

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
"БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"
Кафедра оснований, фундаментов, инженерной
геологии и геодезии

**Геодезические работы при изыскании,
проектировании
и строительстве инженерных сооружений**

УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА

Методические указания
Часть II

Брест 2002

К 528.48 (076.5)

В данной методической работе изложены основные виды геодезических определений при изысканиях, проектировании и вынос на местность строительных осей и отметок точек инженерных сооружений

Настоящие методические указания являются практическим руководством при прохождении учебной геодезической практики и предназначены для студентов специальностей: 70.01.01 – "Производство строительных изделий и конструкций", 70.02.01 – "Промышленное и гражданское строительство", 70.03.01 – "Автомобильные дороги", 70.04.03 – "Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов", 74.05.01 – "Мелиорация и водное хозяйство".

Методические разработки утверждены на заседании кафедры оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии от 2 февраля 2001 г., протокол № 5

Составители: Н.В.Синякина, доцент, к.т.н.,
В.П.Жукова, ассистент

Раздел 1. Трассирование автомобильной дороги.

Трассирование – вид инженерно-геодезических изысканий, направленный на определение наиболее благоприятного в техническом отношении и экономически эффективного варианта положения оси трассы [2].

1.1. Введение

Трасса - ось проектируемого линейного сооружения, обозначенная на местности или нанесенная на карте. Трасса – сложная пространственная линия. В плане она состоит из прямолинейных участков разного направления, сопрягающихся между собой горизонтальными кривыми постоянного или переменного радиуса кривизны. В продольном профиле трасса состоит из линий различного уклона, соединяющихся между собой вертикальными кривыми.

Различают два способа трассирования – камеральный и полевой. В обоих случаях должны быть соблюдены определенные требования, которые устанавливаются техническими условиями. (Табл. 1.1.1)

Таблица 1.1.1.

Основные требования, предъявляемые к трассам автомобильных дорог

1	Наименование требований	Категории дорог				
		I	II	III	IV	V
1	2	3	4	5	6	7
1	Наибольший продольный уклон, %	30	40	50	60	70
2	Наименьшие радиусы горизонтальных кривых, м в равнинной местности в горной местности	1200	800	600	300	150
		1000	600	400	250	125
3.	Наименьшие радиусы вертикальных кривых, м. выпуклых: вогнутых: в равнинной мест. в горной местн.	30000	15000	10000	5000	2500
		8000	5000	3000	2000	1500
		4000	2500	1500	1000	600

Учитывая учебный характер геодезической практики, программой практики предусмотрено полевое трассирование автомобильной дороги. При этом в плановом отношении придется отступать от оптимальных величин (20° - 30°) углов поворота трассы, а вершины углов поворота оси трассы выбирать с учетом границ участков геополигона, отводимых для каждой группы студентов.

Учитывая относительно спокойный характер рельефа в пределах геополигона, в высотном отношении трассирование рекомендуется вести «вольным ходом» [1].

1.2. Задание.

Выполнить трассирование автомобильной дороги длиной не менее 0,8-1,0 км, не менее двух углов поворота и двух поперечников (первый - на пикете 1 в учебных целях, второй - по ситуации, или рельефу местности).

1.3. Закрепление в натуре главных точек трассы, проложение магистрального теодолитного хода

Главными точками трассы являются начало и конец трассы, вершины углов поворота оси трассы, створные точки. Закрепление и обозначение в натуре выполняется аналогично тому, как описано в методических указаниях (Часть 1)

Угловые и линейные измерения в магистральном теодолитном ходе следует выполнять в соответствии с методическими указаниями (Часть 1).

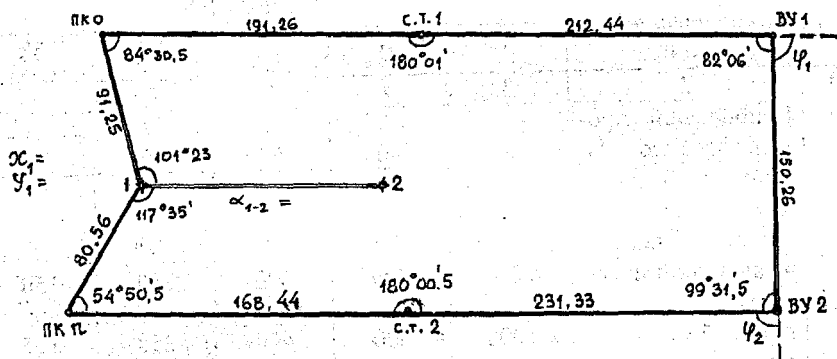


Рис 1.3.1. Рабочая схема магистрального теодолитного хода

Рабочая схема магистрального теодолитного хода по главным точкам трассы представлена на рис. 1.3.1:

На створных точках (ст.) углы, равные 180° , откладывают при двух положениях вертикального круга (КЛ и КП), намечая среднюю точку. Горизонтальный угол на створной точке измеряют одним приемом и измеренный угол не должен отличаться от 180° более чем на $\pm 1'$. В противном случае створную точку перемещают в нужную сторону. Линейные и угловые измерения при проложении теодолитного хода по трассе оформляют в полевых журналах принятой формы (Методические указания часть 1) с той лишь раз-

ницей, что в журнале измерения длин линий должно быть две графы: одна графа - измерения линий стальной 20-метровой лентой, вторая - определения длины по пикетажным расстояниям точек линий.

При вычислении расстояний между главными точками трассы по результатам разбивки пикетажа может быть два случая.

Первый, когда определяют расстояние на прямолинейных участках трассы. Например, расстояние между началом трассы и створной точкой с.т. № 1 (рис.1.3.1).

Тогда горизонтальное проложение будет равно

$$d = \text{ПК с.т. № 1} - \text{ПКО}$$

$$d = \text{ПК1} + 91,20 - \text{ПКО} = 191,20 \quad (1.3.1)$$

Во втором случае, когда расстояние определяют между двумя вершинам углов поворота, горизонтальное проложение вычисляют по формуле:

$$d_{\text{вы1-вы2}} = \text{ПКВУ2} - \text{ПКВУ1} + D_{\text{вы1}} \quad (1.3.2)$$

Предельная относительная ошибка между измеренными расстояниями при проложении теодолитного хода и при разбивке пикетажа не должна превышать 1/1000.

Допустимая ошибка при измерении горизонтальных углов не более 1'.

Привязка теодолитного хода осуществляется к пунктам геодезической плановой сети. При этом примычные горизонтальные углы измеряют также одним приемом, а расстояния стальной лентой в прямом и обратном направлениях с предельной ошибкой $\frac{1}{1000} : \frac{1}{2000}$.

1.4. Разбивка пикетажа

Пикетаж - система обозначения и закрепления на местности точек трассы (пикетов). Пикеты обычно закрепляют на оси трассы через каждые 100 м, а на застроенной территории - через 40,20 или 10 м. Нумерацию пикетов начинают в начальной точке трассы, всегда обозначаемой ПК0 и далее ПК1, ПК2. и т.д. на кольщиках-сторожках рядом с пикетами.

Кроме целых пикетов (с интервалом 100 м), отмечают в натуре плюсовые точки: рельефные - характерные перегибы рельефа местности (с точностью до 1 м) и контурные - пересекаемые трассой сооружения линейного типа, границы угодий, створные точки (с точностью до 0,01 м). На крутых склонах закрепляют переходные точки (х). Непосредственно в процессе разбивки пикетажа в измеренные расстояния вводят поправки за наклон местности со знаком «плюс», так как расстояние между пикетами должно равняться 100 м. по горизонтальному проложению.

Разбивка пикетажа должна осуществляться в процессе проложения теодолитного хода с одновременной съемкой ситуации по обе стороны от оси трассы в заданных пределах.

По результатам линейных измерений при разбивке пикетажа и измеренным линиям теодолитного хода по главным точкам оси трассы определяют средние значения горизонтальных проложений линий теодолитного хода,

предварительно проверив относительную ошибку измерения, не превышающую предельную $\frac{1}{1000} : \frac{1}{2000}$.

На углах поворота трассы производят вставки круговых кривых и пересчет по ним пикетажа, предварительно выполнив расчет соответствующей кривой.

