

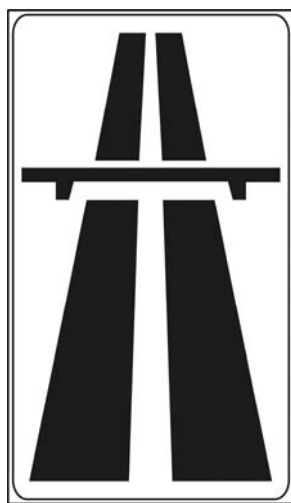
МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильные дороги»

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

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

Часть 2



Могилев 2023

УДК 528.48
ББК 26.1
И62

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Автомобильные дороги» «29» марта 2023 г.,
протокол № 8

Составители: ст. преподаватель О. И. Бродова;
ст. преподаватель Н. В. Курочкин

Рецензент С. В. Данилов

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.

Учебное издание

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Часть 2

Ответственный за выпуск	А. М. Брановицкий
Корректор	И. В. Голубцова
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 36 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, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2023

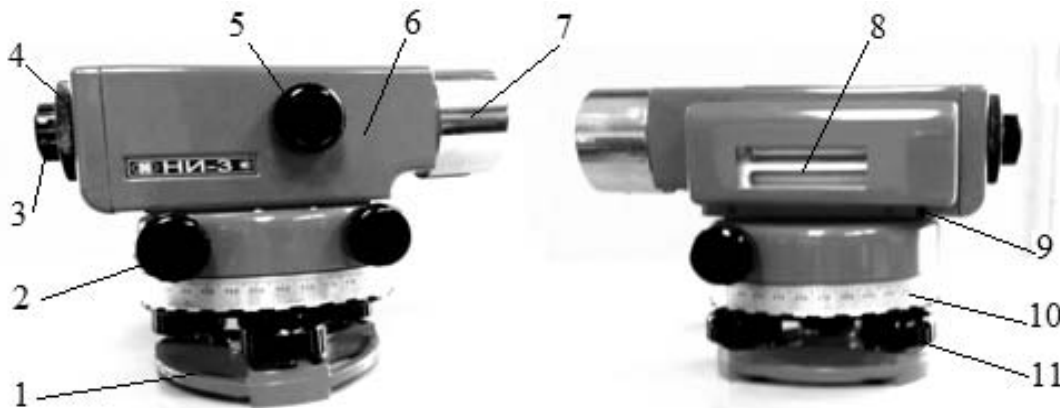
Содержание

1 Устройство нивелира. Определение превышений между точками. Поверки нивелира.....	4
2 Составление пикетажного журнала	9
3 Составление ведомости углов поворота, прямых и кривых.....	13
4 Построение плана трассы автомобильной дороги	13
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 изображе- нием рельефа.....	25
8 Определение прямоугольных координат свободной станции электронного тахеометра.....	30
9 Обработка и оценка точности геодезических измерений.....	43
10 Вынос в натуру горизонтальных углов.....	45
11 Вынос в натуру проектных отметок	47

1 Устройство нивелира. Определение превышений между точками. Поверки нивелира

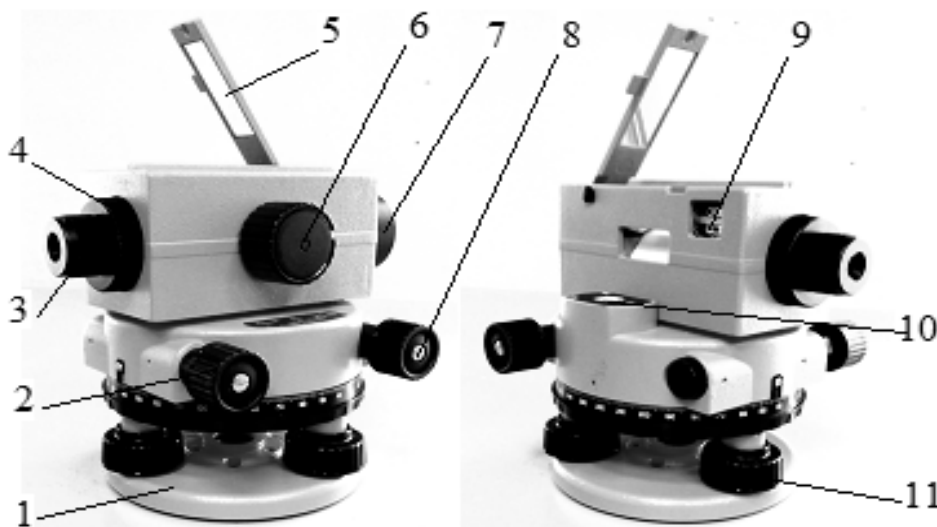
Цель работы: изучить устройство нивелира и научиться делать отсчеты по нивелирным рейкам, определять превышения между точками, выполнять поверки нивелира.

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.

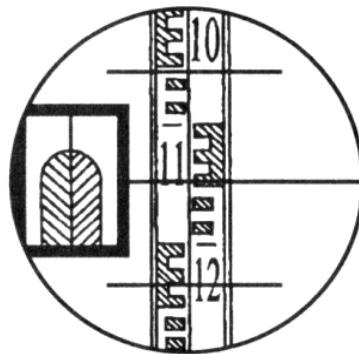


Рисунок 1.3 – Отсчет по нивелирной рейке

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_р) более чем на 5 мм.

В лаборатории установлены нивелирные рейки с разностью нулей РО_р, 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. Выполняют нивелирование способом из середины. Реечники устанавливают нивелирные

рейки на верхние срезы кольшков, 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.

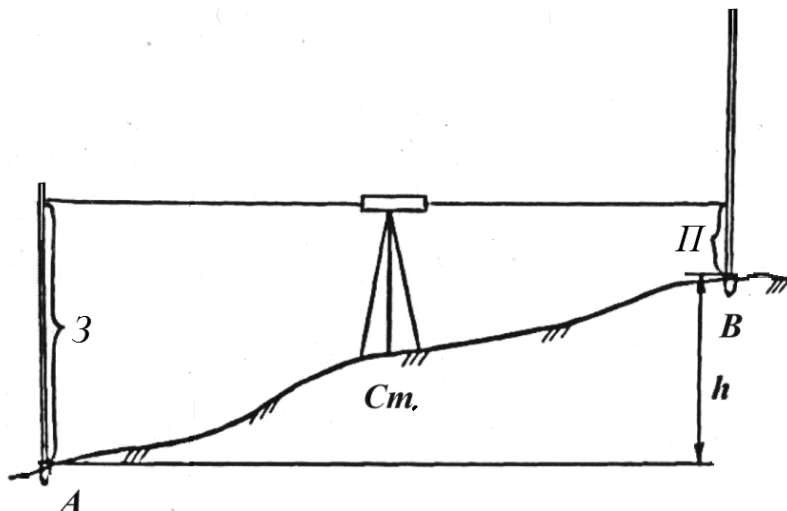


Рисунок 1.4 – Схема определения превышения на станции

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_c и красным $h_{кр}$ сторонам реек. Разность этих превышений не должна превышать 5 мм.

$$|h_c - h_{кр}| \leq 5 \text{ мм.}$$

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 проверки 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° . Если пузырек остался в центре, то проверка выполняется. При смещении пузырька вращением исправительных винтов при уровне перемещают его на половину отклонения. После этого нивелир приводят в рабочее положение и вновь повторяют проверку.

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.

Проверка главного геометрического условия нивелира. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы. Проверку 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 Δ_1 . Правильное превышение между точками А и В

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

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 Δ_0 , ею можно пренебречь. Тогда правильный отсчет по дальней рейке должен быть

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

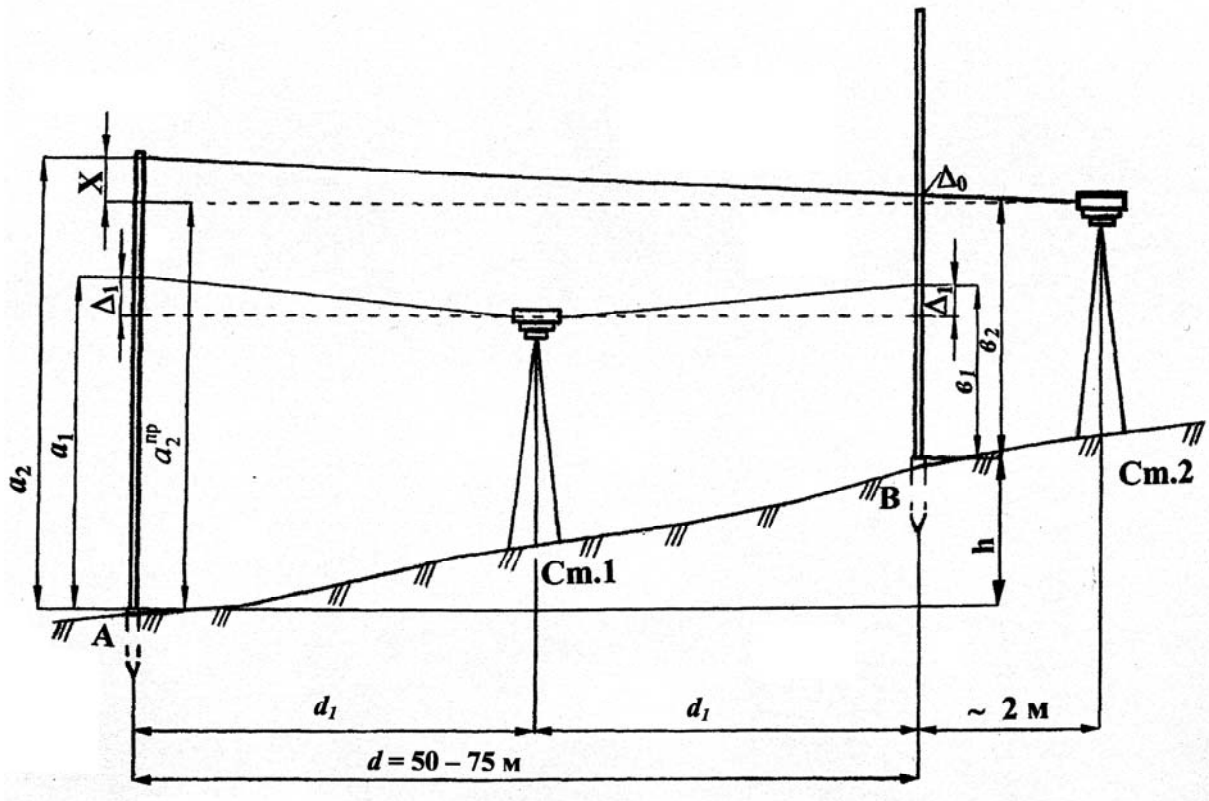


Рисунок 1.5 – Схема проверки главного условия нивелира

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. Проверку 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 проверок 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 поверку круглого уровня?
- 4 Как выполняют поверку 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°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).

