам расчетов нанести на трассу главные точки кривых, обозначив их окружностями диаметром 1,0 мм.

По румбу начального направления и углам поворота трассы вычисляют румбы остальных прямых. Сначала вычисляют дирекционные углы по правилу: дирекционный угол последующей прямой равен дирекционному углу предыдущей прямой плюс угол поворота трассы, если трасса поворачивает вправо, или минус угол поворота, если она поворачивает влево. Вычисленные значения дирекционных углов переводят в румбы, которые записывают в пикетажном журнале вдоль стрелок, указывающих повороты трассы.

В отчете по лабораторной работе должен быть представлен пикетажный журнал и необходимые расчеты.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Что указывают в пикетажном журнале?
- 2 Как вычисляют основные элементы круговой кривой?
- 3 Как рассчитывают пикетажные положения начала и конца круговой кривой?
- 4 Как вычисляют румб следующего прямого направления трассы?
- 5 Покажите на рисунке основные элементы круговой кривой.



### 3 Составление ведомости углов поворота, прямых и кривых

**Цель работы:** научиться составлять ведомость углов поворота, прямых и кривых.

После измерений на местности углов поворота и длин линий с разбивкой пикетажа по трассе автомобильной дороги составляют ведомость углов поворота, прямых и кривых. Форма ведомости приведена в таблице 3.1.

Графы 1–11 заполняют по данным пикетажного журнала. Прямые вставки и расстояния между вершинами (графы 12 и 13) вычисляют.

Прямая вставка  $P$  равна разности пикетажа между началом последующей и концом предыдущей кривой. Расстояние между вершинами углов поворота  $S$  равно разности пикетажа вершин смежных кривых, увеличенной на домер предыдущей кривой.

В конце работы подсчитывают необходимые суммы и выполняют контроль вычислений, используя формулы:

$$\alpha_n - \alpha_0 = \Sigma УП - \Sigma УЛ; \quad 2\Sigma T - \Sigma K = \Sigma Д; \quad \Sigma P + \Sigma K = \Sigma S - \Sigma Д,$$

где  $\alpha_n, \alpha_0$  – дирекционные углы конечного и начального направлений трассы соответственно, градус.

В отчете по лабораторной работе должна быть представлена ведомость углов поворота, прямых и кривых с контролем вычислений.

#### **Контрольные вопросы**

- 1 Как вычисляют длины прямых вставок?
- 2 Как определяют расстояния между вершинами?
- 3 Как получают дирекционный угол следующего прямого направления трассы?
- 4 Как выполняют контроль вычислений в ведомости углов поворота, прямых и кривых?



Таблица 3.1 – Ведомость углов поворота, прямых и кривых

Точка трассы	Величина угла поворота		Положение точки	Элемент кривой, м					Начало кривой	Конец кривой	Прямая вставка $P$ , м	Расстояние между вершинами $S$ , м	Дирекционный угол/румб
	влево УЛ	вправо УП		$R$	$T$	$K$	$B$	$D$					
1	2	3	ПК +	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
НТ			0+00										
ВУ1		35°45'	0 + 90,28	100	32,25	62,40	5,07	2,10	0 + 58,03	1 + 20,43	58,03	90,28	$\frac{48^{\circ}50'}{СВ;48^{\circ}50'}$
ВУ2	...		3 + 88,62	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
КТ			5 + 00										
Сумма	...	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Контроль

$$\alpha_n - \alpha_0 = \dots \quad 2\Sigma T - \Sigma K = \dots \quad \Sigma P + \Sigma K = \dots$$

$$\Sigma УП - \Sigma УЛ = \dots \quad \Sigma S - \Sigma D = \dots$$

## 4 Построение плана трассы автомобильной дороги

**Цель работы:** научиться строить план трассы автомобильной дороги.

План трассы строят в заданном масштабе по данным пикетажного журнала и ведомости углов поворота, прямых и кривых.

План может быть построен по прямоугольным координатам вершин углов поворота или по румбам и длинам сторон хода вдоль трассы. Рассмотрим построение линии трассы по румбам и длинам сторон. Трасса на листе плана строится слева направо (рисунок 4.1). Расположив лист бумаги длинной стороной горизонтально, отступив от левого его края на расстояние около 50 мм, произвольно выбирают точку НТ. От этой точки проводят примерно горизонтальную линию – направление первого участка трассы НТ–ВУ1. На ней в масштабе откладывают расстояние  $S_1$  до первой вершины угла поворота ВУ1.

В точке НТ по румбу начального направления трассы (НТ–ВУ1) проводят направление меридиана. Затем переносят его параллельно в точку ВУ1. От меридиана откладывают вычисленный румб второго направления трассы ВУ1–ВУ2, получают новое направление, на котором откладывают второе расстояние  $S_2$  между вершинами ВУ1 и ВУ2. Получают положение вершины ВУ2.

Аналогично получают остальные вершины. Построение по румбам направлений трассы контролируют по величинам углов поворотов трассы.

По трассе находят положение главных точек закруглений НК и КК. Для этого от каждой вершины угла поворота в обе стороны откладывают соответствующие тангенсы закруглений. Правильность положения главных точек кривых на трассе контролируют по прямым вставкам, измеренным на плане. Расхождение между измеренными и вычисленными значениями прямых вставок допускается в 1,0 м.

Положение пикетов на плане трассы получают от начала и конца закруглений. Вначале для каждой кривой от точек НК и КК откладывают в масштабе расстояния до ближайших пикетов. От полученных пикетов отмеряют вперед и назад по 100 м и получают положение остальных пикетов. Пикеты, полученные при промерах вперед от конца предыдущего закругления, должны совпадать с такими же пикетами, полученными при промерах назад от начала следующего закругления. Начальный и конечный пикеты трассы должны совпадать с точками НТ и КТ с точностью 1,0 м.

В обе стороны от трассы по данным пикетажного журнала наносят ситуацию. Ситуацию вычерчивают в полном соответствии с условными знаками для топографических планов заданного масштаба. При вычерчивании плана трассы автомобильной дороги потребуются условные знаки реперов, здания, изгороди из колючей проволоки, луга, пашни, обрывов, кустарника.