1.5. Разбивка главных точек кривой

Перед вставкой круговой кривой определяют параметры кривой: угол поворота оси трассы φ и радиус кривой R . Угол φ вычисляют, используя измеренный правый угол β теодолитного хода на соответствующей вершине по формулам:

$$\varphi_{\text{пр}} = 180^\circ - \beta_1, \quad \varphi_{\text{лев}} = \beta_2 - 180^\circ \quad (1.5.1)$$

Угол поворота оси трассы φ - это угол между продолженным предыдущим направлением и последующим (Рис 1.5.1)

Радиус круговой кривой один из основных параметров, по которым рассчитывают и разбивают на местности круговые кривые.

Учитывая учебный характер геодезической практики, числовые значения радиусов следует согласовывать с руководителем практики, отступая от технических требований (табл. 1.1.1)

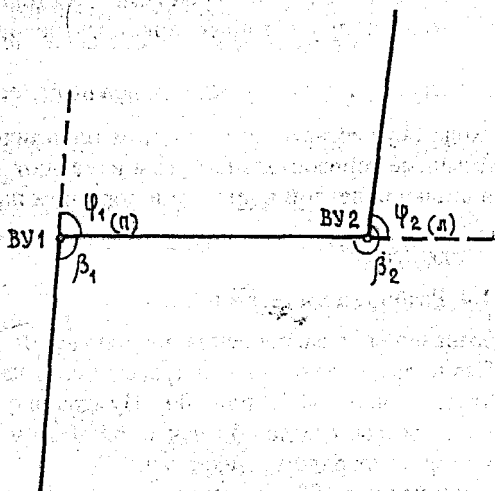


Рис. 1.5.1. Определение углов поворота трассы.

По углу поворота φ и радиусу R определяют элементы круговой кривой (касательную-Т, длину кривой K , домер D , биссектрису - Б), по которым ведут расчет кривой, определяя пикетажное расстояние главных точек кривой (рис. 1.5.2).

Главными точками кривой являются: начало кривой (НК), середина кривой (СК), конец кривой (КК).

Для определения пикетажных расстояний главных точек вначале вычисляют или определяют по таблицам [4] элементы круговой кривой.

номером n . Предыдущий пикет $n-1$ находится на расстоянии l от начала кривой (рис.1.5.3)

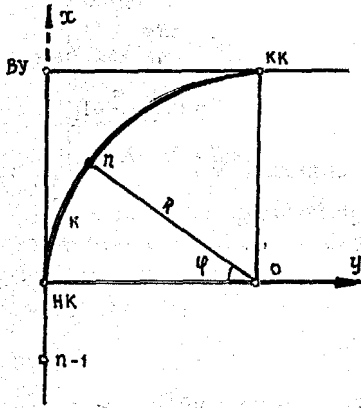


Рис. 1.5.3. Вынос пикета на кривую.

Условные прямоугольные координаты пикета n вычисляются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} X_n &= R \cdot \sin \varphi \\ Y_n &= R - R \cdot \cos \varphi = 2R \cdot \sin^2\left(\frac{\varphi}{2}\right) \end{aligned} \right\} (1.5.5)$$

$$\text{где } \varphi = \frac{K}{R} \cdot \rho; K=100 - l$$

Полученные x_n и y_n откладываем взаимно перпендикулярно от начала кривой Нк по условным осям x и y . Пикеты, расположенные между ВУ и КК или на ВУ, выносят на кривую от конца кривой.

Разбивка поперечников. Пикетажный журнал .

Поперечный профиль трассы – вертикальный разрез местности в направлении, перпендикулярном к оси трассы. При проходе оси трассы по косягу с поперечным уклоном более $0,2$ (11°) поперечники разбивают на всех пикетах и плюсовых точках в обе стороны от оси на $15-30$ м. Закрепляют кольями точку пересечения поперечника с осью трассы, концы поперечника и точки перегиба рельефа (рис.1.5.4)

Одновременно с разбивкой пикетажа ведется пикетажный журнал (рис. 1.5.5), в котором ось трассы изображают в виде прямой линии. На этой линии наносят все пикеты и плюсовые точки, углы поворота, поперечники, границы угодий и ситуацию на 20 м в обе стороны от оси.

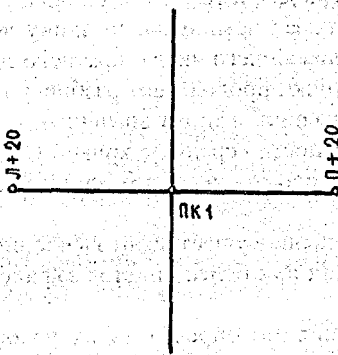
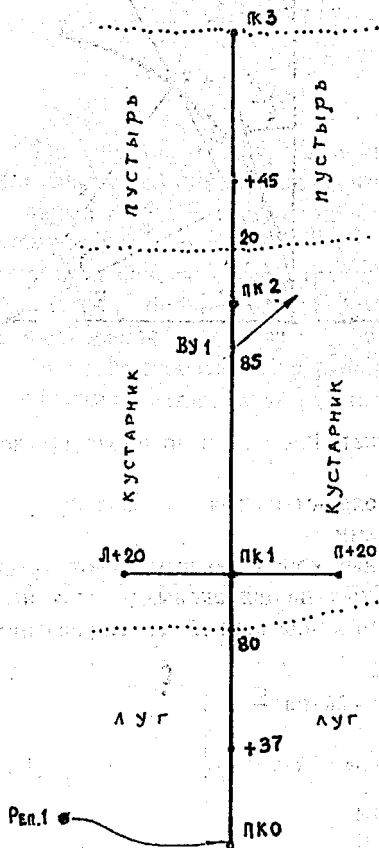


Рис.1.5.4. Поперечник на ПК1.

Запись в пикетажном журнале ведется снизу вверх. Углы поворота показывают стрелками, направленными вправо или влево от оси трассы. Около углов поворота выписывают элементы и параметры кривых.

Между границами угодий подписывают наименование этих угодий. Кроме того, на пикетажном журнале указывают исходные реперы для привязки трассы. Пикетажный журнал составляется обычно в крупном масштабе ($1:2000$, $1:1000$, $1:500$).



Параметры кривой:
 $\phi = 79^{\circ}38'$; $R = 50$

Элементы кривой:
 $T = 41,68$; $K = 69,20$;
 $D = 14,16$; $B = 15,10$

Расчет кривой
 $VУ1 = ПК1 + 85,00$
 $-T \quad 41,68$

$НК = ПК1 + 43,32$
 $+K \quad 69,20$

$КК = ПК2 + 12,52$
 $-0,5K \quad 34,60$

$СК = ПК1 + 77,92$
 $+0,5D \quad 7,08$

$VУ1 = ПК1 + 85,00$

Попуugno с разбивкой пи-
 кетажа ведут съемку по-
 лосы местности по обе
 стороны от оси трассы,
 шириной 40 и более мет-
 ров.

Рис.1.5.5 Пикетажный журнал.

Детальная разбивка кривых.

Для строительства трассы кривые на местности необходимо разбить че-
 рез равные отрезки такой длины, чтобы можно было принять дугу за прямую.
 Интервал детальной разбивки зависит от радиуса кривой, если радиус мень-
 ше 100 м, интервал разбивки равен 5 м, больше 100 м - 10 м.

Наиболее распространенным способом детальной разбивки кривых яв-
 ляется способ прямоугольных координат (рис. 1.5.6).

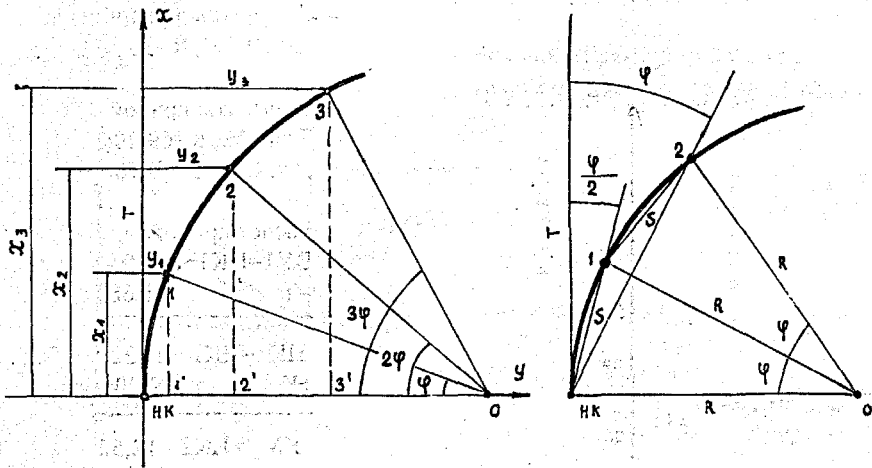


Рис.1.5.6. Способ прямоугольных координат Рис.1.5.7. Способ хорд (углов)

Разбивку (детальную) кривых выполняют из точек начала или конца кривой к ее середине различными способами.