Основные элементы закругления по круговой кривой (тангенс T , кривая K , биссектриса B , домер D) в соответствии с рисунком 2.2 вычисляют по формулам

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad (2.1)$$

$$B = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1 \right); \quad (2.2)$$

$$K = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{180}; \quad (2.3)$$

$$D = 2T - K. \quad (2.4)$$

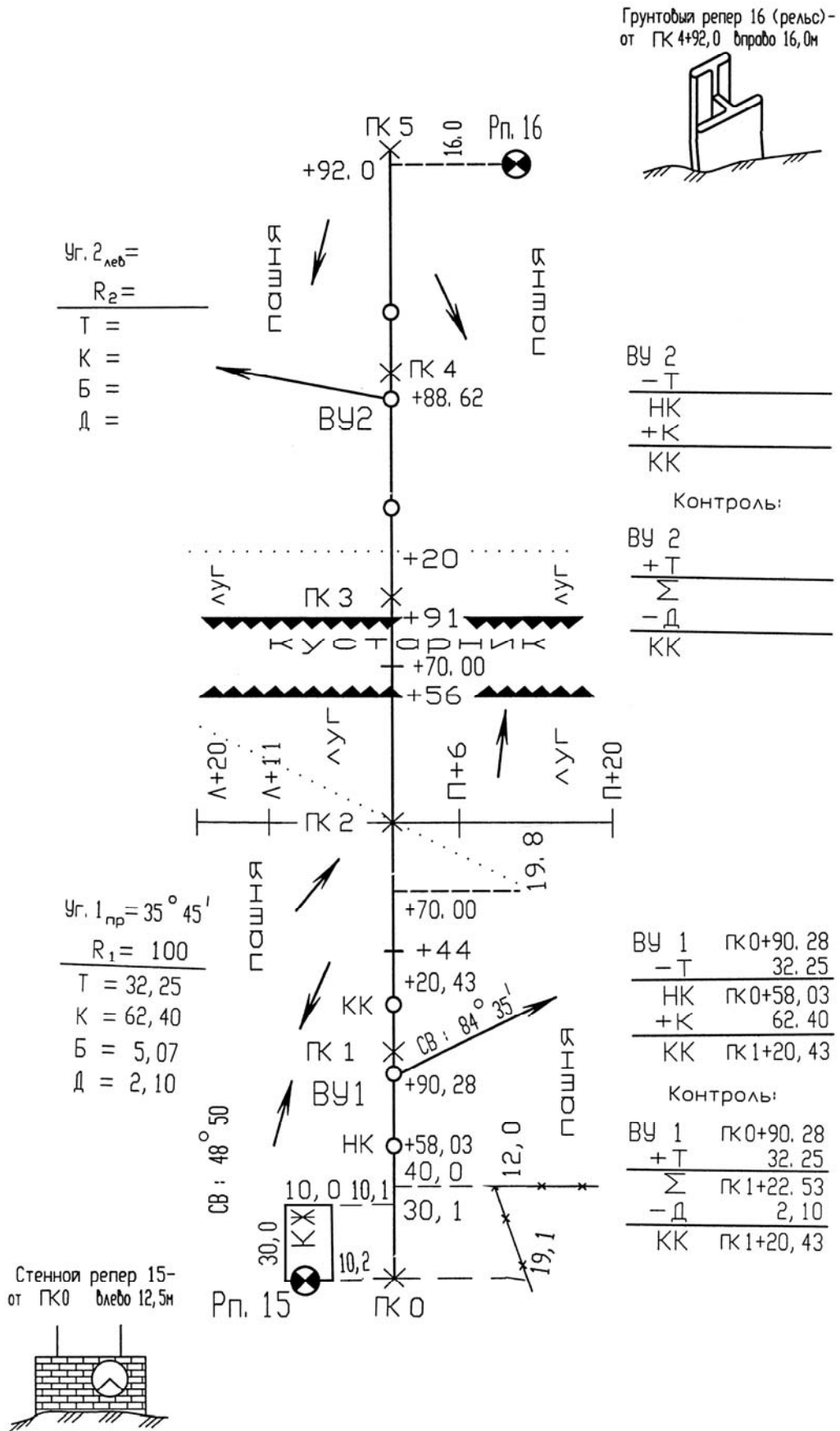


Рисунок 2.1 – Пикетажный журнал

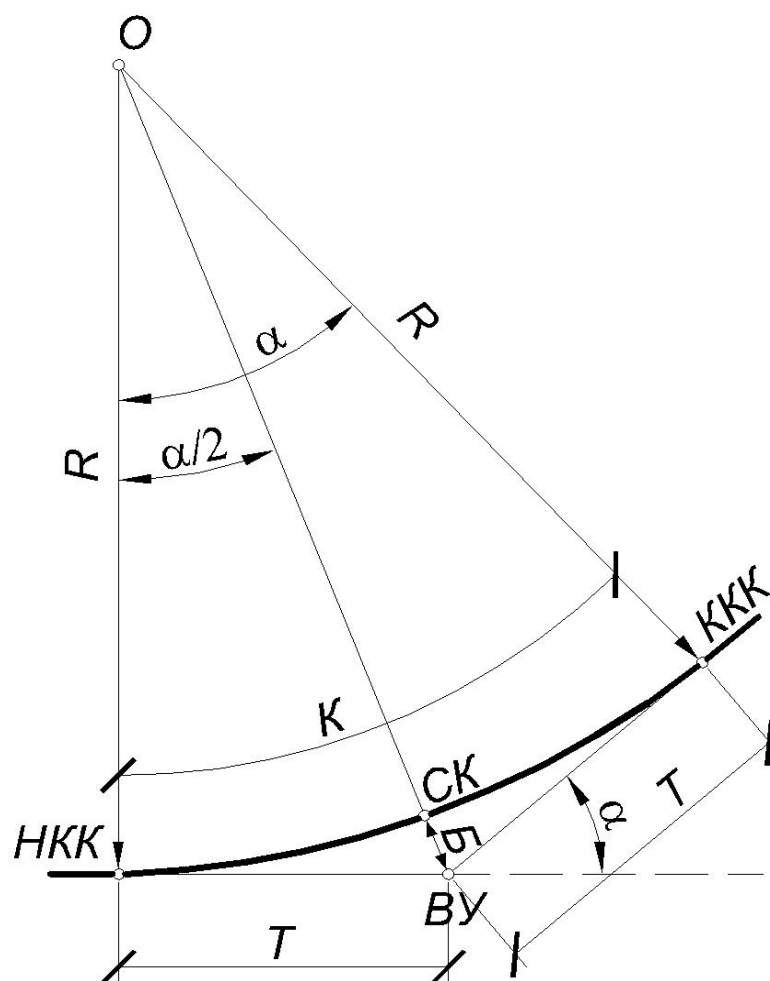


Рисунок 2.2 – Схема закругления по круговой кривой

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.

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. Скатy 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 должны быть представлены 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, 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

$$\alpha_n - \alpha_0 = \sum \text{УП} - \sum \text{УЛ}; \quad 2\sum T - \sum K = \sum D; \quad \sum P + \sum K = \sum S - \sum D,$$

где α_n α_0 – дирекционные углы конечного и начального направлений трассы соответственно, град.

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?

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.

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	ПК +	12	13	14	
НТ			0 + 00										
ВУ1		35°45'	0 + 90,28	100	32,25	62,40	5,07	2,10	0 + 58,03	58,03	90,28	$\frac{48^{\circ}50'}{СВ:48^{\circ}50'}$	
ВУ2	...		3 + 88,62	...	...	...	...	...	...	...	...	...
КТ			5 + 00									...	
Сумма	...	...		...	...	...	...	...	...	...	...	...

Контроль

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

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

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.

Масштаб плана трассы обычно назначают равным 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 съёмки 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.

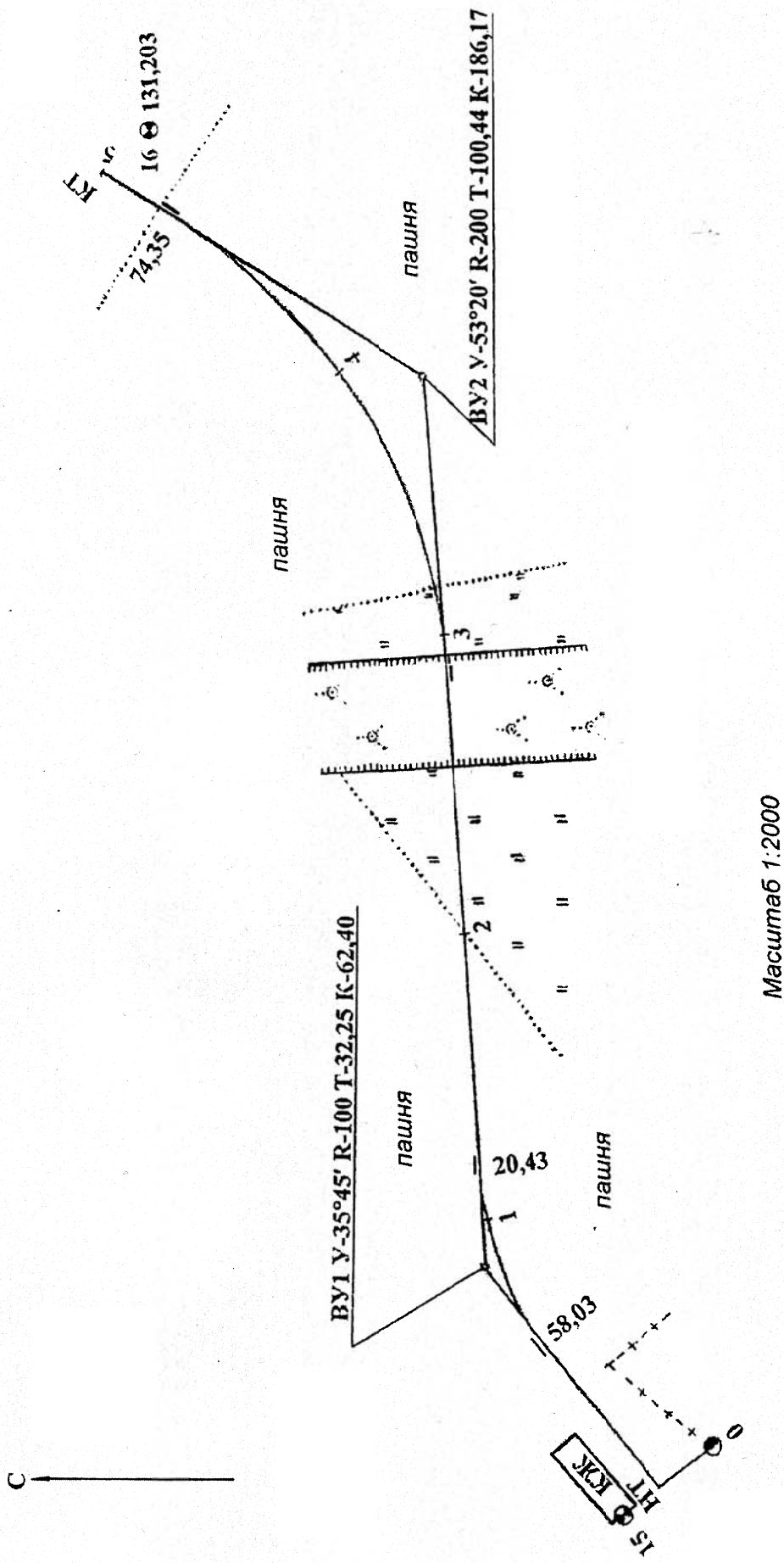
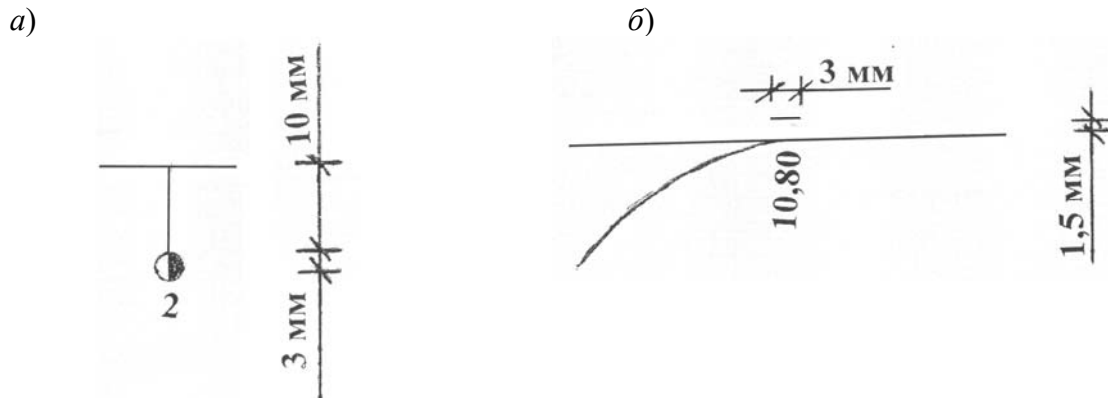