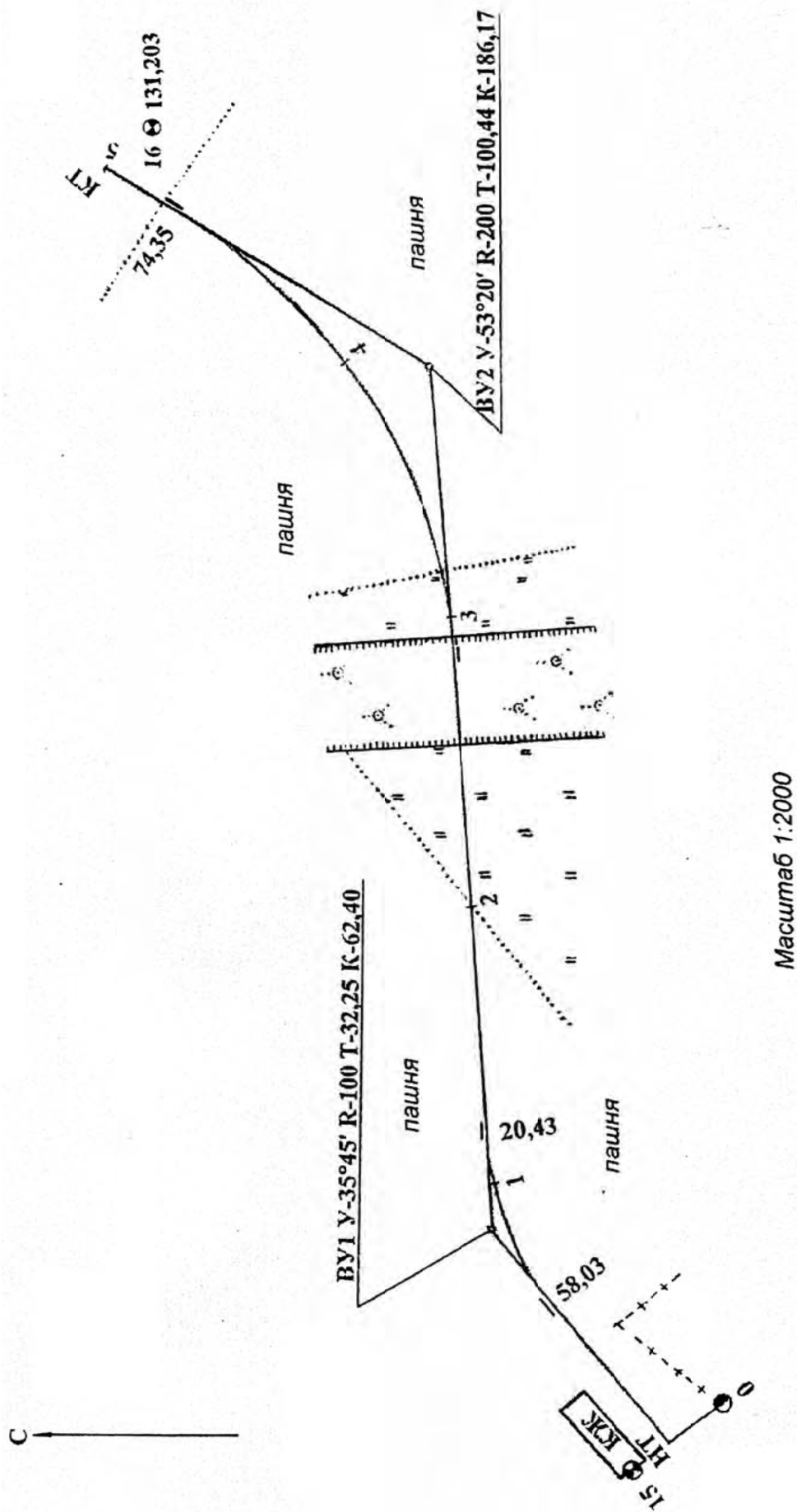
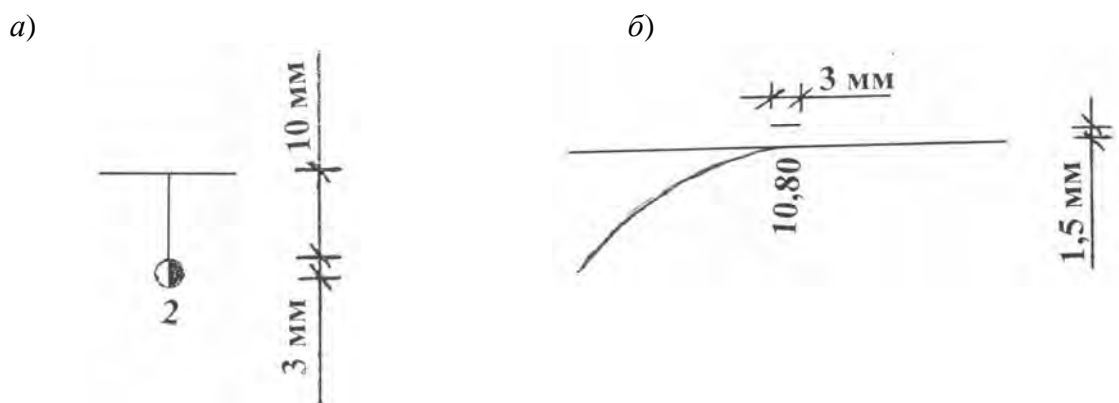


Рисунок 4.1 – План трассы дороги

Масштаб плана трассы обычно назначают 1:5000 или 1:2000. Трассу наносят с вычерчиванием всех кривых и обозначением углов поворота, километров и пикетов, пикетажа главных точек.

Подписывают пикеты и километры перпендикулярно к направлению трассы, а надписи съемки притрассовой полосы располагают параллельно кромке чертежа. Образец плана трассы показан на рисунке 4.1.

На плане трассы вершину угла поворота изображают окружностью диаметром 1,5...2 мм. Пикеты обозначают штрихом длиной 2 мм. Графические обозначения указателей километров, начала и конца круговой кривой показаны на рисунке 4.2.



*a* – указатель километров; *б* – начало и конец круговой кривой

Рисунок 4.2 – Графические обозначения

При выполнении лабораторной работы следует по данным пикетажного журнала и ведомости углов поворота, прямых и кривых построить по румбам и длинам сторон план трассы в масштабе 1:2000. План вычертить в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500».

### **Контрольные вопросы**

- 1 Как строят прямые направления трассы и получают положение вершин углов поворота?
- 2 Как получают на плане трассы положение пикетов?



## 5 Работа на станции при техническом нивелировании

**Цель работы:** изучить порядок работы на станции при техническом нивелировании.

Нивелирование на каждой станции выполняют в определенной последовательности. На связующие точки устанавливают рейки. Между ними примерно посередине устанавливают нивелир (необязательно в створе с рейками). Приводят его в рабочее положение. Наводят зрительную трубу нивелира на заднюю рейку. Приводят пузырек цилиндрического уровня на середину и снимают отсчет по средней горизонтальной нити сетки. Отсчеты по рейкам на каждой станции снимают в следующем порядке: по черной стороне задней рейки; по черной стороне передней рейки; по красной стороне передней рейки; по красной стороне задней рейки.

Снятые отсчеты в миллиметрах записывают в журнал нивелирования (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Журнал технического нивелирования

Номер станции	Номер нивелируемой точки	Отсчет по рейке			Превышение	Среднее превышение	Поправка	Исправленное превышение	Горизонт прибора	Отметка точки
		задний	передний	промежуточный						

Правильность взятия отсчетов по рейке контролируют вычислением разности нулей, которая должна быть величиной постоянной. Расхождения не должны превышать 5 мм.

Нивелир нельзя снимать со станции, пока не вычислены превышения по черным и красным сторонам реек. Превышения вычисляют как разность отсчетов по задней и передней рейкам. Расхождение между превышениями по черным и красным сторонам не должно превышать 5 мм. Если это расхождение больше 5 мм, все наблюдения на станции следует повторить.

Затем вычисляют среднее значение превышения, которое округляют до целых миллиметров.

После связующих точек нивелируют промежуточные. Нивелирную рейку переносят с задней точки на промежуточную. Снимают отсчет только по черной стороне рейки. Записывают его в соответствующую графу журнала нивелирования. При переходе на следующую станцию заднюю рейку переносят вперед, а передняя становится задней.

При обработке журнала нивелирования на каждой его странице выполняют постраничный контроль, т. е. определяют:

– суммы задних и передних отсчетов по рейкам и их разности:  $\sum Z$ ;  $\sum П$ ;  $\sum Z - \sum П$ , мм;

- суммы вычисленных превышений  $\sum h$ , мм;
- суммы средних превышений  $\sum h_{cp}$ , мм.

Вычисленные суммы и разности записывают внизу соответствующих граф. По ним контролируют правильность вычисления превышений. При этом должно соблюдаться условие

$$\frac{\sum 3 - \sum \Pi}{2} = \frac{\sum h}{2} = \sum h_{cp}.$$

В отчете по лабораторной работе должен быть приведен обработанный журнал нивелирования (содержащий четыре станции), включающий вычисленные превышения, средние превышения по каждой станции и постраничный контроль. По каждой рейке надо вычислить и записать разности нулей.