При разбивке способом прямоугольных координат вычисляют координаты X и Y для точек 1,2,3, расположенных на одинаковых расстояниях по кривой l_k , начиная от начала кривой, или конца кривой по направлению к вершине угла поворота ВУ по формулам

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= R \cdot \sin \varphi; Y_1 = R - R \cdot \cos \varphi = 2R \cdot \sin^2 \frac{\varphi}{2} \\ X_2 &= R \cdot \sin 2\varphi; Y_2 = R - R \cdot \cos 2\varphi = 2R \cdot \sin^2 \frac{2\varphi}{2} \\ X_n &= R \cdot \sin n\varphi; Y_n = 2R \cdot \sin^2 \frac{n\varphi}{2} \end{aligned} \right\} (1.5.6)$$

где $\varphi = \frac{l_k}{R} \cdot \rho^\circ$ ($\rho^\circ = \frac{180^\circ}{\pi} = 57,3^\circ = 3438'$).

Достоинство этого способа заключается в независимости определения положения в натуре точек 1,2,3,... и их закрепления кольями. Следовательно, погрешности не нарастают при переходе от одной точки к другой.

При детальной разбивке способом хорд (и углов) по длине интервала разбивки S вычисляют угол (см. рис. 1.5.7) по формуле:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{S}{2R} \quad (1.5.7)$$

Установив в точке НК или КК теодолит, совмещают нуль лимба с нулем алидады, визируют на точку ВУ лимбом. Открыв алидаду ставят на горизонтальном круге отсчет, равный $\frac{\varphi}{2}$. Отложив лентой от точки НК по направлению визирного луча отрезок S , в месте пересечения отрезка с визир-

ным лучом получают точку 1 кривой. Затем, открепив алидаду, ставят отсчет $2 \frac{\phi}{2}$ и, отложив расстояние S от точки 1, аналогичным образом фиксируют и закрепляют точку 2 и т.д. [3].

1.6. Техническое нивелирование трассы .

Техническое нивелирование трассы выполняют с целью определения высот (отметок) пикетов, плюсовых точек, главных точек круговых кривых. Учитывая учебный характер практики, в качестве связующих выбирают пикеты, а промежуточными – все остальные точки. С учетом наличия высотной съемочной основы вблизи трассы нивелирный ход по трассе может быть замкнутым (с привязкой к одному реперу) или разомкнутый (с привязкой к двум реперам).

При нивелировании связующих пикетов применяют способ «из середины». Рейки ставят на колья вертикально (рис.1.6.1.).

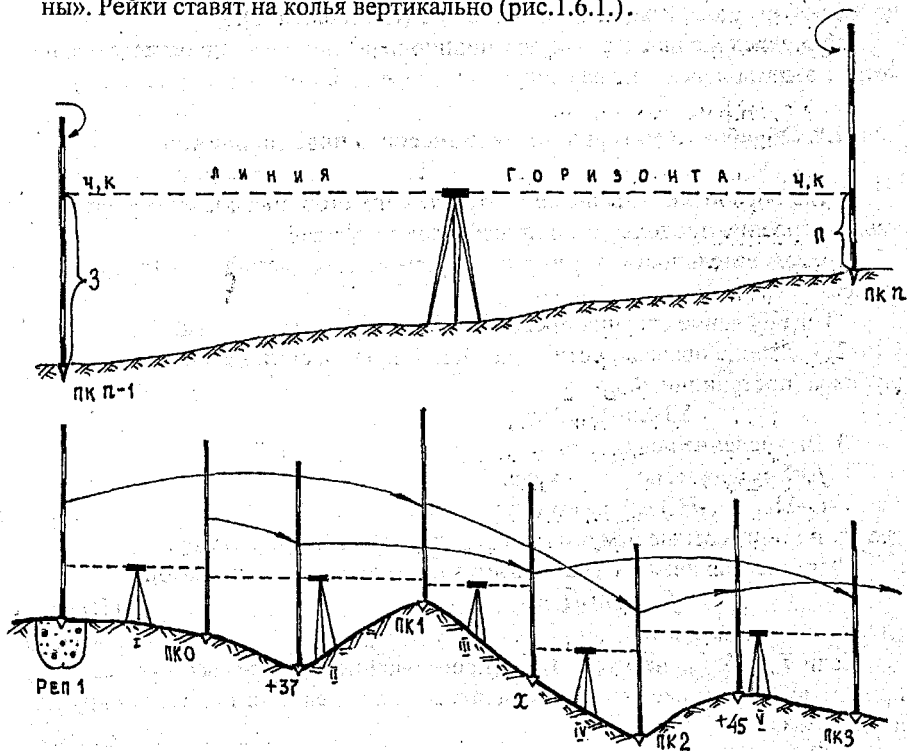


Рис 1.6.1. Схема нивелирования трассы.

Программа работы на станции

1. Установка нивелира примерно посередине (неравенство плеч 10) между точками и приведение его в рабочее положение при помощи круглого уровня (ось вращения нивелира вертикальна).

2. Визирование на заднюю рейку.

3. Приведение пузырька цилиндрического уровня в нуль-пункт (визирная ось горизонтальна).

4. Отсчет по черной и красной сторонам задней рейки. Контрольное вычисление разности красного и черного отсчетов.

5. Визирование на переднюю рейку и выполнение действий, указанных в пунктах 3 и 4.

6. Контроль на станции: разности красных и черных отсчетов по задней и передней рейкам должны равняться разностям нулей пятков.

7. Если между связующими точками есть промежуточные (плюсовые), то задний реечник ставит рейку на них, а наблюдатель берет отсчет только по черной стороне, и записывает в графу 5 (см. табл. 1.6.1).

При переходе на следующую станцию передний реечник остается на пикете, а задний переходит на следующую переднюю точку (см. рис. 1.6.1)

1.7. Обработка материалов технического нивелирования

Цель обработки – вычисление отметок пикетов, плюсовых и других точек, построение продольного и поперечных профилей.

Последовательность обработки журнала технического нивелирования трассы

1) вычисление средних превышений с округление до 1 мм;

2) контроль правильности вычислений превышений на каждой странице журнала (постраничный контроль)

$$\Sigma 3 - \Sigma \Pi = \Sigma h = 2 \Sigma h_{\text{ср}} \quad (1.7.1)$$

3. Вычисление невязки хода:

$$-f_h = \Sigma h_{\text{ср}} \text{ для замкнутого хода; } \quad (1.7.2)$$

$$-f_h = \Sigma h_{\text{ср}} - (H_k - H_n) \text{ для разомкнутого хода, } \quad (1.7.3.)$$

где H_k и H_n – высотные отметки конечного и начального реперов.

Фактическая невязка сравнивается с предельной (допустимой)

$$f_{\text{доп}} = 50 \sqrt{L} \text{ мм, } \quad (1.7.4)$$

где L – длина хода в км.

Если $f_h \leq f_{\text{доп}}$, невязку f_h распределяют поровну на все превышения, причем знак поправки v противоположен знаку невязки; поправки округляют до 1 мм.

4. Вычисление отметок связующих точек последовательным алгебраическим сложением отметки предыдущей точки и исправленного превышения между предыдущей и последующей точкой.

$$H_{\text{посл.}} = H_{\text{пред}} + h_{\text{испр.}} \quad (1.7.5)$$

где $h_{\text{испр.}} = h_{\text{ср.}} + v$.