Рисунок 4.1 – План трассы дороги

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 (не обязательно 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	Отсчеты 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

$$\frac{\sum Z - \sum П}{2} = \frac{\sum h}{2} = \sum h_{cp}.$$

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.

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 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 прибора (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.

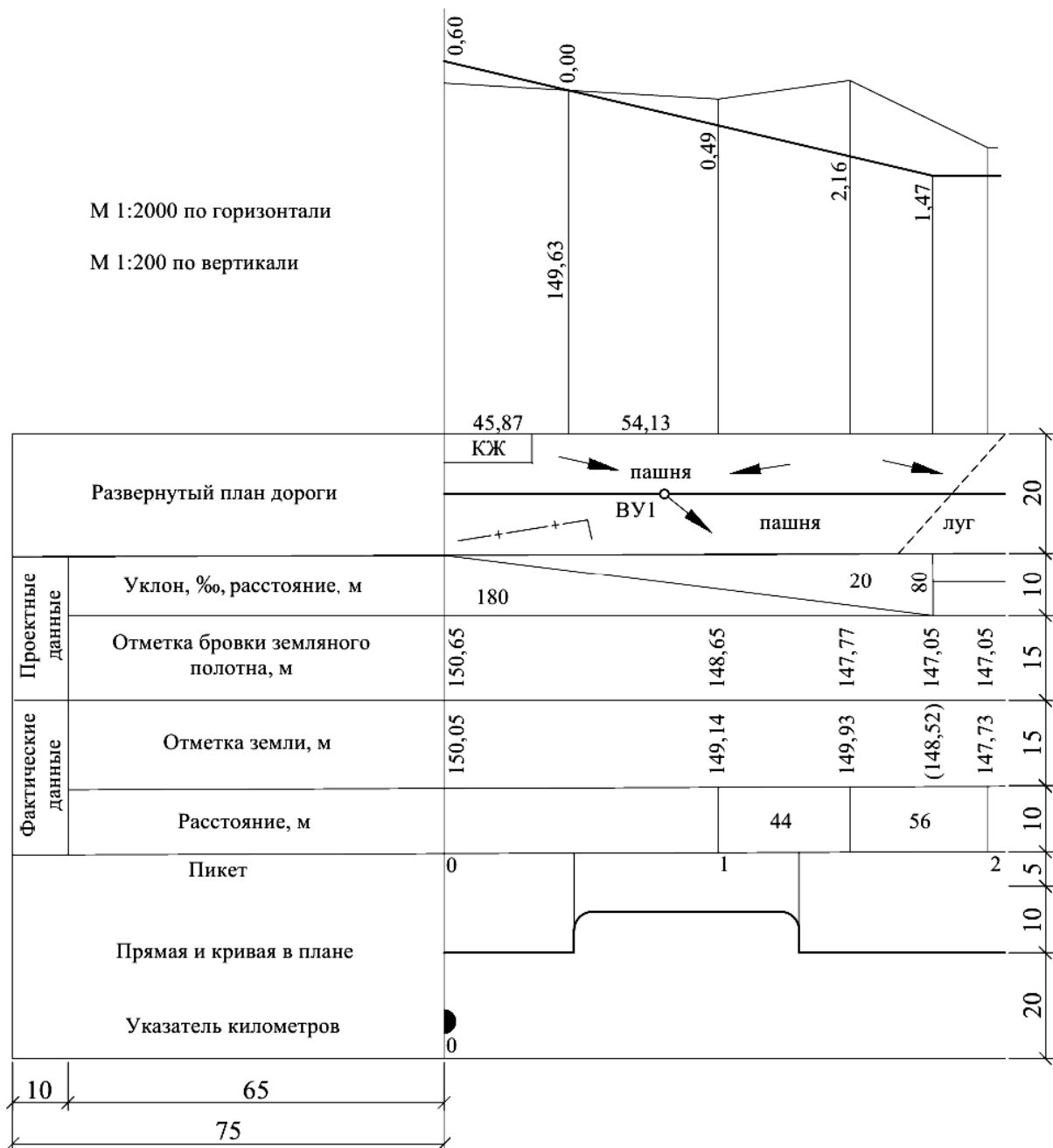


Рисунок 6.1 – Продольный профиль

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

По отметкам поверхности земли строят линию продольного профиля. Для этого от верхней линии таблицы, которая является линией условного горизонта, в масштабе 1:200 на перпендикулярах откладывают отметки всех точек. Отметку условного горизонта назначают так, чтобы самая низкая точка

профиля была выше условного горизонта. В таком случае откладывают не полную величину отметок, а их остаток от условного горизонта.

Полученные точки соединяют прямыми тонкими линиями и получают продольный профиль поверхности земли по оси дороги. От точек переломов линии продольного профиля проводят линии ординат.

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 ПК 0 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

$$H_{\text{Пвыч}} = H_{\text{П}} + i \cdot d,$$

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

$H_{\text{П}}$ – 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

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

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

h_{p1}, h_{p2} – рабочие отметки на этих же точках профиля, м;

l – горизонтальное расстояние между теми же ближайшими к точке нулевых работ точками профиля, м.

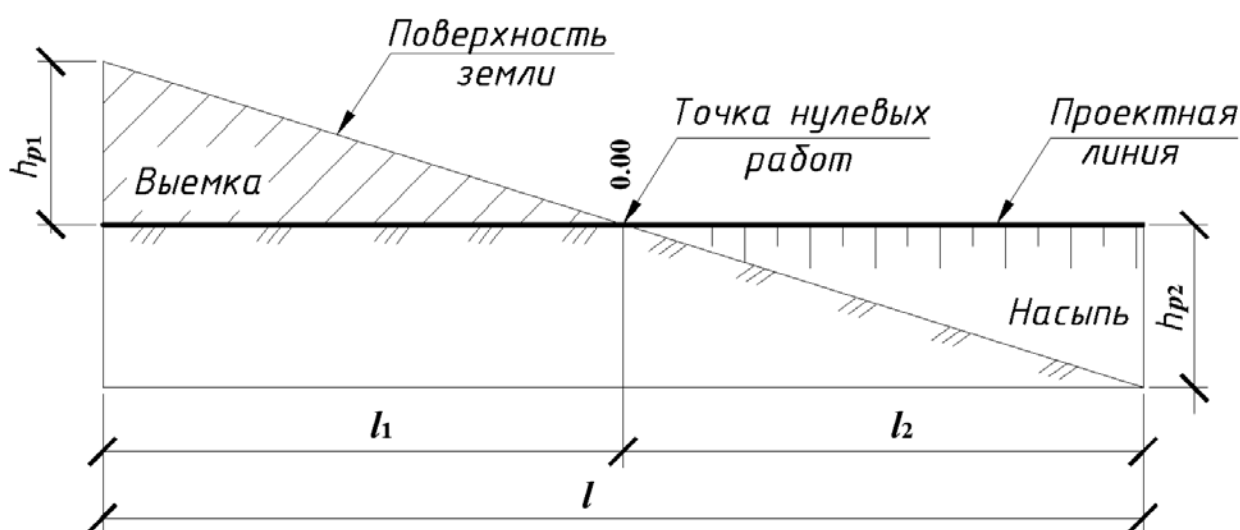


Рисунок 6.2 – Схема определения расстояний до точки нулевых работ

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 60×60 м, на котором разбита сетка квадратов. Сторона квадрата равна 20 м.

Студент получает у преподавателя индивидуальные исходные данные: отметку временного репера H_{A3} , отсчет на одну из промежуточных точек $v_{пром}$, величину уклона проектной плоскости i_0 и дирекционный угол направления этого уклона α_0 . Остальные данные принимаются по журналу нивелирования (таблица 7.1).

Временный репер устроен на вершине А3 сетки квадратов. Его отметку H_{A3} 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:

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

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

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

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

При правильных вычислениях выполняется тождество

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

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

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

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							
	A3	2213						152,363	150,150	Вр. репер	
		6915									
1	A1			0110					152,253		
	B1			0150					...		
	B1			0090					...		
	Г1			1130					...		
	A2			1013					...		
	B2			1315					...		
	B2			1527					...		
	Г2			2240					...		
	B3			2235					...		
	Г3			3000					...		
	B3		2505		-0292				149,853		
			7205		-0290	-6	-0297				
	B3	0791						...	149,853		
		5493									
2	A4			1415					...		
	B4			1373					...		
	B4			1940					...		
	Г4			2315					...		
	A3		0488		...				...	Вр. репер
			5190		...	...	...	...	...
	Постраничный контроль	15412	...		...		...	...	...
				

$$f_h = \Sigma h_{cp} = \dots; \quad f_{h_{пред}} = 10\sqrt{n} = 10\sqrt{2} = \dots$$

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.

Общая сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком.