Исходные данные для выполнения работы приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные

Номер станции	Номер нивелируемой точки	Отсчет по рейке			Номер станции	Номер нивелируемой точки	Отсчет по рейке		
		задний	передний	промежуточный			задний	передний	промежуточный
	1	0343				11	0325		
1		5027			11		5012		
	2		1628			2			0334
			6316			12		0128	
	2	1153						4812	
2		5838				12	2425		
	<i>a</i>			1378	12		7111		
	3		1836			13		1112	
			6524					5798	
	3	0859				13	2876		
3		5546			13		7564		
	4		0483			14		0522	
			5171					5207	
	4	1280				14	2784		
4		5967			14		7468		
	5		0461			15		0419	
			5146					5105	
	5	2548				15	2683		
5		7234			15		7370		
	<i>б</i>			1774		<i>д</i>			1741
	6		0442			16		1596	
			5126					6284	

Окончание таблицы 5.2

Номер станции	Номер нивелируемой точки	Отсчет по рейке			Номер станции	Номер нивелируемой точки	Отсчет по рейке		
		задний	передний	промежуточный			задний	передний	промежуточный
	6	0821				16	1382		
6		5509			16		6067		
	7		2188			<i>e</i>			0820
			6872			17		1445	
	7	0663						6132	
7		5351				17	2584		
	<i>e</i>			1014	17		7268		
	8		1154			18		1569	
			5838					6254	
	8	0490				18	2773		
8		5178			18		7456		
	9		2815			<i>ж</i>			0318
			7499			19		0420	
	9	0516						5104	
9		5201				19	2312		
	10		2896		19		6999		
			7580			20		0613	
	10	0556						5298	
10		5238				20	2788		
	11		2898		20		7476		
			7581			21		0341	
								5028	

### **Контрольные вопросы**

- 1 Как вычисляют превышения в журнале нивелирования?
- 2 Как выполняют постраничный контроль в журнале нивелирования и что он означает?



## 6 Обработка журнала геометрического нивелирования. Построение продольного профиля трассы

**Цель работы:** освоить обработку результатов геометрического нивелирования, определить отметки точек и построить продольный профиль трассы.

Из-за неизбежных погрешностей в превышениях в ходе, проложенном между реперами, образуется невязка

$$f_h = \sum h_{cp} - (H_k - H_n),$$

где  $H_n, H_k$  – отметки начального и конечного реперов трассы соответственно, м; отметки реперов преподаватель задает студенту индивидуально.

Полученная невязка не должна превышать предельной невязки, которая для технического нивелирования определяется из выражения

$$f_{hпред} = 50\sqrt{L},$$

где  $L$  – длина хода, км.

Если это условие выполняется, то полученную невязку распределяют в виде поправок в превышения. Поправки вводят поровну во все превышения (с округлением до целых миллиметров) со знаком, обратным знаку невязки. Если невязка невелика (число миллиметров в невязке меньше числа превышений), то некоторые превышения – в начале и в конце хода – оставляют без поправок.

Поправки записывают в соответствующую графу журнала и вычисляют исправленные превышения. Сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком.

Зная отметку начального репера, вычисляют отметки всех связующих точек по правилу: отметка последующей точки  $H_{n+1}$  равна отметке предыдущей  $H_n$  плюс исправленное превышение между ними  $h_u$ :

$$H_{n+1} = H_n + h_u .$$

В конце вычислений должна получиться отметка, равная отметке конечного репера.

Для контроля на каждой странице журнала (см. таблицу 5.1) вычисляют и записывают: под итоговой чертой графы 9 – алгебраическую сумму исправленных превышений; графы 11 – разность отметок последней и первой связующих точек, записанных на этой странице. Разность отметок должна точно равняться сумме исправленных превышений.

После отметок связующих точек вычисляют отметки промежуточных точек. Для станций, на которых они имеются, определяют горизонт прибо-



ра ( $ГП$ ). Горизонт прибора равен известной отметке точки  $H_n$  плюс отсчет на эту точку  $a$  по черной стороне рейки:

$$ГП = H_n + a.$$

Отметки промежуточных точек вычисляют по правилу: отметка точки  $H_{np}$  равна горизонту прибора минус отсчет по рейке  $b$  на этой промежуточной точке:

$$H_{np} = ГП - b.$$

После того как определены отметки всех точек по трассе, приступают к построению продольного профиля. Продольный профиль строят на листе миллиметровой бумаги по данным журнала нивелирования.

На продольном профиле надо нанести линию фактической поверхности земли по оси дороги и проектную линию.

Под продольным профилем помещают таблицу (сетку). Ее размеры и назначение граф показаны на рисунке 6.1. Заполняют графу «Расстояние». В ней в масштабе показывают плановое положение всех пикетов и плюсовых точек, фиксируя их вертикальными линиями. В работе надо принять масштаб по горизонтали 1:2000. Если между соседними пикетами имеются плюсовые точки, то записывают горизонтальные расстояния от пикета до плюсовой точки и от плюсовой точки до следующего пикета. Если между пикетами нет плюсовых точек, то расстояние 100 м не пишут. Под нижней линией графы «Расстояние» подписывают номера пикетов.

В графу «Отметка земли» над пикетами и плюсовыми точками выписывают из журнала нивелирования фактические отметки поверхности земли по оси дороги, округляя их до сантиметра.

В графе «Развернутый план дороги» посередине проводят ось дороги, условно развернутую в прямую линию, и изображают ситуацию в полосе местности, прилегающей к трассе. Вместо условных знаков обычно пишут соответствующие названия: «луг», «пашня» и т. п.

В графе «Прямая и кривая в плане» проводят горизонтальную линию, изображающую ось дороги.

Рассчитанные пикетажные значения начала и конца кривых откладывают на линии, отмечая их перпендикулярами, опущенными на проведенную ось дороги. Вдоль перпендикуляров записывают расстояния от начала и конца кривой до ближайшего заднего или переднего пикета.

Поворот дороги вправо (по ходу километров) изображают кривой, условно показываемой скобкой, обращенной выпуклостью вверх, а при повороте влево – скобкой, обращенной выпуклостью вниз. В каждой кривой записывают ее элементы: угол поворота, радиус, тангенс, длину кривой.

Над серединой каждой прямой вставки трассы записывают ее длину, а под ней – румб ее направления.



При выполнении работы на продольный профиль следует нанести проектную линию. Элементы проектной линии – их уклоны и длины – задает преподаватель. Их показывают в графе «Уклон, расстояние». Внутри каждого прямоугольника, на которые будет разбита графа уклонов, проводят диагональ: из верхнего левого угла в нижний правый, если уклон отрицательный, или из нижнего левого в верхний правый, если уклон положительный. На горизонтальных отрезках трассы посередине графы проводят горизонтальную линию. Над диагональю или горизонтальной линией указывают значение проектного уклона в тысячных, а под ней – длину горизонтального проложения в метрах, на которое этот уклон распространяется.

Вычисляют проектные отметки точек. В начале трассы на ПК0 запроектирована насыпь высотой 0,60 м. Здесь записывают проектную отметку, равную фактической отметке поверхности земли в этой точке плюс 0,60 м. Отметки остальных точек вычисляют по формуле

$$H_{П\text{ выч}} = H_{П} + id,$$

где  $H_{П\text{ выч}}$  – вычисляемая проектная отметка, м;

$H_{П}$  – известная проектная отметка предыдущей точки, м;

$i$  – проектный уклон;

$d$  – горизонтальное расстояние между точкой, в которой определяется отметка, и предыдущей, м.