Таблица 1.6.1

Журнал технического нивелирования

№№ станций	Номера точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт инструмента, м	Высоты точек, м
		задний	передний	промежуточный	вычисленные	средние	исправленные		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Реп.1	1121	1569		-448	+2			50,546
	ПКО	5807	6251		-444	-446	-444		50,102
Контроль		4686	4682		-4				
2	ПКО	1353	0199		+1154	+2		51,455	50,102
	ПК1 +37	6040	4886	2632	+1154	+1154	+1156		51,258
Контроль		4687	4687		0				48,823
3	ПК1	0368	2768		-2400	+2		51,626	51,258
	X П+20 Л+20	5052	7456	1624 1036	-2404	-2402	-2400		48,858
Контроль		4684	4684		+4				50,002 50,590
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Σ		29356	36276		-6920	-3461	-3448	$H_K - H_{Л_1}$	=-3448

 $\Sigma 3 - \Sigma П = -6920$ $f_h = -13 \text{ мм}$ $f_{h \text{ доп}} = \pm 45 \text{ мм}$

Контроль: алгебраическая сумма исправленных превышений равна нулю в замкнутом ходе и разности $H_k - H_n$ в разомкнутом ходе.

5. Вычисление горизонта инструмента ГИ для станций, с которых нивелировались промежуточные (плюсовые) точки.

$$\begin{aligned} \text{ГИ} &= H_3 + a_{чз} \\ \text{ГИ} &= H_n + a_{чп} \end{aligned} \quad (1.7.6)$$

где H_3 и H_n - высоты задней и передней связующих точек (пикетов); $a_{чз}$ и $a_{чп}$ - отсчеты по черной стороне задней и передней рейкам.

6. Вычисление отметок промежуточных точек

$$H_{\text{пром}} = \text{ГИ} - c, \quad (1.7.7)$$

где c - отсчет по черной стороне рейки на промежуточной точке.

Продольный профиль трассы составляют в масштабах, установленных техническими требованиями проектирования трасс автомобильных дорог. Но учитывая незначительную длину трассы и учебный характер, выполняемой работы, программой практики предусмотрены масштабы продольного профиля: горизонтальный 1:1000, вертикальный 1:100. Масштаб поперечного профиля и горизонтальный и вертикальный 1:100.

Числовые характеристики (фактические и проектные) размещают в отдельных графах сетки профиля. На рис. 1.7.1 изображен продольный и поперечный профили с указанием размеров граф сетки в миллиметрах (слева) и цвета оформления (справа).

Исходными материалами для составления продольного и поперечного профилей являются пикетажный журнал и журнал технического нивелирования трассы автодороги. По данным пикетажного журнала заполняют графы 1, 2, 6. По данным журнала технического нивелирования - графу 3.

Нумерация граф сетки профиля ведется снизу вверх по мере их заполнения.

Графы 1 и 2 заполняются в соответствии с данными пикетажного журнала. Номера пикетов подписывают с учетом горизонтального масштаба 1:1000 через 100 м (10 см). В графе № 2 расстояния выделяют вертикальными отрезками с указанием расстояний плюсовых точек.

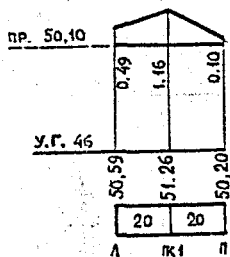
В графе № 1 (посередине графы) в соответствии с расчетами круговых кривых (см. пикетажный журнал) изображают прямолинейные участки трассы, которые соединяют условными кривыми дугами между НК и КК, расположенными слева по ходу трассы, если угол поворота правый и справа - при угле поворота влево.

Начальное направление трассы $\tau = \text{СВ}:78^\circ 32'$ между ПК0 и ВУ1 берем из ведомости координат точек магистрального теодолитного хода. Последующие направления прямолинейных отрезков вычисляют, используя величины углов поворота оси трассы φ_1, φ_2 и т.д. Под прямолинейными участками выписывают их горизонтальные расстояния. Сумма прямых и кривых участков трассы должна быть равна длине трассы. На участках кривых выписывают численные значения параметров и элементов кривых.

ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОФИЛЬ

НА К 1

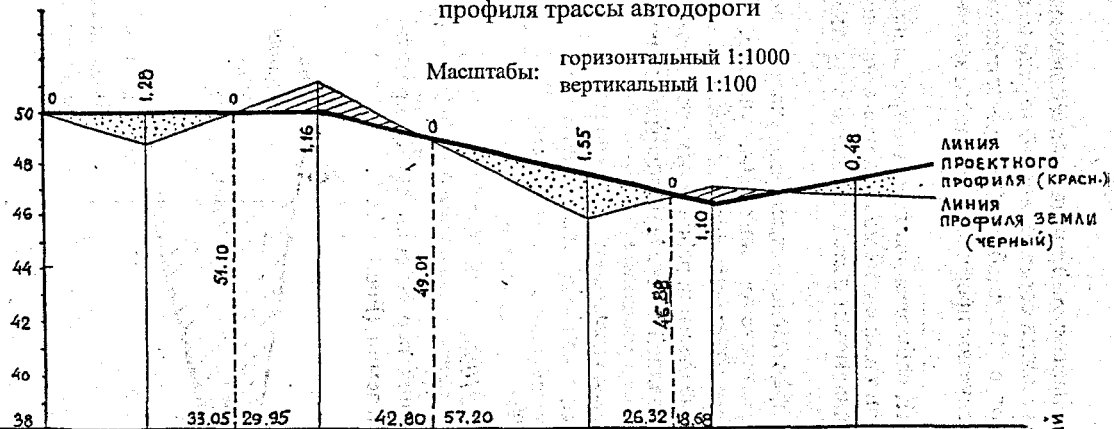
МАСШТАБЫ: ГОРИЗ: 1:1000
ВЕРТИК: 1:100



Проект

профиля трассы автодороги

Масштабы: горизонтальный 1:1000
вертикальный 1:100



УСЛОВНЫЙ ГОРИЗОНТ

20	6	РАЗВЕРНУТЫЙ ПЛАН ТРАССЫ	Л У Г К У С Т А Р Н И К П У С Т Ы Р Ь					
10	5	ПРОЕКТНЫЕ УКЛОНЫ, ‰	Л У Г К У С Т А Р Н И К П У С Т Ы Р Ь					
15	4	ПРОЕКТНЫЕ ОТМЕТКИ, м	50.10	50.10	50.10	47.55	46.40	47.50
15	3	ОТМЕТКИ ЗЕМЛИ ПО ОСИ ТРАССЫ, м	50.10	48.82	51.26	46.07	47.50	47.02
10	2	РАССТОЯНИЯ, м	37	63		45	55	
30	1	ПИКЕТЫ ПРЯМЫЕ КРИВЫЕ	0	1	2	3		
			СВ: 78°32' / 143.32		Ф = 79°38' R=50 / Т = 41.68 К=69.20 / Δ = 14.16 Б = 15.10		ЮБ: 21°50' / 245.20	

Рис. 1.7.1 Продольный профиль трассы автомобильной дороги

В графе сетки профиля № 3 выписывают отметки пикетов и плюсовых точек с округлением до 1 см, а затем от линии сетки, принятой за условный горизонт ($H_{y,r} = H_{\min} - 8 \div 10$ м) откладывают в масштабе 1:100 высоты пикетов и плюсовых точек. Соединив точки, получают профиль поверхности земли в виде ломаной линии.

Линию проектного профиля строят, соблюдая два главных требования: минимальные объемы земляных работ и баланс объемов выемки и насыпи. Естественно, что и то и другое требование может быть выполнено визуально (на глаз).

Линия проектного уклона может представлять отдельные участки положительного и отрицательного уклона, а также горизонтальные участки.

После графического проектирования выполняют аналитическое, то есть вычисляют проектные уклоны, проектные отметки, рабочие отметки, проектные расстояния точек нулевых работ от задней и передней пикетной точки и, наконец, отметки точек нулевых работ.

Все эти расчеты выполняют по известным формулам:

$$\text{Проектный уклон } i_{np} = \frac{H_s - H_n}{d} \cdot 1000. \quad (1.7.8)$$

$$\text{Проектная отметка } H_{np\ n+1} = H_{np\ n} + i \cdot d / 1000. \quad (1.7.9)$$

$$\text{Рабочая отметка } h_{rab} = H_{np} - H. \quad (1.7.10)$$

Точка нулевых работ образуется при пересечении линии проектного профиля с линией профиля поверхности земли. (Рис.1.7.2).