Зная отметку H_{A3} 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 $h_{испр\ i+1}$:

$$H_{i+1} = H_i + h_{испр\ i+1}.$$

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 $H_{пром_i}$ равна горизонту прибора минус отсчет по рейке $v_{пром_i}$ в этой точке:

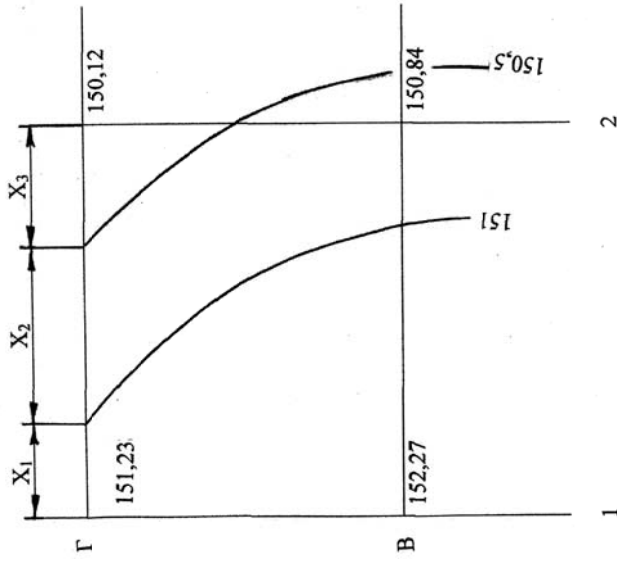
$$H_{пром_i} = ГП - v_{пром_i}.$$

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

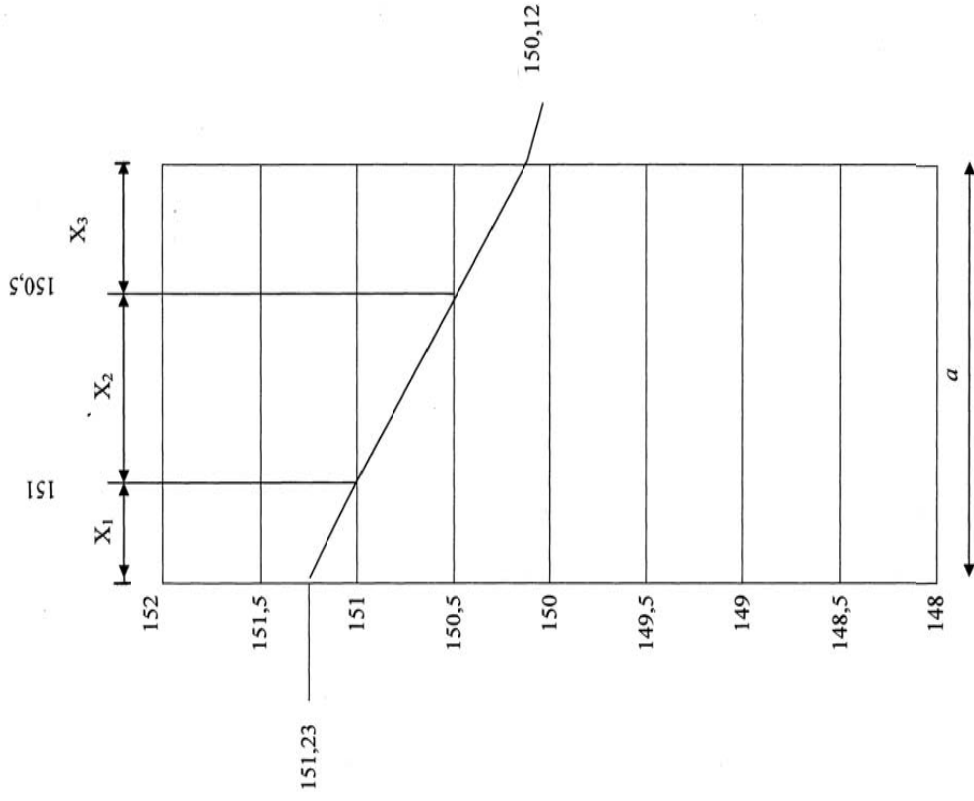
$$ГП = H + a.$$

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, а и 7.2). Используя отметки вершин, на плане проводят горизонтали. Точки прохождения горизонталей по сторонам квадратов находят графическим интерполированием.

a)

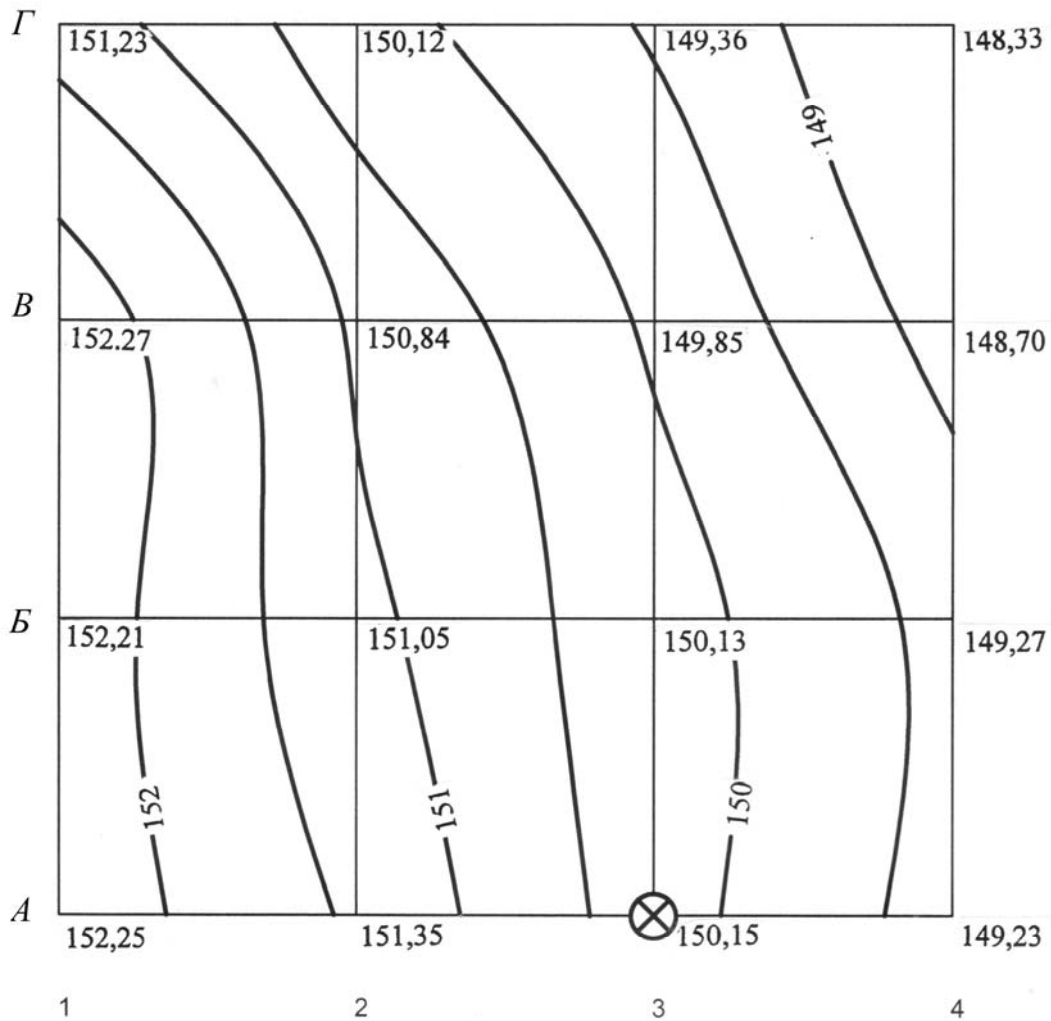


б)



a) – нанесение на сторону квадрата точек прохождения горизонталей; б) – определение расстояний до точек прохождения горизонталей через сторону квадрата

Рисунок 7.1 – Определение положения горизонталей на сторонах квадрата



Масштаб 1:500
Высота сечения рельефа 0,5 м

Рисунок 7.2 – План участка с изображением рельефа

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, а), 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 7.1, 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, а).

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

В отчете по лабораторной работе должны быть представлены 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.

8.1 Установка станции электронного тахеометра Trimble M3, Trimble M1

Установка станции – это определение координат станции и ориентирование тахеометра на точке стояния. Установка может быть выполнена на точке с известными координатами или на свободной станции с использованием обратной засечки. Если не удастся стать на точку с известными координатами, то выполняют *свободную установку станции*. Электронный тахеометр располагают в удобном для наблюдения места. Для определения координат свободной станции требуется как минимум две точки с известными координатами, а максимум может быть использовано 10 точек.

Рассмотрим установку свободной станции на примере электронного тахеометра *Trimble M3*.

На экране **Меню** выбирается **4. Съёмка**, а затем **1. Обр. засеч.** (рисунок 8.1).

Появляется экран **Высота СТПЦ** (рисунок 8.2) 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 – [F1] **с**.

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

Высоту прибора можно также выбрать из предварительно введенных значений ih, нажав [F3] **Стек**.

На следующем экране **Обр. засеч.** (рисунок 8.4) квадратами показано положение станции S и двух точек A и B, называемых задними. Задними являются точки, для которых известны прямоугольные координаты. Они служат для привязки станции, на которой установлен электронный тахеометр.

Вначале выполняют измерения на точку A. Для этого надо нажать клавишу [F1] **A**. Появится экран **Найти/ввести точку A** с запросом на ввод координат из внутренней памяти [F1] или с клавиатуры [F3]. Нажав [F3] **Ввод**, перехо-

дим к экрану «Ввод координаты». Вводим с клавиатуры или из стека координаты X, Y, Z точки A, нажимая [MEAS/ENT] или [F4] **OK**. После ввода координаты Z появляется экран **Задняя точка A** (рисунок 8.5).

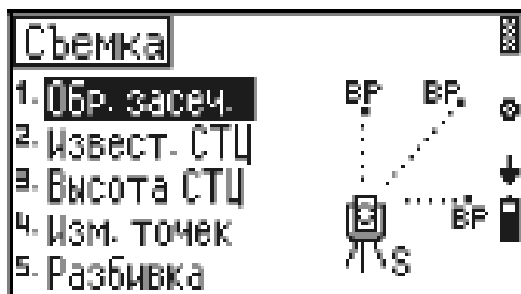


Рисунок 8.1 – Экран Меню

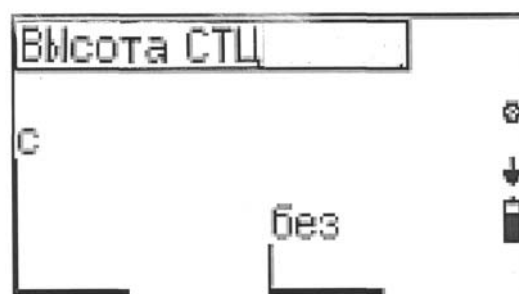


Рисунок 8.2 – Экран Высота СТС



Рисунок 8.3 – Экран Ввод ih



Рисунок 8.4 – Экран Обр. засеч.