Проектные отметки вычисляют с точностью до сантиметра и записывают в графу «Проектная отметка». По полученным проектным отметкам наносят на профиль проектную линию. Проектную линию и ее ординаты показывают сплошными толстыми линиями.

На всех пикетах и всех плюсовых точках профиля вычисляют рабочие отметки  $h_p$  (высоты насыпей, глубины выемок) как разность проектной отметки и отметки поверхности земли. На выемках рабочие отметки записывают под проектной линией, а на насыпях – над ней. Над точками пересечений линии профиля поверхности земли с проектной линией, называемыми точками нулевых работ, записывают рабочие отметки 0,00.

Из точек переломов проектной линии и точек нулевых работ проводят линии ординат.

Вычисляют горизонтальные расстояния от точки нулевых работ до ближайших пикетов или плюсовых точек. Схема к определению этих расстояний показана на рисунке 6.2. Вычисляют их по формулам:

$$l_1 = \frac{h_{p1}l}{h_{p1} + h_{p2}}; \quad l_2 = \frac{h_{p2}l}{h_{p1} + h_{p2}},$$

где  $l_1$  и  $l_2$  – горизонтальные расстояния до точки нулевых работ от ближайших к ней задней и передней (пикетных или плюсовых) точек профиля соответственно, м;



$h_{p1}$  и  $h_{p2}$  – рабочие отметки на этих же точках профиля, м;  
 $l$  – горизонтальное расстояние между теми же ближайшими к точке нулевых работ точками профиля, м.

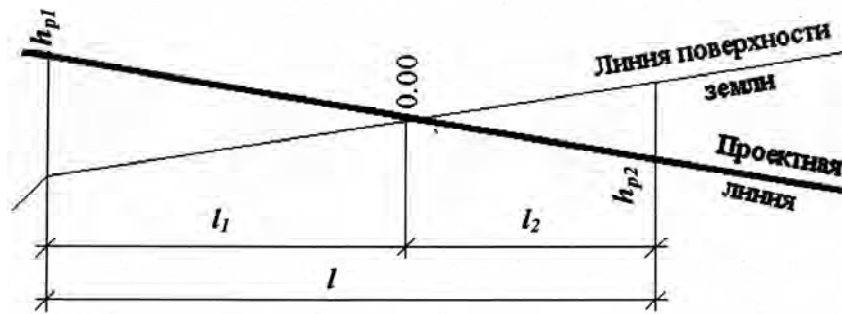


Рисунок 6.2 – Схема определения расстояний до точки нулевых работ

Вычисление расстояний  $l_1$  и  $l_2$  контролируют соблюдением равенства

$$l_1 + l_2 = l.$$

Отметку точки нулевых работ вычисляют по формуле для нахождения проектных отметок и записывают вдоль ординаты, опущенной из точки нулевых работ на линию условного горизонта. Слева и справа от этой ординаты над линией условного горизонта записывают расстояния  $l_1$  и  $l_2$  (см. рисунок 6.1).

### Контрольные вопросы

- 1 Как вычисляют проектные отметки?
- 2 Как вычисляют рабочие отметки?
- 3 Как вычисляют расстояния до точек нулевых работ?

## 7 Построение вертикальной планировки плана участка с изображением рельефа

**Цель работы:** научиться строить план участка с изображением рельефа горизонталями.

Исходным материалом для проектирования вертикальной планировки служит план местности, полученный при нивелировании поверхности участка. Для выполнения работы задается участок размером  $60 \times 60$  м, на котором разбита сетка квадратов. Сторона квадрата равна 20 м.

Студент получает у преподавателя индивидуальные исходные данные: отметку временного репера  $H_{Аз}$ , отсчет на одну из промежуточных точек  $v_{пром}$ , величину уклона проектной плоскости  $i_0$  и дирекционный угол направления



этого уклона  $\alpha_0$ . Остальные данные принимаются по журналу нивелирования (таблица 7.1).

Временный репер устроен на вершине АЗ сетки квадратов. Его отметку  $H_{AZ}$  и заданный отсчет на указанную промежуточную точку надо записать в журнал нивелирования поверхности (см. таблицу 7.1).

При обработке журнала нивелирования подсчитывают превышения и средние превышения для станции 2. Затем для контроля правильности вычислений выполняют постраничный контроль, который состоит в определении трех величин:

$$0,5(\Sigma Z - \Sigma П); 0,5\Sigma h; \Sigma h_{cp},$$

где  $\Sigma Z$ ;  $\Sigma П$  – суммы всех отсчетов (по черной и красной сторонам) для задней и передней реек соответственно, мм;

$\Sigma h$  – сумма всех превышений (по черной и красной сторонам реек), мм;

$\Sigma h_{cp}$  – сумма средних превышений, мм.

При правильных вычислениях выполняется тождество

$$0,5(\Sigma Z - \Sigma П) = 0,5\Sigma h = \Sigma h_{cp}.$$

Возможно отклонение в последней величине, если оно образуется за счет округления средних превышений до целых миллиметров. Это отклонение не может превышать в миллиметрах половины числа станций на странице.

Результаты постраничного контроля помещают в журнале нивелирования под итоговой чертой. При этом записывают только числовые значения найденных сумм и разностей без их буквенных обозначений.

Выполняют уравнивание нивелирного хода. Для замкнутого нивелирного хода, проложенного по участку, невязка в превышениях

$$f_h = \Sigma h_{cp}.$$

Предельная невязка

$$f_{h\text{ пред}} = 10\sqrt{n},$$

где  $n$  – число станций в ходе.

Полученная невязка не должна превосходить предельную:  $f_h \leq f_{h\text{ пред}}$ . Если это условие выполняется, то полученную невязку распределяют в виде поправок поровну и с обратным знаком в каждое среднее превышение с округлением до целых миллиметров. Поправки записывают в соответствующую графу журнала нивелирования. Вычисляют исправленные превышения.





Таблица 7.1 – Журнал нивелирования поверхности по квадратам

Станция	Вершина квадрата	Отсчет по рейке			Превышение	Среднее превышение	Поправка	Исправленное превышение	Горизонт прибора	Отметка, м	Примечание
		задний	передний	промежуточный							
1	A3	2213							152,363	150,150	Вр.репер
		6915									
	A1			0110						152,253	
	B1			0150						...	
	B1			0090						...	
	Г1			1130						...	
	A2			1013						...	
	B2			1315						...	
	B2			1527						...	
	Г2			2240						...	
2	B3			2235						...	
	Г3			3000						...	
	B3		2505		-0292					149,853	
			7205		-0290	-0291	-6	-0297			
	B3	0791							...	149,853	
		5493									
	A4			1415						...	
	B4			1373						...	
	B4			1940						...	
	Г4			2315						...	
Постраничный контроль	A3		0488		...	...	...	...		...	Вр.репер
			5190		...	...	...	...		...	
		15412	...		...	...	...	...		...	
		...			...						
		...			...						

$$f_h = \sum h_{cp} = \dots; \quad f_{h, n_{ред}} = 10\sqrt{n} = 10\sqrt{2} = \dots$$

Общая сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком.

Зная отметку  $H_{\text{АЗ}}$  одной из вершин квадратов, вычисляют отметки других вершин, являющихся связующими точками нивелирного хода. При этом действуют по правилу: отметка последующей точки  $H_{i+1}$  равна отметке предыдущей точки  $H_i$  плюс исправленное превышение между ними  $h_{\text{испр}, i+1}$ :

$$H_{i+1} = H_i + h_{\text{испр}, i+1}.$$

В строке «Постраничный контроль» в графе «Отметка» (см. таблицу 7.1) надо записать разность конечной и начальной отметок. Для замкнутого хода эта разность должна быть равна нулю.