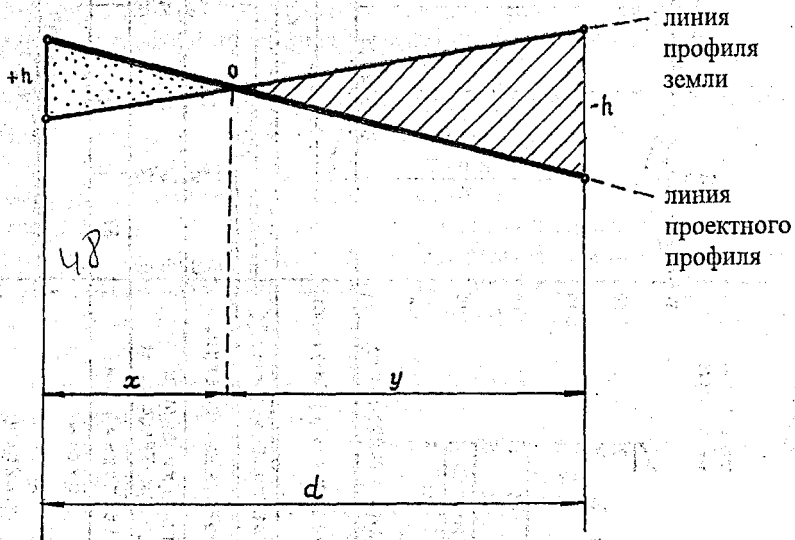


Рис. 1.7.2 Точка нулевых работ.

Расстояния точки нулевых работ x и y до пикетных точек трассы определяют из соотношения

$$\frac{+h}{x} = \frac{-h/y}{d} = \frac{+h+/-h/}{d}; \quad (1.7.11)$$

$$x = \frac{+h \cdot d}{+h+/-h/}; y = \frac{-h/ \cdot d}{-h/+h}. \quad (1.7.12)$$

Контроль правильности вычислений: $x+y=d$.

Высотная отметка $H_o = H_{нк\ n} + ix/1000$ (1.7.13)

При оформлении точку O , H_o , x и y - обводят синим цветом.

Рабочие отметки обводят красным цветом

Основные документы полевого трассирования.

1. Пояснительная записка;
2. Полевые журналы измерения углов и длин линий магистрального теодолитного хода, проложенного по главным точкам трассы с привязкой к точкам геодезической основы, рабочая схема теодолитного хода;
3. Ведомость вычисления координат главных точек трассы;
4. План трассы в масштабе 1:2000;
5. Пикетажный журнал с расчетами кривых;
6. Журнал технического нивелирования трассы;
7. Продольный и поперечный профили трассы автодороги в масштабах 1:1000, 1:100.

Раздел 2.

Нивелирование поверхности и геодезические расчеты при вертикальной планировке .

2.1. Общие сведения.

Рельеф земной поверхности в своем естественном состоянии обычно непригоден для непосредственного размещения и строительства на нем проектируемых сооружений. Преобразование существующего (естественного) рельефа в проектный (искусственный), отвечающий требованиям строительства и благоустройству территории называется вертикальной планировкой местности.

Наибольший экономический эффект при вертикальной планировке получают тогда, когда работы производят с учетом нулевого баланса земляных работ, т.е. когда объем грунта насыпей и выемок равны между собой. В этом случае при земляных работах избыточный грунт не вывозят и не привозят недостающий, а распределяют его на планируемом участке под строительство.

Графической основой для составления проекта вертикальной планировки служит топографический план, получаемый в результате съемки местности. Наиболее распространенный и точный вид вертикальной съемки местности, принятый в строительстве – нивелирование по квадратам, выполняемое методом геометрического нивелирования. Этот метод применяется в равнинной местности со слабо выраженным рельефом. В этом случае топографический план составляется в масштабах 1:1000, 1:500, 1:200 с высотой сечения рельефа 0,5; 0,25 метра. Для нивелирования по квадратам строительный участок разбивают (размечают) по сетке квадратов со сторонами от 10 до 50 метров, в зависимости от характера рельефа и площади участка. Место положения вершин квадратов на местности определяют с помощью теодолита и стальной ленты.

Одновременно с разбивкой сетки квадратов ведут съемку ситуации и характерных точек рельефа, результаты промеров заносят в абрис. Вершины квадратов закрепляют кольшками (сторожками) маркированными по взаимно перпендикулярным осям, совпадающими со сторонами сетки. На небольших участках местности до 4 га и для целевого местного строительства такую сетку квадратов можно строить в условной системе координат как свободную.

2.2. Задание.

Бригаде выполнить - относительно любой линии теодолитного хода разбить на местности сетку из 24-30 квадратов со стороной 10 метров. Нивелирование поверхности произвести с 2-х станций инструмента. Вычертить топографический план местности в масштабе 1:200 с высотой сечения рельефа 0,25 м. Произвести геодезические расчеты для проектирования горизон-

тальной площадки при условии баланса земляных работ до 3%. Картограмму земляных работ выполнить в масштабе 1:250.

2.3. Порядок выполнения работ .

1. Разбивка сетки квадратов.

За начальное направление выбирают линию (относительно привязанную к теодолитному ходу) А1 - А6. В створе этой линии забивают через 10 м. кольшки, т.е. закрепляют на местности точки А1, А2,.....А6 (рис.2.1.) В точках А1 и А6 теодолитом строят прямые углы и откладывают отрезки кратные 10,00 м А1-Г1 и А6-Г6 и закрепляют кольшками точки Г1 и Г6. Для контроля измеряют сторону Г1-Г6, ее длина не должна отличаться от проектной более чем на 1:2000.

Разбивку внутренних точек (вершин квадратов) А2, А3, В2,....F5, производят вешением в соответствующих створах с помощью стальной ленты или рулетки. Вершины квадратов закрепляют кольшками, маркированными по взаимно перпендикулярным осям. Одновременно с разбивкой сетки квадратов производят съемку ситуаций от вершин квадратов способами створов, перпендикуляров, линейных засечек. Результаты съемки элементов ситуации их расположение на местности и направление скатов рельефа показывают на абрисе.

2. Нивелирование поверхности. Определение отметок.

Перед началом полевых измерений, дополнительно рекогносцируют участок, чтобы наметить места станций нивелира, выбрать связующие точки, расположенные в вершине квадрата. На одну связующую точку передают отметку, от какой либо точки теодолитного хода и в дальнейшем эту вершину квадрата с известной отметкой будем считать репером $H_{рп}=9.012$ м. находится в точке С5 (Рис. 2.1).

Место для станции нивелира выбирают так, чтобы с каждой из них можно было выполнить нивелирование вершин нескольких квадратов. При этом смежные станции должны иметь общие связующие точки, которые необходимы для передачи отметок на последующие станции. При нивелировании местности по вершинам квадратов, все отсчеты по рейкам заносят в полевую схему (журнал) нивелирования рис.2.1. Пунктирная линия разделяет нивелирование вершин квадратов с 1 и 2. станций. Связующую точку F2 и репер С5 нивелируют дважды со смежных станций. Отсчеты взятые по черной и красной стороне реек на связующую точку и репер, записаны по линиям нивелирования, которые показаны сплошной линией.

Остальные вершины квадратов нивелировались, как промежуточные точки. Отсчеты по черной стороне рейки записаны около вершин квадратов.

Схема-журнал технического нивелирования по квадратам.

	1 0273	2 0462	3 0731	4 1933	5 1444	6 1836
G	10,139	9,950	9,681	9,536	10,025	9,633
F	0239 10,173	CB 0732 9,677	1091 9,321	2140 9,329	2011 9,458	1479 9,999
E	0262 10,150	1036 9,376	1302 9,410	2457 9,042	2396 9,073	1588 9,881
D	0394 10,048	1149 9,263	1132 9,280	2532 8,937	2480 8,989	1930 9,539
C	0585 10,027 см 1. R ГИ = 10,412	1186 9,226	1184 9,228	2458 9,011	2454 Rp 9,012	2731 8,738
B	0591 9,821	1419 8,993	1576 8,836	2512 8,957	2533 8,936	2672 8,797
A	0962 9,450	1213 9,199	1296 9,116	2405 9,064	2402 9,067	2463 9,006

1792
6572
 см 2
 ГИ = 11,469
 2459
7231
 0232
3506
 1400
6179

Рис. 2.1

В результате обработки полевой схемы – (журнала) получают отметки всех вершин квадратов с точностью до 0,001 м.