Если необходимо установить или изменить высоту цели, которой является высота призмического отражателя, надо нажать [F2] **th**. После ввода высоты цели нажимают [MEAS/ENT]. Затем следует навестись на точку A и нажать [MEAS/ENT].

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



Рисунок 8.5 – Экран Задняя точка A

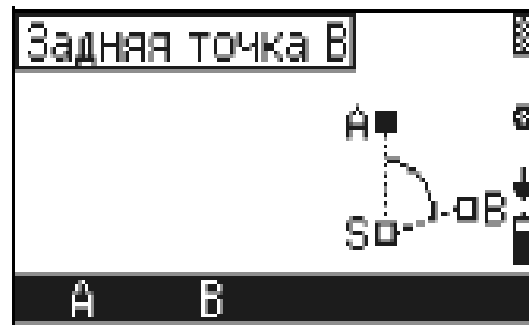
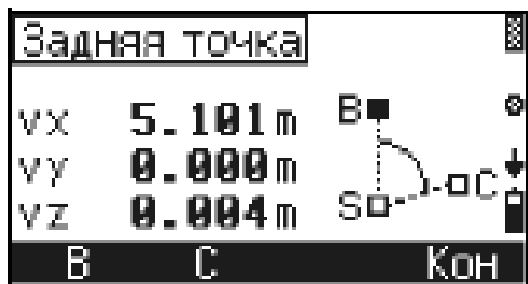


Рисунок 8.6 – Экран Задняя точка B

Теперь можно измерить точку B. Нажимается [F2] **B** и выполняются действия, аналогичные измерению точки A. Для завершения наблюдений нажимают [F4] **Кон** (рисунок 8.7).

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

Рисунок 8.7 – Экран **Задняя точка**Рисунок 8.8 – Экран **Задняя точка А**

Чтобы просмотреть разности, для следующей точки надо нажать [∇], для предыдущей – [\wedge]. По величине разностей ∇X ; ∇Y ; ∇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] **ОК**. Появится экран **Координаты станции** (рисунок 8.9), на котором приведены координаты X_s , Y_s , Z_s станции.

Чтобы принять вычисленные координаты станции, надо нажать [F4] **ОК**. Появится экран **Обр. засеч.** (рисунок 8.10), значения которого показывают, как хорошо вычислены координаты станции по точкам, использованным в обратной засечке.

Рисунок 8.9 – Экран **Координаты станции**Рисунок 8.10 – Экран **Обр. засеч.**

Если значение масштаба M близко к 1, то можно утверждать, что качество установки станции хорошее.

Подобным образом выполняется установка свободной станции электронного тахеометра **Trimble M1**. Отметим имеющиеся при этом особенности.

Предварительно должен быть открыт существующий или создан новый проект.

Для установки и ориентирования тахеометра нажимается клавиша 7 с функцией **STN**. Появляется экран (рисунок 8.11).

В меню **Установка станции** выбирают **Засечка**. Появляется экран **Введи ТЧ1** (рисунок 8.12).

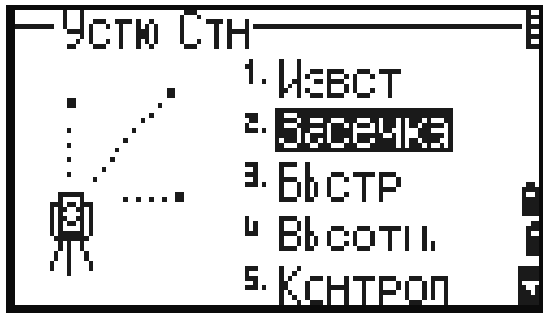


Рисунок 8.11 – Экран **Установка станции**

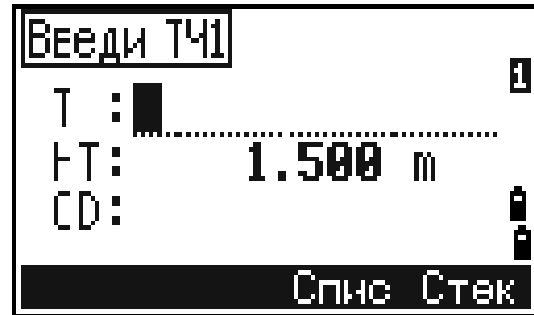


Рисунок 8.12 – Экран **Введи ТЧ1**

Вводят имя или номер первой наблюдаемой точки **ТЧ1**, нажимают **ENT** (нажимают **ENT** после ввода каждого поля). Если ввести номер точки из текущего проекта на экране, появятся координаты этой точки и курсор автоматически установится в поле высоты наведения **HT**. Вводят ее и нажимают **ENT**. Если вводится номер точки не имеющийся в проекте, то после нажатия **ENT** появляется экран ввода ее координат. Вводят их, нажимают **ENT**. Появляется экран **СТН** (рисунок 8.13).

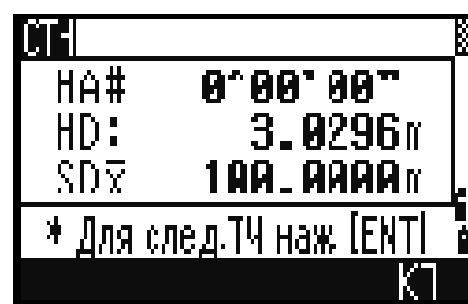
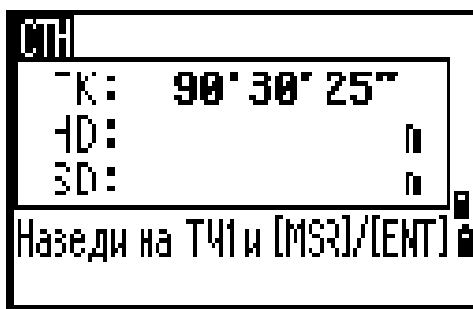
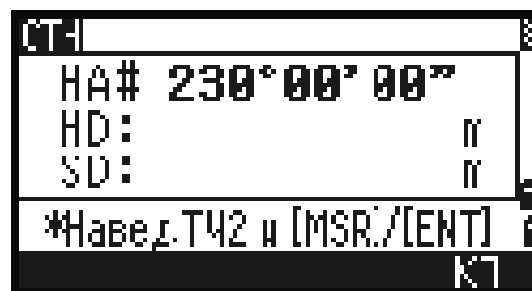
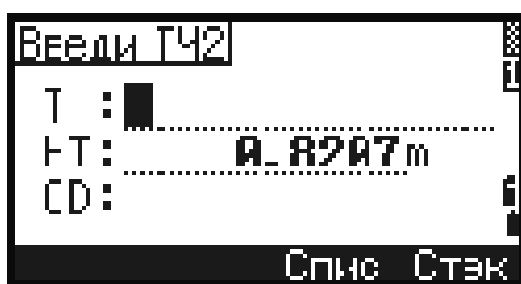


Рисунок 8.13 – Экран **СТН**

Визируют на **ТЧ1** и нажимают **MSR1** или **MSR2**, а затем **ENT**.

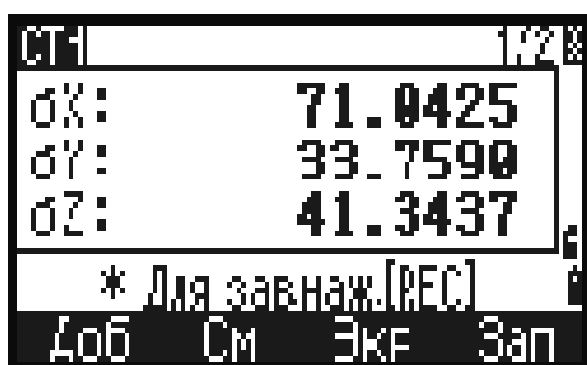
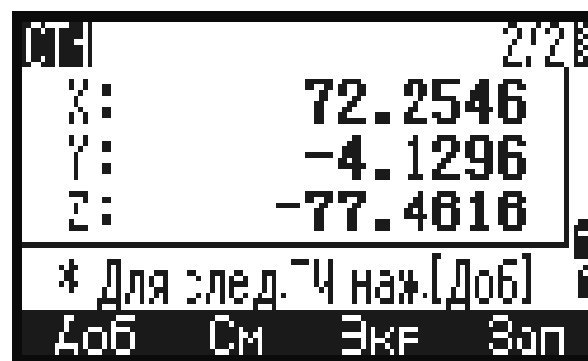
Вводится вторая точка **ТЧ2** и высота наведения **HT**. Визируют на нее, нажимают **MSR1**, **ENT** (рисунок 8.14).

Прибор вычисляет координаты станции, и на экране появляются стандартные отклонения (рисунок 8.15).

Рисунок 8.14 – Экран **Введи ТЧ2**

Для просмотра координат станции надо нажать программную кнопку **Экр.** В этом случае координата Z дает отметку станции, увеличенную на высоту прибора. Программную кнопку **См** используют для контроля измерений на каждой точке. Для увеличения точности результатов выполняются дополнительные измерения. Для этого нажимают программную кнопку **Доб.**

Если результаты удовлетворительные, нажимают программную кнопку **Зап** или **ENT** для записи станции (рисунок 8.16).

Рисунок 8.15 – Экран **СТН**Рисунок 8.16 – Экран **СТН**

После этого вводят высоту прибора **НІ**, выделяют строку с задней точкой и нажимают **ENT** (рисунок 8.17).

Появляется экран с записью установки станции (рисунок 8.18).

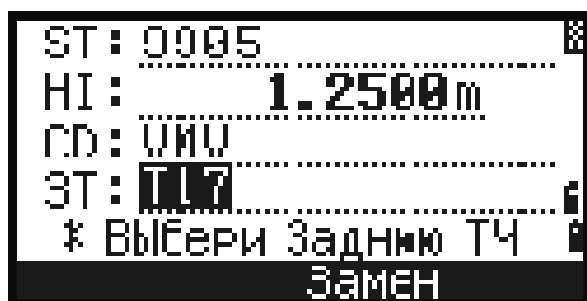
Рисунок 8.17 – Экран, на котором вводят высоту прибора **НІ**

Рисунок 8.18 – Экран с записью установки станции

Для просмотра записей координат используют **Данные** в экране **Меню**. Выбирают **X**, **Y**, **Z**. Появляется список использованных точек. Выделяется необходимая точка и нажимается **ENT**. Появляются ее координаты.

8.2 Установка станции электронного тахеометра Leica TS02, TS06, TS09

Рассмотрим установку свободной станции на примере электронного тахеометра Leica TS09. На экране **Меню** выбирается **Программы**, а затем **Съемка** и **Уст Станц** (рисунок 8.19).