Отметки остальных вершин квадратов, являющихся промежуточными точками, находят через горизонт прибора  $ГП$ . Отметка промежуточной точки  $H_{\text{пром}_i}$  равна горизонту прибора минус отсчет по рейке  $v_{\text{пром}_i}$  в этой точке:

$$H_{\text{пром}_i} = ГП - v_{\text{пром}_i}.$$

Горизонт прибора равен отметке связующей точки  $H_i$  плюс отсчет по рейке  $a$ , установленной на этой точке:

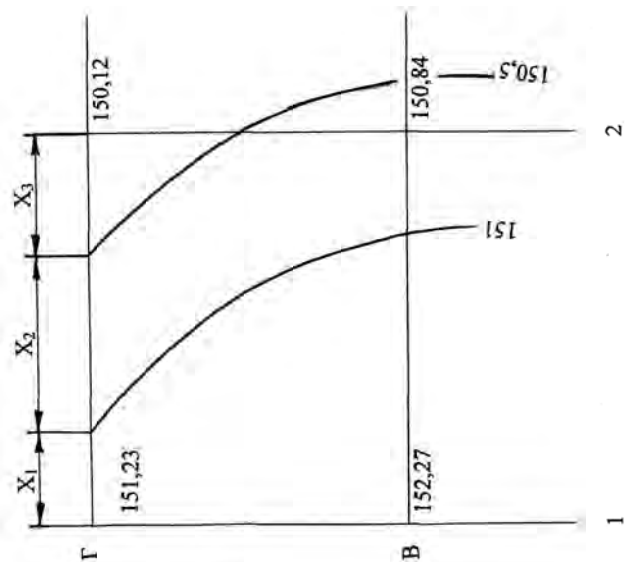
$$ГП = H + a.$$

По результатам нивелирования надо составить план участка в горизонталях. Для построения такого плана на отдельном листе в заданном масштабе наносится сетка квадратов. В работе рекомендуется масштаб 1:500. У каждой вершины квадрата, справа и снизу от нее, из журнала нивелирования записывают с точностью до сантиметра отметку поверхности земли (рисунки 7.1, *a* и 7.2). Используя отметки вершин, на плане проводят горизонтали. Точки прохождения горизонталей по сторонам квадратов находят графическим интерполированием.

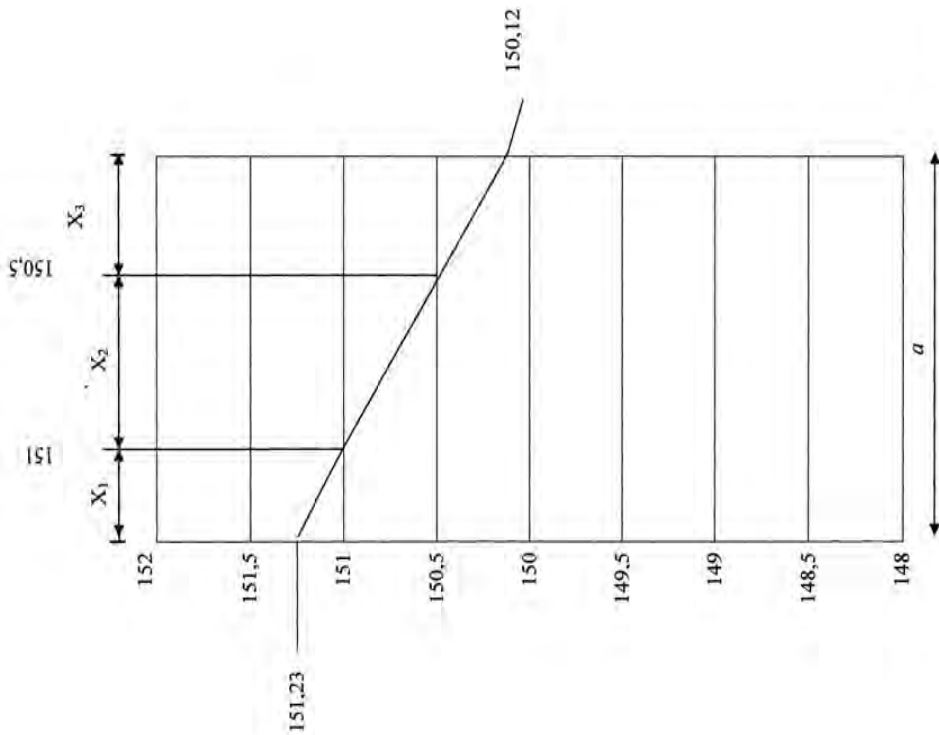
На миллиметровой бумаге (рисунок 7.1, *б*) откладывают в заданном масштабе отрезок  $a$ , равный стороне квадрата. Из концов этого отрезка проводят вертикальные линии и вдоль них на утолщенных линиях миллиметровки через 1 см подписывают отметки, кратные высоте сечения рельефа. Возьмем сторону Г1–Г2 квадрата (см. рисунок 7.1, *a*), на вертикальных линиях (см. рисунок 7.1, *б*) отложим отметки начала 151,23 и конца 150,12 этой стороны и полученные точки соединим прямой линией. Пересечения полученной линии с подписанными на миллиметровке линиями отметок задают точки прохождения горизонталей через сторону квадрата и расстояние до этих точек. На рисунке 1, *б* расстояние от вершины Г1 до горизонтали 151 равно  $X_1$ , от горизонтали 151 до горизонтали 150,5 –  $X_2$  и от горизонтали 150,5 до вершины Г2 –  $X_3$  (см. рисунок 7.1, *a*).



a)



b)