Результаты вычислений отметок связующих точек записывают в ведомости вычисления отметок связующих точек таблица 2.1. В графы 1, 2 заносит номера станций нивелира и номера вершин квадратов, образующих замкнутый нивелирный ход. В графе 3,4 черные и красные отсчеты на заднюю и переднюю рейки. Превышения на станции, вычисленные по черной и красной сторонам реек записаны в графу 5. Далее в графу 6 вычисляют среднее превышение с округлением до 1 мм.

Таблица 2.1

Ведомость вычисления отметок связующих точек

№№	№№ точек	Отсчеты		Превышения, мм.		Поправки, мм.	Исправл. превышений, мм.	Отметки точек, м.	№№ точек
		задн.	предн.	вычисл.	средн.				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Рп С5	1400	0732	+0668	+0669	-4	+0665	9.012	C5
	F2	6179	5509	+0670				9.677	F2
2	F2	1792	2454	-0662	-0661	-4	-0665	9.677	C5
	Рп С5	6572	7231	-0659				9.012	F2

$$f_{h \text{ доп}} = 10\sqrt{n} = \pm 14 \text{ мм} \quad fh = +8 \text{ мм}$$

Далее вычисляют полученную и допустимую невязку в превышениях между связующими точками. Теоретически алгебраическая сумма всех превышений по замкнутому ходу должна быть равна нулю ($\Sigma h_{cp} = 0$), но в силу накопления погрешностей измерений практически получается невязка, т.е. $Fh = \Sigma h_{cp}$

Допустимую невязку вычисляют по формуле

$$Fh_{\text{доп}} = \pm 10\sqrt{n} \text{ мм}, \quad (2.1)$$

где n - число станций.

Контролем вычисления отметки F2 по замкнутому ходу из 2-х станций служит получение отметки исходного репера $H_{rp} = 9.012$ м.

Отметки остальных вершин квадратов вычисляют в следующем порядке. Так как остальные вершины квадратов нивелировались как промежуточные точки, то их отметки определяют методом горизонта инструмента ГИ минус отсчет на эту точку. При этом ГИ берется для той станции, с которой данная промежуточная точка нивелировалась.

В рассматриваемом примере ГИ на станции 1 и 2

$$ГИ_1 = H_{rp} C5 + 1.400 = 9.012 + 1.400 = 10.412 \text{ м}$$

$$ГИ_2 = H_{rp} F2 + 1.792 = 9.677 + 1.792 = 11.469 \text{ м}$$

Отметки промежуточных точек вычисляются до 1 мм и записываются на схему-журнал (Рис 2.1) около соответствующей вершины квадрата.

Например, для вычисления фактических отметок вершин А1 и А2, где отсчеты по черной стороне рейки соответственно равны 09662 и 1213 и выполнялись со станции 1 имеем:

$$H_{\phi}^{A1} = 10.412 - 0.962 = 9.450 \text{ м.}$$

$$H_{\phi}^{A2} = 10.412 - 1.213 = 9.199 \text{ м.}$$

3. Составление топографического плана.

На лист чертежной бумаги формата А-3 по координатам Х и У строят исходную сторону сетки А1- А6. в масштабе 1:2000. Если план составляют в условной системе координат, то при построении сетку располагают параллельно кромкам листа. Для того чтобы отразить ориентирование сетки по магнитному меридиану, на плане показывают стрелкой направления север-юг (Рис.2.2).

На этой стороне, являющейся основанием, строят квадраты со стороной 5 см, что соответствует длине, стороны на местности 10 м и подписывают около каждой вершины квадрата ее отметку, округленную до 1 см (0,01м).

По данным абриса строят ситуацию - в нашем примере это пешеходная тропинка, проходящая по границе луг-песок. Растительный покров наносится в соответствии с Условными знаками топографических планов.

Чтобы на плане провести горизонтали с высотой сечения рельефа $h = 0,25$ м, по сторонам квадратов выполняют интерполирование для отметок кратных h . Это можно сделать по топографической палетке. На листе кальки проводят через одинаковые промежутки 2 см параллельные линии. На этих линиях подписывают отметки горизонталей, проходящих по участку местности (Рис. 2.3). Подготовленная таким образом калька называется топографической палеткой. На интерполируемую сторону квадрата накладывают палетку и поворачивают ее так, чтобы конечные точки (вершины квадрата) занимали на кальке места соответствующие значениям их отметок (Рис. 2.4).

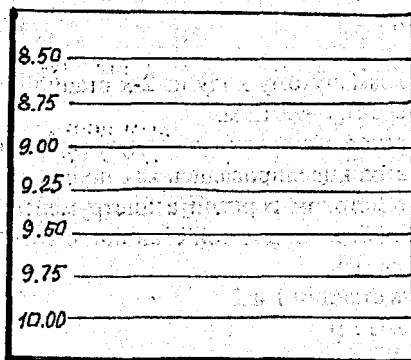


Рис. 2.3

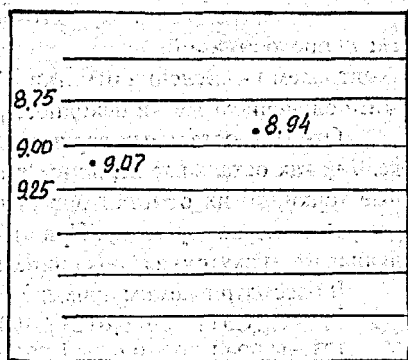
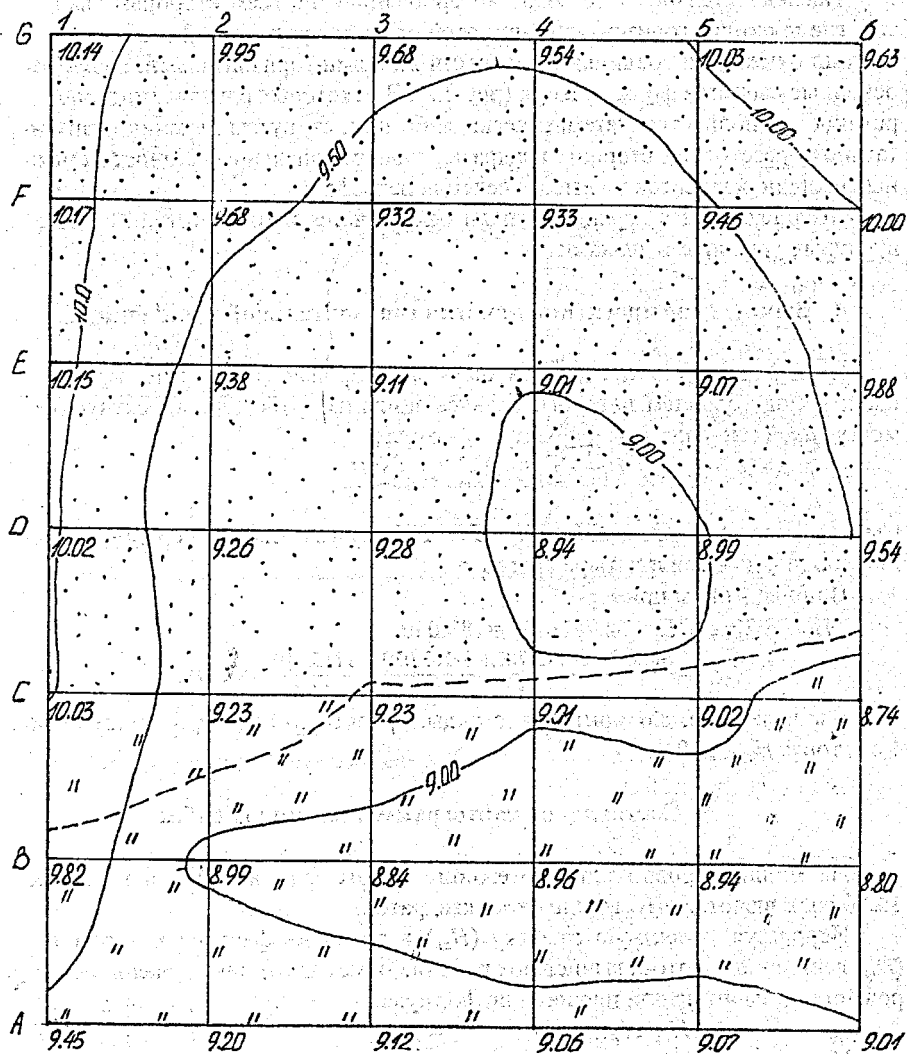


Рис. 2.4

План участка.