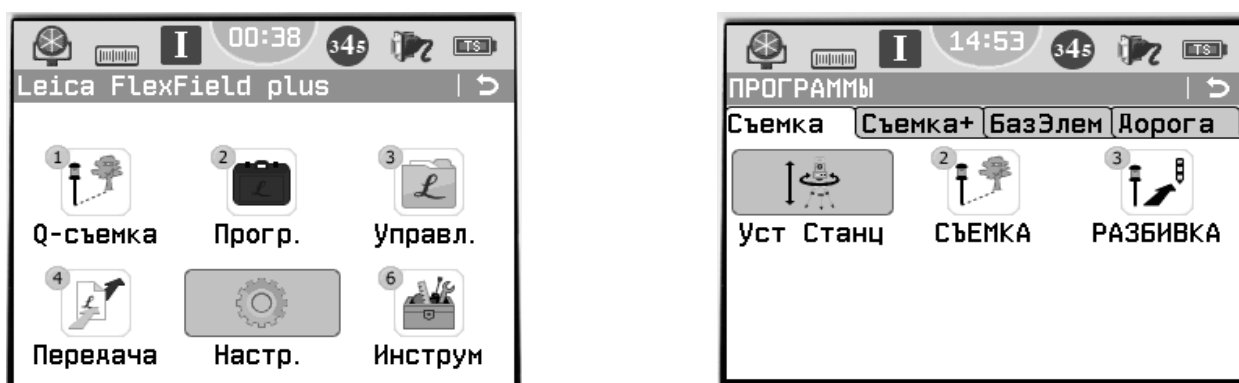


Рисунок 8.19 – Экран **Меню**

Появляется экран **Ввод данных о станции** (рисунок 8.20), на котором надо выбрать **Метод: Засечка** и ввести высоту прибора **h инст.** Затем нажимают **ДАЛЕЕ**.

На следующем экране **Введите точку ориентирования** надо нажать **XУН**, и появится экран **ВВОД КООРДИНАТ** (рисунок 8.21), на котором вводят номер точки и координаты **X**, **Y** и **H**. Затем нажимают **ДАЛЕЕ**.

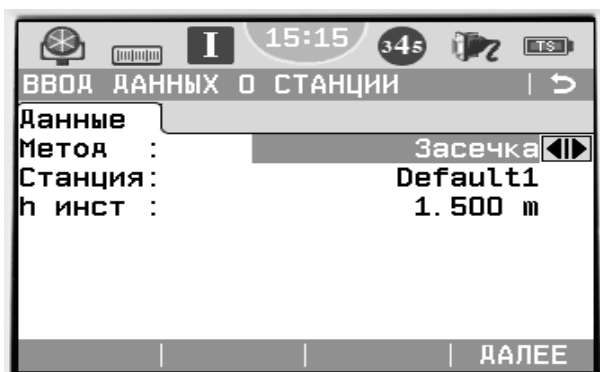


Рисунок 8.20 – Экран **Ввод данных о станции**



Рисунок 8.21 – Экран **Ввод координат**

Появится следующий экран **Наведите на точку**. Необходимо навестись на точку, выбрать **ВСЕ** или **РАССТ** и записать измерения. При нажатии клави-

ши **ВСЕ** производится запуск угловых и линейных измерений с сохранением результатов.

Далее появится экран **Результ. Установ. Станц.** (рисунок 8.22).

Выбирают **F1 измерить больше точек** и выполняют действия аналогичные измерению точки 1. Снова появится экран **Результ. Установ. Станц.**. Выбирают **F4 вычислить коорд. Станции**. Появляется экран **Результ. Установ. Станц.** (рисунок 8.23), на котором можно посмотреть координаты станции (таблица 8.1).

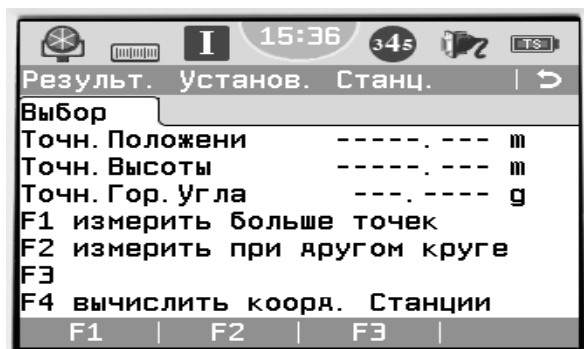


Рисунок 8.22 – Экран **Результ. Установ. Станц.**

Рисунок 8.23 – Экран **Результ. Установ. Станц. 1/2**

Затем нажимают **УСТ-КА**. Появляется сообщение «Станция установлена и ориентирована».

Таблица 8.1 – Координаты точек плановой сети

Точка сети	Прямоугольная координата, м	
	X	Y
1	0,000	3,570
2	0,066	0,000
3	1,691	0,000
4	3,179	0,000
5	4,738	0,000
6	5,450	3,596

8.3 Разбивка проектных точек сооружения электронными тахеометрами Trimble M3, Trimble M1

Рассмотрим детальную разбивку закругления автомобильной дороги электронным тахеометром **Trimble M3**. Перед работой на местности должны быть закреплены точки: начала кривой НК, середины кривой СК, конца кривой КК. Начало прямоугольных координат находится в точке НК. Ось X направлена к вершине угла поворота, ось Y по перпендикуляру внутрь кривой. Должны быть вычислены координаты выносимых точек $X_1, Y_1; X_2, Y_2; X_3, Y_3$ и т. д.

Устанавливают тахеометр Trimble M3 на свободной станции в точке S (рисунок 8.24). Закрепляют на предшествующем прямом направлении точки А и В и измеряют расстояния до них от НК. Местоположение электронного тахеометра и его ориентация определяются с помощью функции «обратная засечка».

Опорными являются точки НК, В, А. Их прямоугольные координаты

$$X_{НК} = 0; Y_{НК} = 0; X_B = -l_{ВНК}; Y_B = 0; X_A = -(l_{ВНК} + l_{ВА}); Y_A = 0.$$

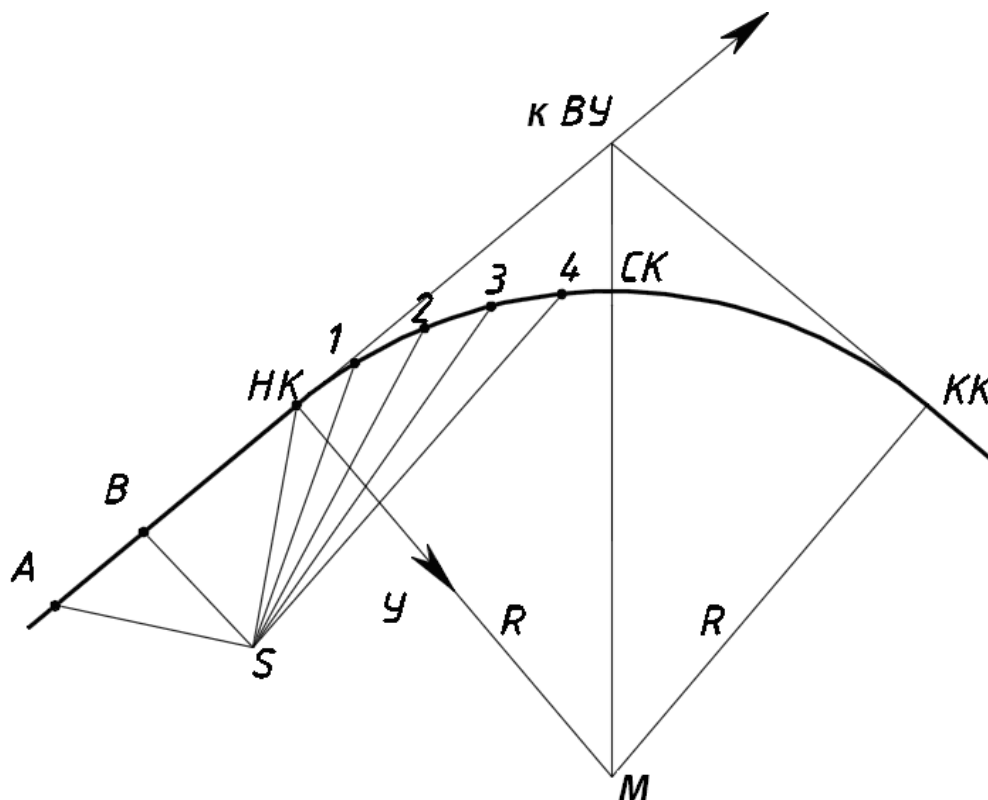


Рисунок 8.24 – Разбивка кривой со свободной станции

Зная прямоугольные координаты точек НК, А, В, измеряют электронным тахеометром прямоугольные координаты станции X_S, Y_S . Приступают к детальной разбивке кривой.

Обращаются в меню к функции **Разбивка** (рисунок 8.25).

Появляется экран **Разбивка**, на котором нажимаем **XУ** или **XУZ**, чтобы выполнить разбивку кривой по прямоугольным координатам (рисунок 8.26).

Последовательно появляются экраны, которые позволяют проверить координаты станции и дирекционный угол опорного направления на точку НК. Для их подтверждения нажимают **Да** (рисунок 8.27).

На следующем экране **Разбивка** (рисунок 8.28) нажимают **Ввод**. После этого вводят координаты первой разбиваемой точки X_1, Y_1 и нажимают **ОК** (рисунок 8.29).

Появляется экран **Разбивка**, на котором задается горизонтальное проложение до разбиваемой точки и дирекционный угол направления на эту точку. На этом же экране дается указание наблюдателю **ГК ---> 0** – повернуть зри-

тельную трубу до появления на экране отсчета по горизонтальному кругу $0^{\circ}00'$ (рисунок 8.30).