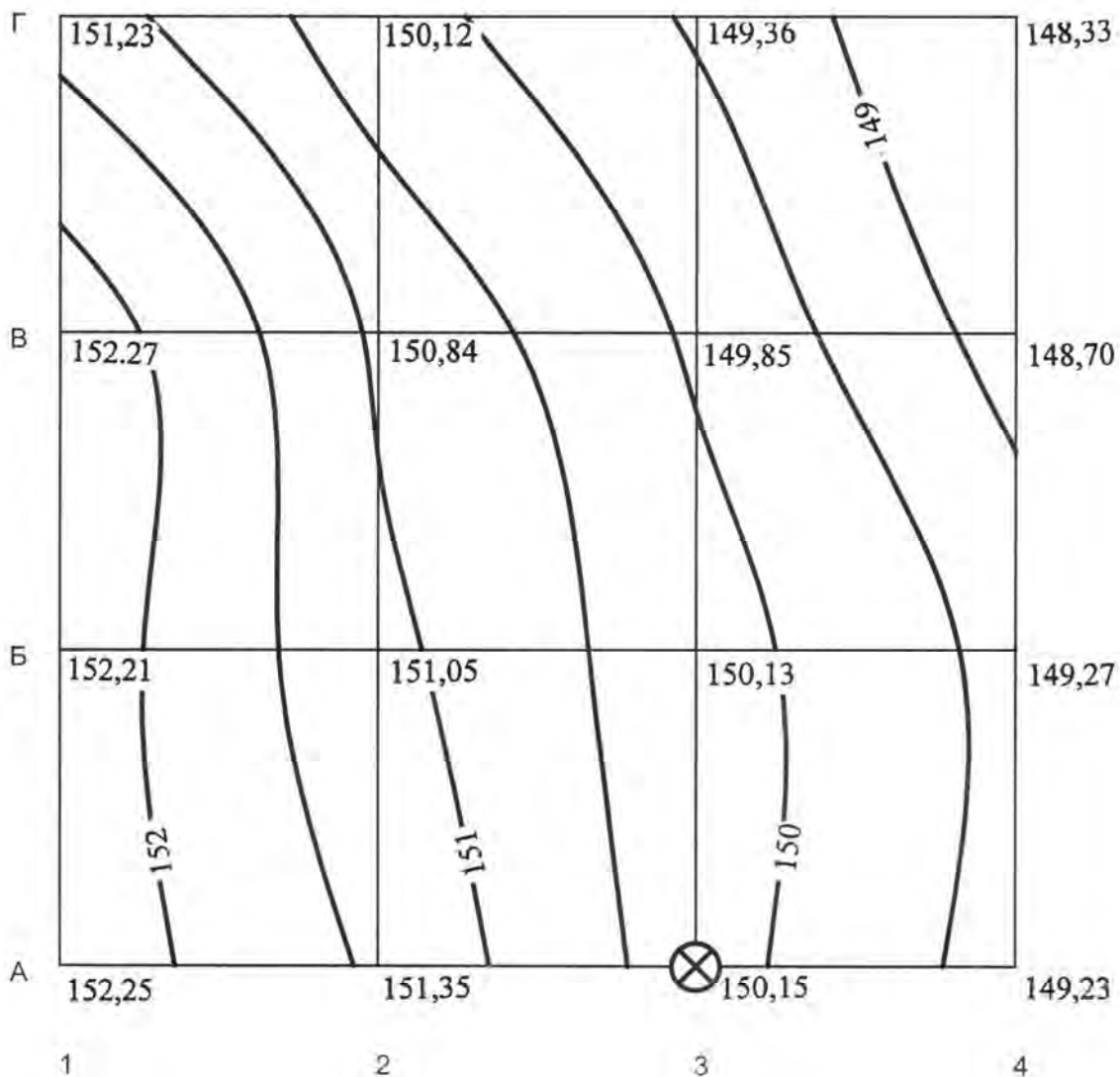


*a* – нанесение на сторону квадрата точек прохождения горизонталей; *b* – определение расстояний до точек прохождения горизонталей через сторону квадрата

Рисунок 7.1 – Определение положения горизонталей на сторонах квадрата



Подобным образом находят точки прохождения горизонталей через другие стороны квадратов. Соединяя соответствующие точки на сторонах квадратов плавными линиями, получают горизонтали. Оформление плана участка с изображением рельефа показано на рисунке 7.2.



Масштаб 1:500

Высота сечения рельефа 0,5 м

Рисунок 7.2 – План участка с изображением рельефа

В отчете по лабораторной работе должен быть представлен обработанный журнал нивелирования и план участка с изображением рельефа.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Как обрабатывают журнал нивелирования поверхности?
- 2 Как графическим способом наносят на план положение горизонталей?

## 8 Определение прямоугольных координат свободной станции электронного тахеометра

**Цель работы:** научиться выполнять свободную установку станции электронного тахеометра.

Если при съемке участка местности или при разбивке точек сооружения не удастся стать на точку с известными координатами, то можно выполнить свободную установку станции. Электронный тахеометр располагается в удобном для наблюдения места. Определение координат такой свободной станции выполняется способом обратной линейно-угловой засечки. Для этого требуется не менее двух точек с известными координатами.

Рассмотрим установку свободной станции электронного тахеометра Trimble M3. На экране «Меню» выбирается «4. Съемка», а затем «1. Обр. засеч.» (рисунок 8.1).

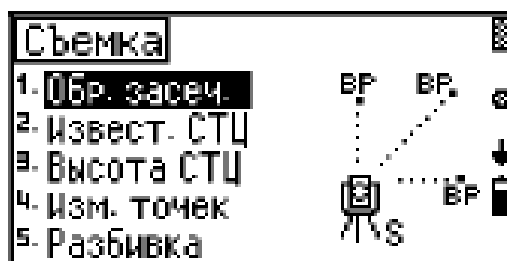


Рисунок 8.1

Появляется экран «Высота СТЦ» с запросом на выбор трехмерных 3D (X, Y, Z)- или двухмерных 2D (X, Y)-наблюдений. Для установки 2D надо нажать клавишу [F3] «без», а для установки 3D – клавишу [F1] «с» (рисунок 8.2).

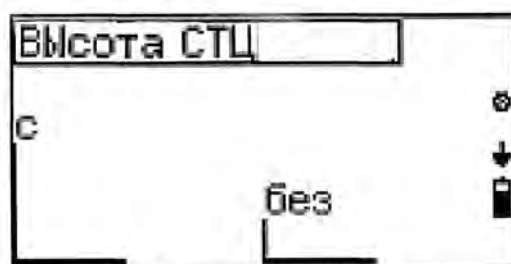


Рисунок 8.2

При нажатии [F1] «с» появляется экран «Ввод  $i_h$ » (рисунок 8.3), на котором надо ввести высоту прибора  $i_h$ , используя цифровые клавиши, а затем нажать [MEAS/ENT].

На следующем экране «Обр. засеч.» (рисунок 8.4) квадратами показано положение станции S и двух точек A и B, называемых задними.



Рисунок 8.3

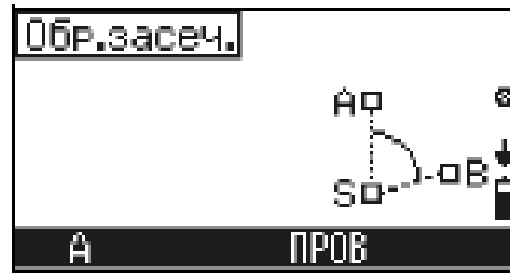


Рисунок 8.4

Задними называют точки, для которых известны прямоугольные координаты. Они служат для привязки станции установки электронного тахеометра.

Вначале выполняют измерения на точку А. Для этого надо нажать клавишу [F1] «А». Появится экран «Найти/ввести точку А» с запросом на ввод координат из внутренней памяти [F1] или с клавиатуры [F3]. Нажав [F3] «Ввод», переходим к экрану «Ввод координаты». Вводим координаты X, Y, Z точки А, нажимая [MEAS/ENT] или [F4] «ОК». После ввода координаты Z появляется экран «Задняя точка А» (рисунок 8.5).



Рисунок 8.5

Если необходимо установить или изменить высоту цели, которой является высота призмы, надо нажать [F2] «th». После ввода высоты цели нажимаем [MEAS/ENT]. Затем следует навестись на точку А и нажать [MEAS/ENT].

После того как выполнено измерение точки А, положение ее на экране обозначится черным квадратом (рисунок 8.6).



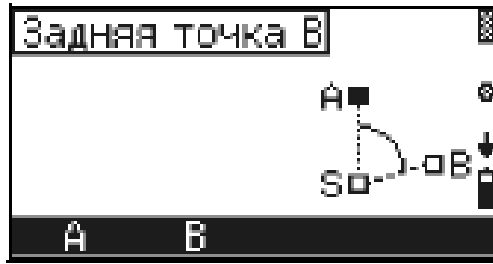


Рисунок 8.6

Теперь можно измерить точку В. Нажимаем [F2] «В» и выполняем действия аналогичные измерению точки А. Для завершения наблюдений нажимаем [F4] «Кон» (рисунок 8.7).

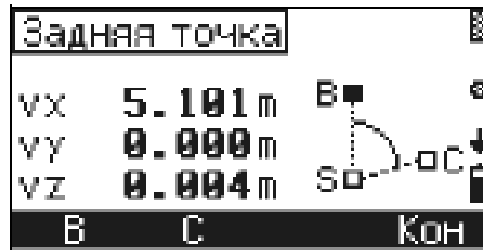


Рисунок 8.7

После измерения двух точек будут подсчитаны координаты станции и координаты задних точек А и В. Появляется экран «Задняя точка А», на котором для этой точки А даны разности между заданными ее координатами и полученными по результатам измерений после уравнивания (рисунок 8.8).