Масштаб 1:200

Высота сечения рельефа 0.25 м

Рис. 2.2

Зафиксировав в таком положении палетку, накалывают иглой по стороне квадрата точки пересечения с линиями на палетке и отмечают их отметки равные отметкам горизонталей.

Последовательно выполняют интерполяцию по всем сторонам квадратов, где проходят горизонталы с высотой сечения кратные h . Точки с одинаковыми отметками соединяют плавными линиями-горизонталями, соблюдая основные свойства форм рельефа (рис.2.2). В некоторых случаях, интерполирование выполняется математически либо на глаз, путем деления горизонтального расстояния стороны квадрата, пропорционального разности смежных вершин квадратов по высоте сечения рельефа h .

Составленный в карандаше план оформляется в соответствии с действующими условными знаками.

4. Вычисление проектной отметки горизонтальной площадки.

Если рельеф участка должен быть спланирован горизонтальной площадкой под условием нулевого баланса земляных работ, то проектную отметку такой площадки вычисляют по формуле:

$$H_{np} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n}, \quad (2.2)$$

где n – число квадратов; $\sum H_1$; $\sum H_2$; $\sum H_3$; $\sum H_4$ – сумма отметок вершин, входящих в один, два, три и четыре квадрата.

В приведенном примере:

$$\sum H_1 = 38,228; \sum H_2 = 172,781; \sum H_4 = 183,030.$$

$$H_{np} = \frac{38,228 + 2 \cdot 172,781 + 4 \cdot 183,030}{120} = \frac{1115,910}{120} = 9,299 \text{ м}$$

Вычисленную, для контроля дважды, проектную отметку округляют до 1 см, тогда $H_{np} = 9,30$ м.

5. Составление картограммы земляных работ.

На миллиметровой или чертежной бумаге формата А-4 в масштабе 1:250 составляют схему в виде сетки квадратов.

Используя проектную отметку (H_{np}) и значение фактических отметок ($H_{ф}$) вершин квадратов, вычисляют рабочие отметки (h) для случая проектирования горизонтальной площади по формуле:

$$h = H_{np} - H_{ф}. \quad (2.3)$$

Положительные значения h_n выражают высоту насыпи грунта, отрицательные значения h_s показывают глубину выемки (срезки грунта).

Вычисленные рабочие отметки при проектировании горизонтальной площадки выписываются на вычерченную схему над соответствующими вершинами квадратов. Графическим документом по вертикальной планировке является картограмма земляных работ, (рис.2.5) составленная на основе приведенной схемы с рабочими отметками, где показано положение ли-

Зафиксировав в таком положении палетку, накалывают иглой по стороне квадрата точки пересечения с линиями на палетке и отмечают их отметки равные отметкам горизонталей.

Последовательно выполняют интерполяцию по всем сторонам квадратов, где проходят горизонталы с высотой сечения кратные h . Точки с одинаковыми отметками соединяют плавными линиями-горизонталями, соблюдая основные свойства форм рельефа (рис.2.2). В некоторых случаях, интерполирование выполняется математически либо на глаз, путем деления горизонтального расстояния стороны квадрата, пропорционального разности смежных вершин квадратов по высоте сечения рельефа h .

Составленный в карандаше план оформляется в соответствии с действующими условными знаками.

4. Вычисление проектной отметки горизонтальной площадки.

Если рельеф участка должен быть спланирован горизонтальной площадкой под условием нулевого баланса земляных работ, то проектную отметку такой площадки вычисляют по формуле:

$$H_{np} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n}, \quad (2.2)$$

где n – число квадратов; $\sum H_1$; $\sum H_2$; $\sum H_3$; $\sum H_4$ – сумма отметок вершин, входящих в один, два, три и четыре квадрата.

В приведенном примере:

$$\sum H_1 = 38,228; \sum H_2 = 172,781; \sum H_4 = 183,030.$$

$$H_{np} = \frac{38,228 + 2 \cdot 172,781 + 4 \cdot 183,030}{120} = \frac{1115,910}{120} = 9,299 \text{ м}$$

Вычисленную, для контроля дважды, проектную отметку округляют до 1 см, тогда $H_{np} = 9,30$ м.

5. Составление картограммы земляных работ.

На миллиметровой или чертежной бумаге формата А-4 в масштабе 1:250 составляют схему в виде сетки квадратов.

Используя проектную отметку (H_{np}) и значение фактических отметок ($H_{ф}$) вершин квадратов, вычисляют рабочие отметки (h) для случая проектирования горизонтальной площадки по формуле:

$$h = H_{np} - H_{ф}. \quad (2.3)$$

Положительные значения h_n выражают высоту насыпи грунта, отрицательные значения h_n показывают глубину выемки (срезки грунта).

Вычисленные рабочие отметки при проектировании горизонтальной площадки выписываются на вычерченную схему над соответствующими вершинами квадратов. Графическим документом по вертикальной планировке является картограмма земляных работ, (рис.2.5) составленная на основе приведенной схемы с рабочими отметками, где показано положение ли-

Картограмма земляных работ

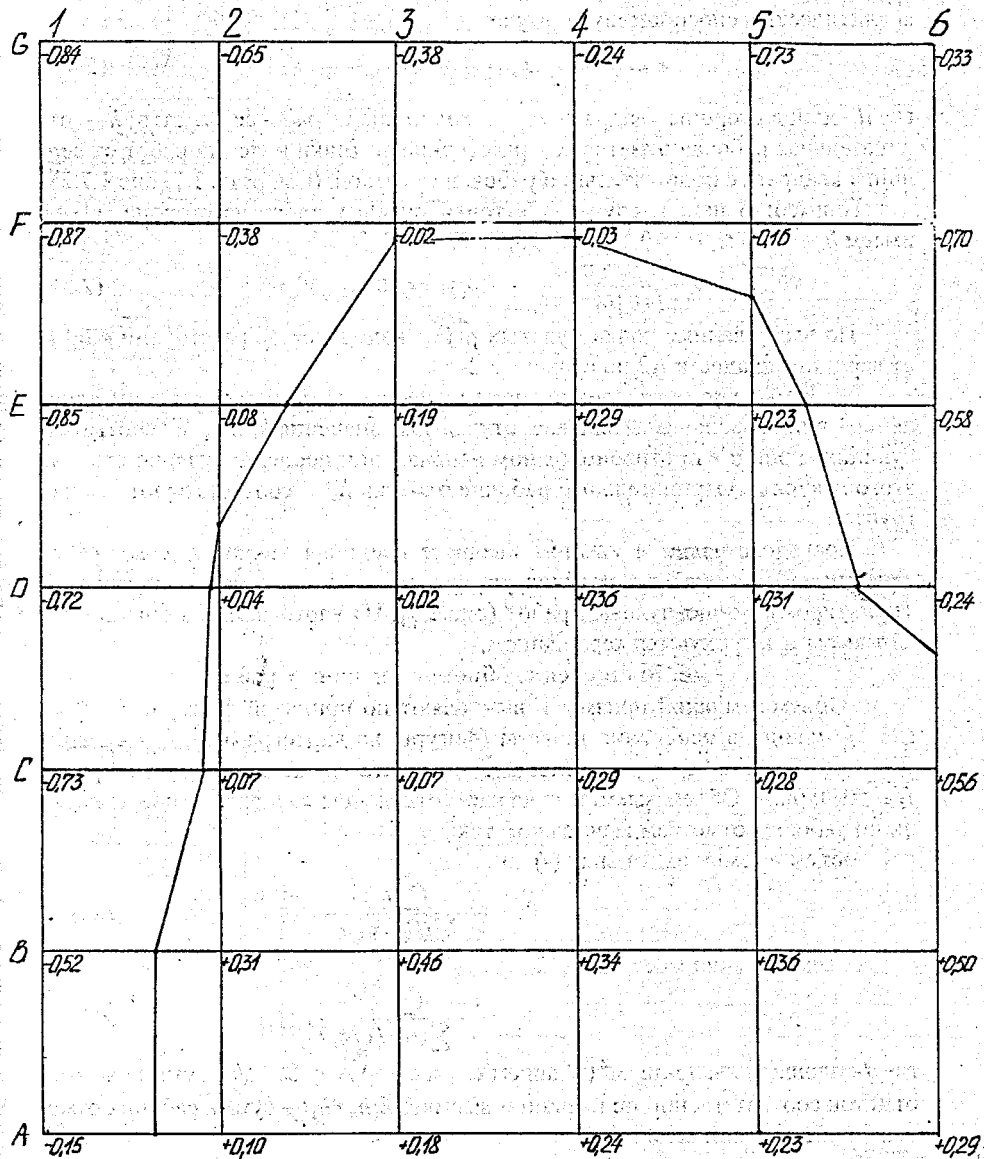


Рис.2.5

нулевых работ. Линия нулевых работ проходит через стороны квадратов, имеющие на своих концах рабочие отметки с различными знаками.