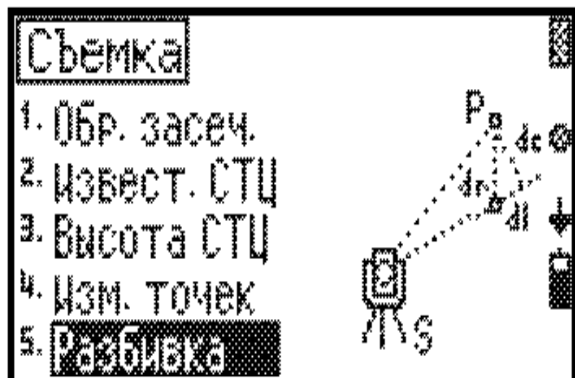


Рисунок 8.25 – Экран Съемка

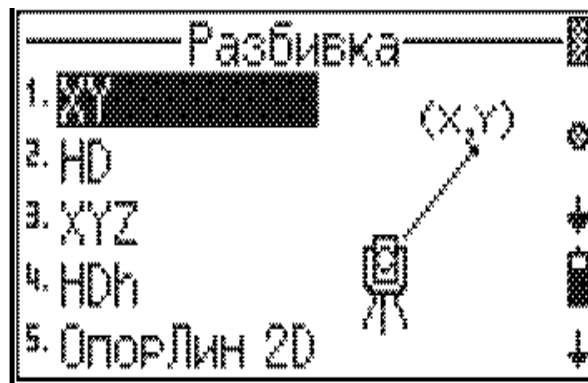


Рисунок 8.26 – Экран Разбивка

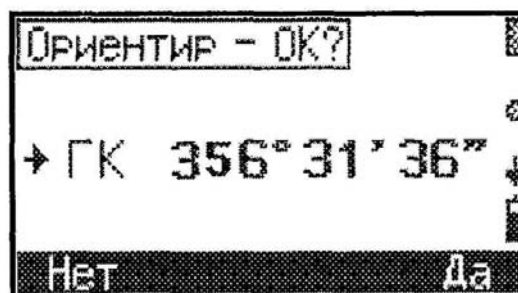
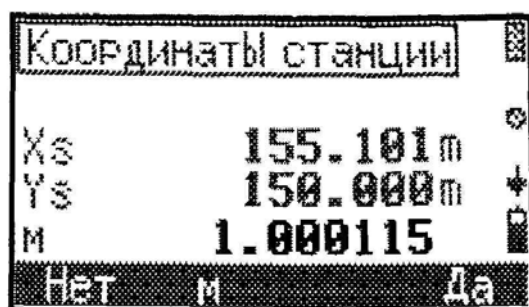


Рисунок 8.27 – Экраны Координаты станции и Ориентир – ОК

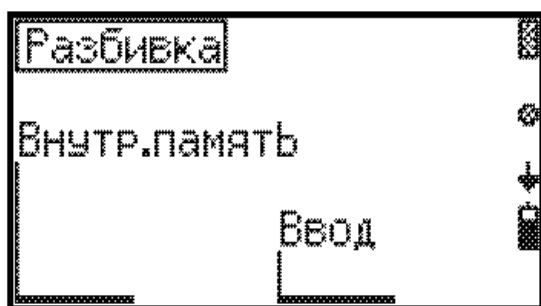


Рисунок 8.28 – Экран Разбивка



Рисунок 8.29 – Экран Ввести координаты

По полученному направлению на заданном расстоянии **HD** помощник устанавливает вежу с призмным отражателем. Таким образом, на местности получается точка 1 детальной разбивки кривой. Наблюдатель измеряет эту точку, наведясь на нее и нажимая клавишу **MEAS/ENT**. Появляется экран «Результаты разбивки», на котором показаны отклонения разбиваемой точки от ее точного положения (рисунок 8.31).



Рисунок 8.30 – Экран Разбивка

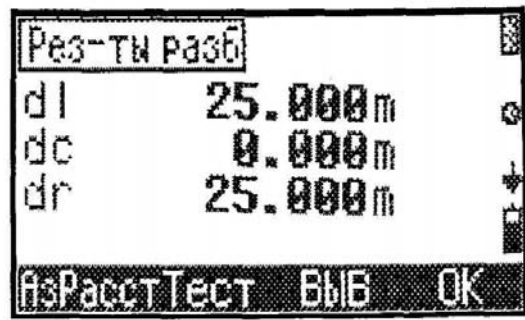


Рисунок 8.31 – Экран Рез-ты разб

На этом экране:

- **dl** – ошибка в откладываемом расстоянии **HD**, знак «плюс» означает, что в откладываемое расстояние надо добавить величину ошибки, переставить веху вперед, а знак «минус» – отнять ошибку, подвинуть веху к наблюдателю;
- **dc** – ошибка в поперечном положении точки. Знак «минус» означает, что веху надо переставить влево, а знак «плюс» – вправо;
- **dr** – суммарная ошибка между вычисленным положением разбиваемой точки и ее положением на местности.

Если результаты разбивки оказываются неудовлетворительными, веху с призмным отражателем переставляют, сообразуясь с приведенными отклонениями, и вновь измеряют точку 1, т. е. визируют на призму и нажимают **MEAS/ENT**.

Полученную на местности точку закрепляют.

Разбивают вторую и следующие точки, доходя до середины закругления. Затем разбивают вторую ветвь кривой НПК2–СК.

Подобным образом выполняется разбивка проектных точек электронным тахеометром **Trimble M1**. Рассмотрим имеющиеся при этом особенности.

Прежде всего, если это не было сделано ранее, открывают имеющийся или создают новый проект и устанавливают станцию.

Обращение к меню **Разбивка** выполняется клавишей $8 \begin{matrix} S-0 \\ DEF \end{matrix}$ с функцией **S-0**. Для выноса в натуру точки по координатам в меню разбивка выбирают **XYZ** (рисунок 8.32).

Открывается экран **Ввод Точки** (рисунок 8.33).

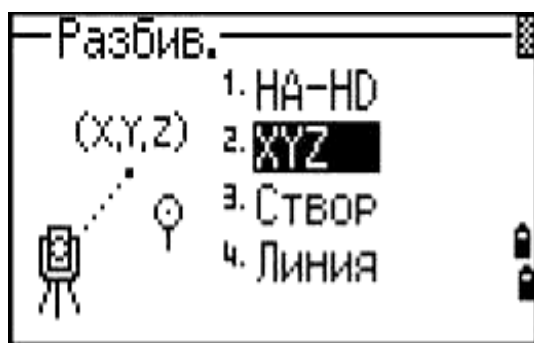


Рисунок 8.32 – Экран Разбив.



Рисунок 8.33 – Экран Ввод Точки

Вводят имя или номер точки, выносимой в натуру, нажимают **ENT**. Показываются ее координаты. Если точка отсутствует в памяти, появляется запрос на ввод координат. Вводят их и нажимают **ENT**. Выполняется запись точки. Затем получают экран с углом поворота **dHA** и расстоянием до точки **HD**. Поворачивают зрительную трубу, пока угловая величина **dHA** не будет равна нулю (рисунок 8.34).

По полученному направлению на расстоянии **HD** помощник устанавливает вежу с отражателем. Визируют на него и нажимают **MSR1**. Получают экран с результатами разбивки (рисунок 8.35).

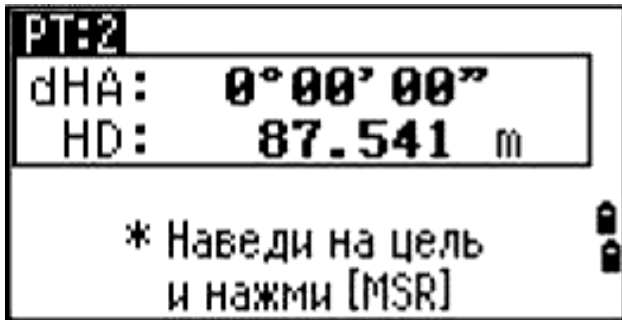


Рисунок 8.34 – Экран **PT:2** с углом поворота **dHA** и расстоянием до точки **HD**

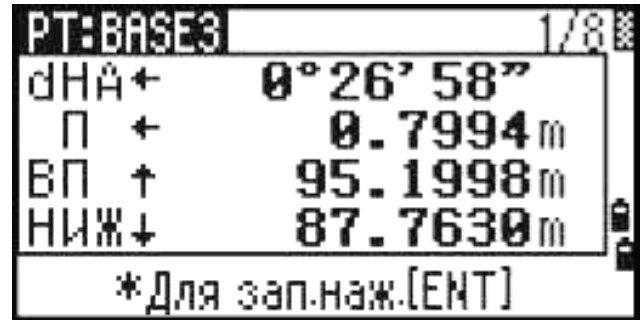


Рисунок 8.35 – Экран с результатами разбивки

На экране показываются ошибки между текущим положением отражателя и требуемой точкой разбивки: **dHA** – ошибка горизонтального угла, значение **П** или **Л** указывает величину смещения отражателя вправо или влево, **ВП** или **НАЗ** – смещение отражателя вперед или назад, **НИЖ** или **ВЫШ** – перемещение ниже или выше по высоте.

Переставляют вежу с отражателем в соответствии с полученными указаниями. Опять визируют на отражатель, нажимают **MSR1**, получают новый экран с результатами разбивки. При недостаточной точности действия продолжают.

Когда отражатель установится на разбиваемой точке, ошибки на экране будут равны нулю. Нажимают **ENT**, появляются координаты вынесенной точки. Нажимают **ENT**, производится запись результатов (рисунок 8.36).

Нажимают клавишу **ESC** для открытия экрана ввода новой точки.

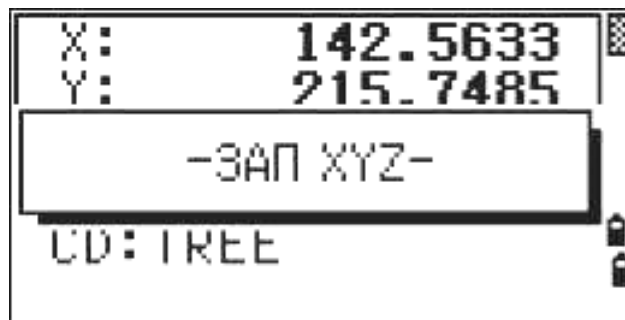


Рисунок 8.36 – Экран с записью результатов

8.4 Разбивка проектных точек сооружения электронными тахеометрами Leica TS02, Leica TS09

Для выполнения разбивки в главном меню обращаются к функции **Программы** (рисунок 8.37), а затем **Съемка** и **Разбивка** (рисунок 8.38).

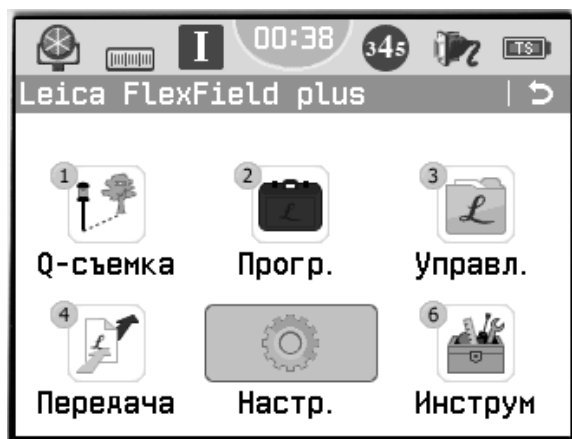


Рисунок 8.37 – Экран Главное меню

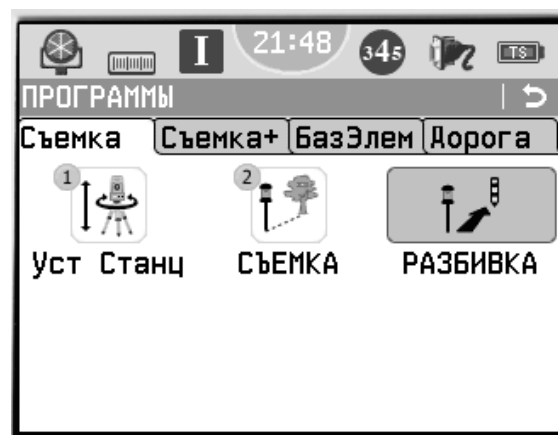


Рисунок 8.38 – Экран Программы

Открывается экран (рисунок 8.39). Выполняют настройки **Выбор проекта**, **Установка станции**, если они не были установлены ранее. Нажимая F4, производят запуск программы. Появляется экран (рисунок 8.40).