Рисунок 8.8

Чтобы просмотреть разности для следующей точки, надо нажать [V], для предыдущей – [^]. По величине разностей  $\sqrt{X}$ ;  $\sqrt{Y}$ ;  $\sqrt{Z}$  можно судить о точности определения координат станции. При больших разностях можно перемерить последнюю точку или добавить больше точек в обратную засечку. Чтобы перемерить точку В, надо в предыдущем экране «Задняя точка» нажать [F1] «В». Для измерения следующей точки надо нажать [F2] «С».

Чтобы добавить больше точек в наблюдение, надо в экране «Задняя точка А» нажать [F1] «Далее». Чтобы удалить точки, показанные на экране, например, из-за больших разностей, надо нажать [F3] «Удал». Чтобы перейти к следующему экрану, следует нажать [F4] «OK». Появится экран



«Координаты станции» (рисунок 8.9), на котором приведены координаты  $X_s$ ,  $Y_s$ ,  $Z_s$  станции.



Рисунок 8.9

Чтобы принять вычисленные координаты станции, надо нажать [F4] «OK». Появится экран «Обр. засеч.» (рисунок 8.10), значения которого показывают, как хорошо вычислены координаты станции по точкам, использованным в обратной засечке. Если величина масштаба  $M$  близка к 1, то качество установки станции хорошее.



Рисунок 8.10

В отчете по лабораторной работе должны быть представлены последовательности действий при определении координат свободной станции электронного тахеометра.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Какова последовательность действий при определении координат свободной станции электронного тахеометра?
- 2 Какие точки являются задними?

## 9 Обработка и оценка точности геодезических измерений

**Цель работы:** усвоить методику обработки и оценки точности результатов измерений.

В геодезии измеряют углы, длины линий, превышения. В силу многих причин результат измерения является приближенным числом. Для оценки точности геодезических измерений в качестве основной характеристики принимают среднюю квадратическую погрешность.

При равноточных измерениях средние квадратические погрешности отдельных измерений определяют по формулам:

– при истинных случайных погрешностях

$$m = \sqrt{\frac{\sum \Delta_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum (l_i - l_T)^2}{n}};$$

– при вероятнейших погрешностях

$$m = \sqrt{\frac{\sum \delta_i^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (l_i - l_{cp})^2}{n-1}},$$

где  $\Delta$  – истинная погрешность, т. е. разность между отдельным результатом измерения  $l_i$  и истинным (точным) значением  $l_T$  измеряемой величины;

$\delta$  – вероятнейшая погрешность, т. е. разность между отдельным результатом измерения  $l_i$  и средним арифметическим значением  $l_{cp}$  измеряемой величины;

$n$  – число измерений.

Средняя квадратическая погрешность арифметической середины

$$m_0 = \frac{m}{\sqrt{n}}.$$

Предельная погрешность – наибольшая по абсолютной величине случайная погрешность, которая может появиться при данных условиях измерений.

$$m_{пред} = 3m.$$

Предельная погрешность позволяет отбраковывать те измерения, которые имеют погрешности, превышающие этот предел.

В работе требуется оценить точность приведенных ниже результатов измерений.

1 Длина линии измерена шесть раз. Результаты измерений приведены в таблице 9.1. Найти средние квадратические погрешности: отдельных измерений, арифметической середины и предельную, а также относительную погрешность измерения линии лентой.

Таблица 9.1 – Вычисление величин  $\Delta$ ,  $\Delta^2$

Номер измерения	Результат измерения, м	Истинная погрешность $\Delta$	$\Delta^2$
1	826,46		
2	825,92		
3	826,25		
4	826,08		
5	825,80		
6	826,58		
Сумма			

По данным высокоточных измерений длина этой линии (примем ее за истинную длину) равна ... м.

Вычисления  $\Delta^2$  дать в табличной форме (см. таблицу 9.1).

2 Горизонтальный угол измерен теодолитом шесть раз. Результаты измерений даны в таблице 9.2. Найти вероятнейшее значение угла (арифметическую середину); среднюю квадратическую погрешность одного измерения; среднюю квадратическую погрешность арифметической середины, предельную погрешность. Вычисления представить в табличной форме.

Недостающие значения шестого измерения угла задаются преподавателем.

Вычисления  $\delta^2$  представить в табличной форме.

Таблица 9.2 – Вычисление величин  $\delta$ ,  $\delta^2$

Номер измерения	Результат измерения угла			Вероятнейшая погрешность $\delta$	$\delta^2$
	°	'	"		
1	29	15	30		
2	29	15	20		
3	29	15	40		
4	29	16	00		
5	29	15	50		
6	...	...	...		
Сумма					

3 Средняя квадратическая погрешность измерения угла одним приемом равна 30". Сколькими приемами следует измерить угол, чтобы его значение было определено со средней квадратической погрешностью не более ... .



В отчете по лабораторной работе должны быть приведены вычисления указанных средних квадратических погрешностей.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Как вычисляют среднюю квадратическую погрешность отдельных измерений?
- 2 Как вычисляют предельную погрешность?
- 3 Как вычисляют среднюю квадратическую погрешность арифметической середины?

## **10 Вынос в натуру горизонтальных углов**

**Цель работы:** изучить методику выноса в натуру проектного угла.

Проектный угол на местность выносят от твердых сторон (теодолитного хода, красной линии, строительной сетки) вправо  $\beta_{пр}$  или влево  $\beta_{лев}$ .

Для построения проектного угла вправо  $\beta_{пр}$  теодолит приводят в рабочее положение в вершине угла, точка  $O$  (рисунок 10.1). Устанавливают по горизонтальному кругу отсчет, равный  $0^{\circ}00'$ . Открепляют закрепительный винт лимба и визируют на знак в точке  $A$ . Закрепляют лимб, открепляют закрепительный винт алидады и устанавливают отсчет, равный  $\beta_{пр}$ .

По направлению визирной оси на заданном расстоянии выставляют шпильку перемещения ее до совмещения с вертикальной нитью сетки. Полученное направление закрепляют точкой  $B_1$ . Переводят зрительную трубу через зенит и повторяют ранее перечисленные действия при другом положении вертикального круга. Полученное новое направление закрепляют точкой  $B_2$ . Если направления не совпадут, то искомым будет направление на точку  $B$ , которая занимает среднее положение между точками  $B_1$  и  $B_2$ . Построение угла обязательно контролируют. Для этого его измеряют полным приемом. Разность между измеренным и проектным значениями угла не должна превышать двойной точности отсчета.

Для построения проектного угла влево  $\beta_{лев}$  теодолит устанавливают в рабочее положение в точке  $O$  (рисунок 10.2). Устанавливают по горизонтальному кругу отсчет, равный  $\beta_{лев}$ . Открепляют закрепительный винт лимба и визируют на знак в точке  $B$ . Закрепляют лимб. Открепляют закрепительный винт алидады и устанавливают отсчет, равный  $0^{\circ}00'$ . По направлению визирной оси на заданном расстоянии выставляют знак, получают точку  $C_1$ . Затем повторяют действия при другом положении вертикального круга и получают точку  $C_2$ . Находят среднее положение направления, точку  $C$ . Построенный угол контролируют, измеряя его полным приемом.

В отчете по лабораторной работе должны быть представлены: значение проектного угла (задает преподаватель); схема построения проектного горизонтального угла; журнал измерения построенного горизонтального угла.