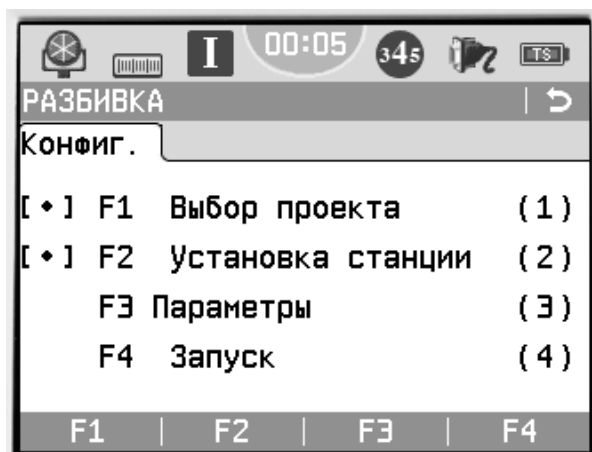


Рисунок 8.39 – Экран Разбивка

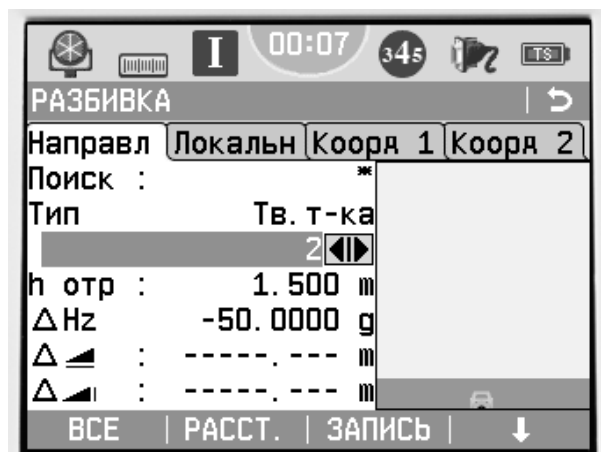


Рисунок 8.40 – Экран Разбивка (запуск программы)

В строке **Поиск** указывают номер точки. Выделив строку **Тип**, устанавливают индикацию выбранной точки **Тверд. т-ка** или **Измерен**. В следующей строке появляется номер разбиваемой точки и ниже – значения: высота отражателя $h_{отр}$, отклонение по углу Δ_{Hz} , горизонтальное отклонение Δ_{\leftarrow} , отклонение по высоте Δ_{\nearrow} . Отклонение по углу принимает знак «плюс», если проектное положение разбиваемой точки находится справа от установки отражателя. Горизонтальное отклонение имеет знак «плюс», если проектное положение точки

далее установки отражателя. Отклонение по высоте имеет знак «плюс», если проектное положение точки выше точки установки отражателя.

Поворачивают зрительную трубу, пока величина ΔH_z не станет равной нулю. По направлению линии визирования помощник на указанном расстоянии устанавливает вежу с призмным отражателем. Измеряют расстояние до точки, нажимая **РАССТ.** Получают новый экран, на котором стрелки показывают перемещения вежи к проектному положению точки: вправо или влево, вперед или назад, выше или ниже (рисунок 8.41).

Последовательной перестановкой вежи с отражателем добиваются проектного положения разбиваемой точки.

При отсутствии в проектах координат разбиваемых точек применяется их ручной ввод. Нажимают \downarrow для перехода к следующему уровню дисплейных клавиш, а затем **ВРУЧНУЮ** (рисунок 8.42), и открывается экран с **вводом координат цели** (рисунок 8.43).



Рисунок 8.41 – Экран **Разбивка**

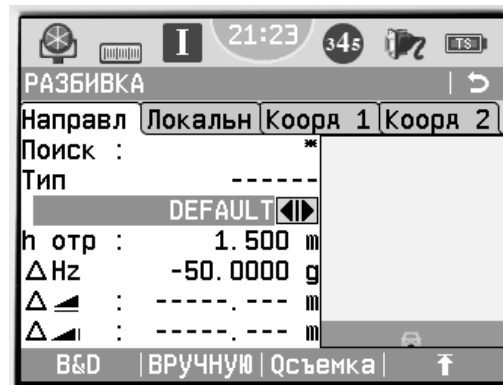


Рисунок 8.42 – Экран **Разбивка** (ручной ввод)

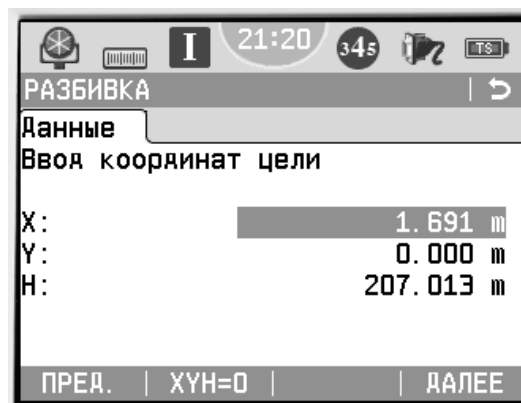


Рисунок 8.43 – Экран с **вводом координат цели**

Нажав **Коорд. 2** (см. рисунок 8.41), можно посмотреть фактические координаты вынесенной точки.

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

δ – 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 Δ , Δ^2

Номер измерения	Результат измерения, м	Истинная погрешность Δ	Δ^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 Δ^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 предоставить в табличной форме.

Таблица 9.2 – Вычисление величин δ , δ^2

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

Недостающие значения шестого измерения угла задаются преподавателем. Вычисления δ^2 предоставить в табличной форме.

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 β_{np} или влево $\beta_{лев}$.

Для построения проектного угла вправо β_{np} 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 β_{np} .

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 10.3).

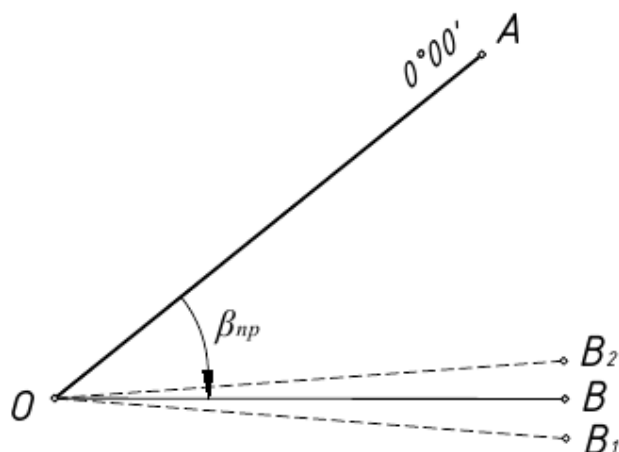


Рисунок 10.1 – Схема построения проектного угла вправо от твердой стороны

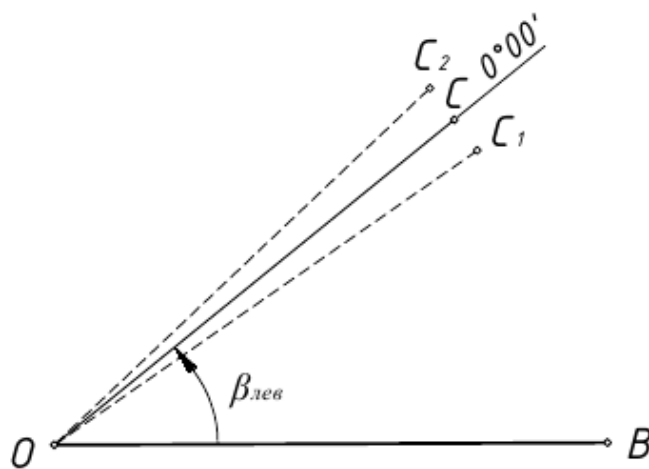


Рисунок 10.2 – Схема построения проектного угла влево от твердой стороны

Дата « _____ » 202 ____ г. Теодолит № _____

Станция	Точка визирования	Отсчет	Угол	Среднее значение угла
	В			
О				
	С			
	В			
О				
	С			

Рисунок 10.3 – Журнал измерения горизонтальных углов

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.

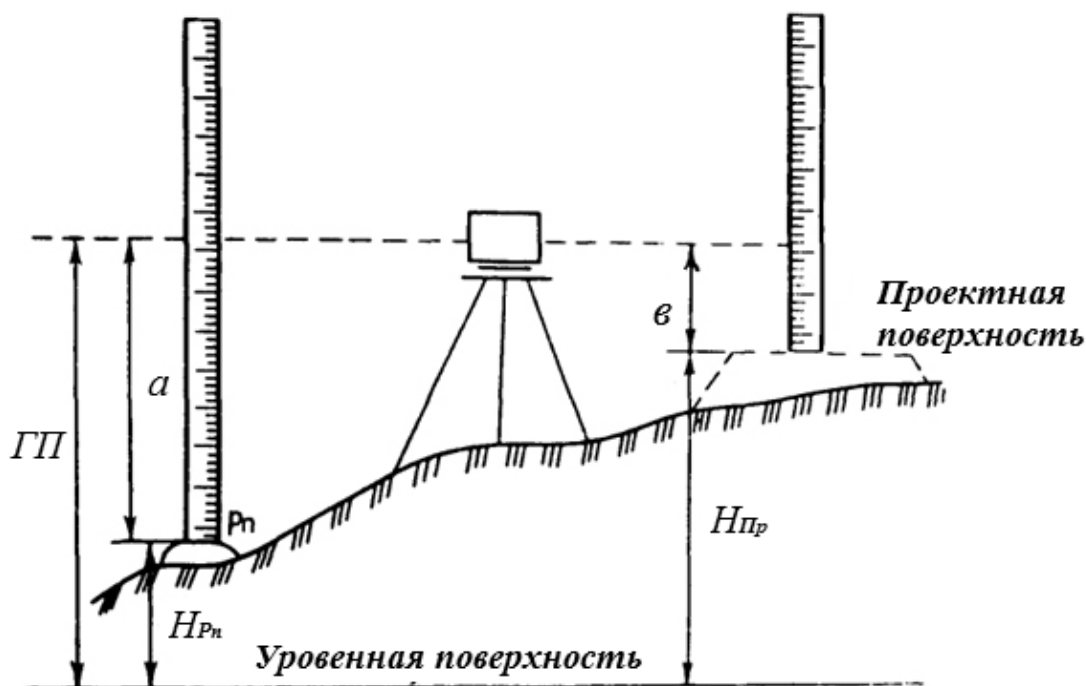


Рисунок 11.1 – Вынос в натуру проектной отметки

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:

$$ГП = H_{Pn} + a,$$

где H_{Pn} – отметка репера, м.

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

$$v = ГП - H_{пр}.$$

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 v . 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:

$$H_B = H_{рн} + h.$$

Отметка H_B должна равняться проектной отметке $H_{пр}$. 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?