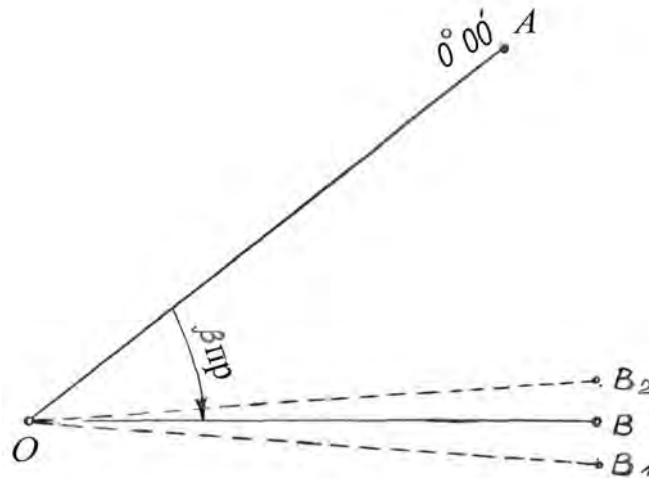


Рисунок 10.1 – Схема построения проектного угла вправо от твердой стороны

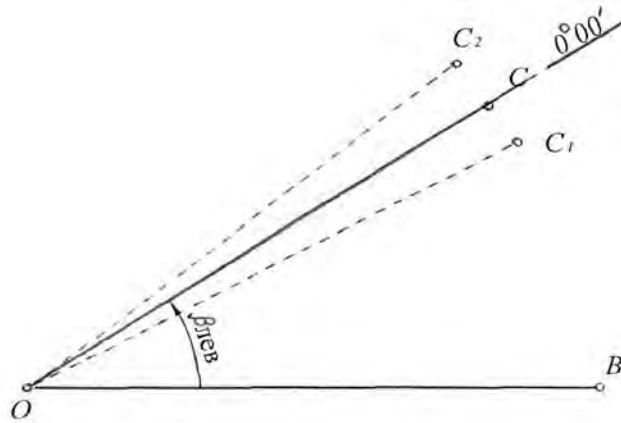


Рисунок 10.2 – Схема построения проектного угла влево от твердой стороны

### **Контрольные вопросы**

- 1 Как построить на местности проектный угол вправо от твердой стороны?
- 2 Как построить на местности проектный угол влево от твердой стороны?

## 11 Вынос в натуру проектных отметок

**Цель работы:** научиться выносить в натуру проектные отметки.

При геодезическом обслуживании строительства необходимо выносить на местность точки с заданной проектом отметкой. Проектные отметки выносят в натуру от ближайших рабочих реперов.

Устанавливают нивелир посередине между репером и выносимой точкой (рисунок 11.1), проектная отметка  $H_{Пр}$  которой задана. Устанавливают рейку на репер. Наводят на нее зрительную трубу. Элевационным винтом устанавливают пузырек уровня на середину и снимают отсчет по рейке  $a$ . Затем вычисляют горизонт прибора:

$$ГП = H_{Рн} + a,$$

где  $H_{Рн}$  – отметка репера, м.

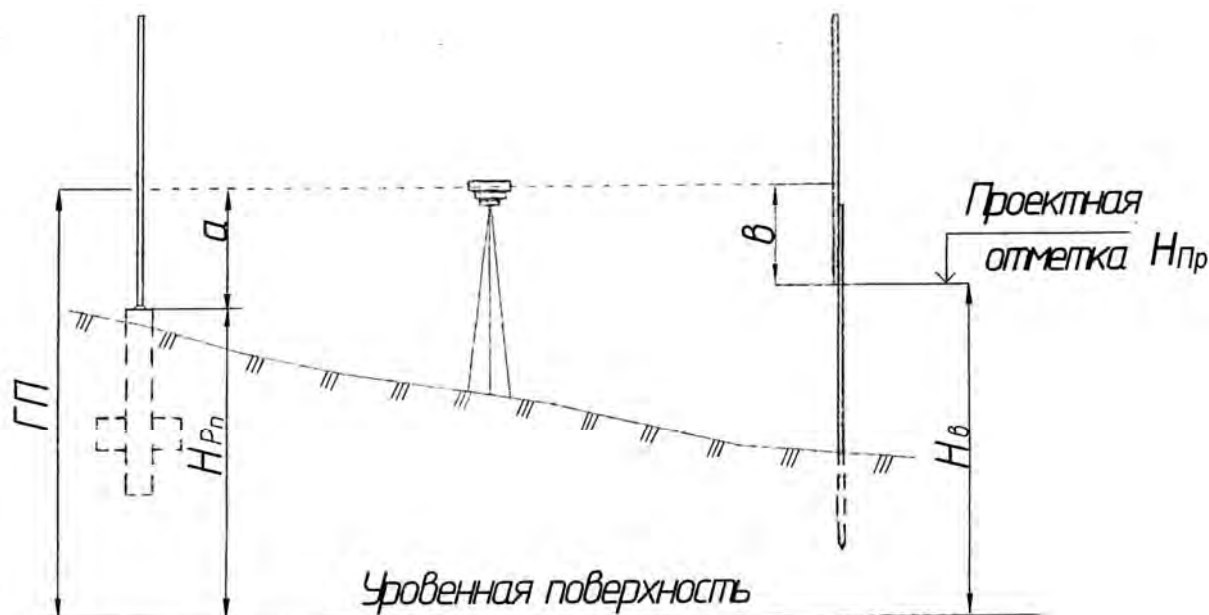


Рисунок 11.1 – Вынос в натуру проектной отметки

Вычисляют отсчет по рейке  $в$ , необходимый для вынесения в натуру проектной отметки:

$$в = ГП - H_{Пр} .$$

Устанавливают рейку в месте выноса проектной отметки  $H_{Пр}$ . Наводят зрительную трубу на рейку. Элевационным винтом приводят пузырек уровня на середину и, перемещая рейку вверх или вниз, устанавливают ее на отсчет, равный  $в$ . В этот момент пятка рейки будет находиться на проектной отметке. Фиксируют ее. Если отметка выносится на стену здания, под пяткой

рейки карандашом проводят риску. Затем ее открашивают. На столбе забивают гвоздь. Отметку можно зафиксировать колом так, чтобы его верхний срез находился на проектной высоте. Для повышения точности в кол заворачивают шуруп до уровня проектной отметки. Ошибка фиксирования проектной точки при закреплении ее колом составляет 3...5 мм, при использовании шурупов – 1 мм.

Для контроля вынесенную в натуру точку нивелируют и определяют ее фактическую отметку, которую сравнивают с проектной. Для этого, изменив высоту прибора, определяют превышение  $h$  между репером и вынесенной точкой. Затем вычисляют отметку:

$$H_B = H_{Pn} + h.$$

Эта отметка  $H_B$  должна равняться проектной отметке  $H_{Pr}$ . При обнаружении недопустимых отклонений работу повторяют.

Для передачи проектных отметок точек, расположенных в одной вертикальной плоскости (на стенах, колоннах), можно отметить на этой плоскости горизонт прибора. Отмеряя рулеткой вверх или вниз от этой линии соответствующее превышение, фиксируют ту или иную проектную отметку.

В отчете по лабораторной работе должны быть представлены: схема выноса в натуру проектной отметки; отсчеты и расчеты для выноса отметки; определение фактической отметки вынесенной точки.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Как вынести на местность проектную отметку?
- 2 Как выполняется контроль выноса в натуру проектной отметки?

### **Список литературы**

- 1 Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – Москва: Недра, 1989. – 286 с.