Положение точек нулевых работ (рис.2.5) на сторонах квадратов определяют аналитическим способом по формуле:

$$x = \frac{h_n}{|h_n| + |h_e|} \cdot d, \quad (2.4)$$

где d – длина стороны квадрата; h_n – положительная рабочая отметка; h_e – отрицательная рабочая отметка; x – расстояние до точки нулевых работ от вершины квадрата с положительной рабочей отметкой. (См. разд. 1.7. рис.1.7.2)

Пример: В нашем случае для точки нулевых работ на стороне А1-А6 имеем $h_n = +0,10$ м; $h_e = -0,15$ м; $d = 10,00$ м.

$$x = \frac{+0,10}{|+0,10| + |-0,15|} \cdot 10,00 = 4,00 \text{ м.} \quad (2.5)$$

По вычислениям точка нулевых работ находится на расстоянии 4,00 м от вершины квадрата А2 по стороне А2-А1.

Возможно определение точки нулевых работ графической интерполяцией в произвольном масштабе, откладывая значения h_n и h_e от соответствующих вершин в противоположном направлении перпендикулярно стороне этого квадрата. Отрицательные рабочие отметки h_e – соответствуют выемке грунта.

Последовательно в каждом квадрате соединяя точки нулевых работ пунктирной линией по границе раздела насыпи и выемки – обозначаем (пунктиром) линию нулевых работ (рис.2.5). На картограмме земляных работ выемки штрихуются карандашом.

6. Вычисление объемов земляных работ.

Объем земляной призмы V вычисляют по принятой формуле $V = fh_{cp}$, где f – площадь основания призмы (фигуры на картограмме), h_{cp} – средняя рабочая отметка фигуры. Площадь квадрата в нашем задании равна $f = d^2 = 100,00$ м. Объем выемки в каждом отдельном квадрате и объем насыпи по рабочим отметкам вычисляют так:

объем выемки имеет знак (-)

$$V_B = \frac{f}{4} \cdot \frac{(\sum h_e)^2}{\sum (|h_n| + |h_e|)}, \quad (2.6)$$

объем насыпи имеет знак (+)

$$V_n = \frac{f}{4} \cdot \frac{(\sum h_n)^2}{\sum (|h_n| + |h_e|)}, \quad (2.7)$$

где f – площадь квадрата, м² (в нашем случае 100 м²); $\sum h_n$, $\sum h_e$ – сумма рабочих отметок соответственно по насыпи и выемке; $\sum (h_n + h_e)$ – сумма рабочих отметок по абсолютной величине.

Вычисление выполняют в ведомости по форме таблицы 2.2.

Разница в объемах насыпи и выемки допустима до 3%.

$$\Delta V\% = \frac{\sum V_n - |\sum V_e|}{\sum V_n} \cdot 100\% \leq 3,0\%.$$

Таблица 2.2.

Ведомость вычисления объемов земляных работ

Номера квадрата	$f/4$ M^2	ΣH_n	$(\Sigma h_n)^2$	ΣH_0	$(\Sigma h_0)^2$	$\Sigma (h_n + h_0)$	Объем M^3	
							$V_{нас}$	$V_{выем.}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	25	0,673	0,453	0,406	0,165	1,079	10,494	3,819
2	25	-	-	1,052	1,107	1,052	-	26,300
3	25	-	-	1,223	1,496	1,223	-	30,575
4	25	-	-	1,172	1,374	1,172	-	29,300
5	25	-	-	1,320	1,742	1,320	-	33,000
6	25	1,250	1,563	0,379	0,144	1,629	23,979	2,204
7	25	-	-	0,912	0,832	0,912	-	22,800
8	25	-	-	1,163	1,353	1,163	-	29,075
9	25	-	-	1,277	1,631	1,277	-	31,025
10	25	-	-	1,710	2,924	1,710	-	42,750
11	25	1,447	2,094	0,109	0,012	1,556	33,641	0,191
12	25	-	-	0,198	0,039	0,198	-	4,950
13	25	-	-	0,739	0,546	0,739	-	18,475
14	25	-	-	1,244	1,548	1,244	-	31,100
15	25	0,240	0,058	1,155	1,334	1,395	1,032	23,907
16	25	1,647	2,713	0,036	0,001	1,683	40,294	0,019
17	25	0,077	0,006	0,244	0,060	0,321	0,462	0,637
18	25	-	-	0,857	0,734	1,185	-	21,425
19	25	-	-	1,185	1,404	1,358	-	29,625
20	25	0,822	0,676	0,536	0,287	2,183	12,439	5,289
21	25	2,183	4,765	-	-	-	54,575	-
22	25	0,480	0,230	0,189	0,036	0,669	8,610	1,335
23	25	0,052	0,003	0,476	0,227	0,528	0,128	10,728
24	25	0,189	0,036	0,513	0,263	0,702	1,272	9,372
25	25	1,441	2,076	0,226	0,051	1,667	31,141	0,766
26	25	2,746	7,541	-	-	2,746	68,650	-
27	25	1,436	2,062	-	-	1,436	35,900	-
28	25	0,671	0,450	-	-	0,671	16,775	-
29	25	1,152	1,327	-	-	1,152	28,800	-
30	25	1,919	3,683	-	-	1,919	47,975	-

$$\Delta V\% = \frac{\sum V_n - \sum V_0}{\sum V_n} \cdot 100\% = 0,6\% < 3\%$$

$$\Sigma V_n \quad \Sigma V_0$$

416,17 413,57

Раздел 3.

Подготовка данных для выноса в натуру проектного сооружения.

3.1. Перенесение на местность оси сооружения полярным способом.

Основные положения.

Вынесением проекта сооружения в натуру (на местность) называют геодезические работы, которые выполняются для закрепления на местности точек осей, определяющих местоположение всего сооружения, а также его частей и элементов.

Разбивка выполняется в соответствии с генеральным планом и рабочими чертежами сооружения и должна обеспечить полное соответствие будущего сооружения проекту.

На первом этапе на местность выносят оси сооружения - главные (оси симметрии) и основные (определяющие форму сооружения).

Точность этого вида разбивочных работ зависит от способа проектирования объекта и погрешностей геодезической подготовки проекта и, если проект не связан с существующими сооружениями, может соответствовать графической точности, равной $0,1 \text{ мм}$, взятой в масштабе генплана, т.е. $0,1m$, где m - знаменатель масштаба плана.

Вторым этапом разбивки сооружения является его детальная разбивка. От закрепленных на местности главных и основных осей выносят оси частей сооружения и разбивают положение элементов конструкций.

Точность m_p разбивочных работ на втором этапе обычно определяют по формуле $m_p = \delta/3$, где δ - допустимое отклонение от проекта согласно строительным нормам и правилам (СНиП) или техническим условиям. В особых случаях при строительстве уникальных и сложных сооружений устанавливают более высокую точность геодезических работ $m_p = \delta/6 \div \delta/10$.

В комплекс геодезических работ, обеспечивающих вынесение проекта в натуру, входят: создание разбивочной сети, геодезическая подготовка данных для разбивочных работ, разбивочные работы.

Перенос проекта в натуру выполняется по разбивочному чертежу.

Если специального разбивочного чертежа в проекте нет, то он должен быть составлен по данным генплана и рабочих чертежей. Составление разбивочного чертежа должно осуществляться, как правило, на основе аналитического расчета.

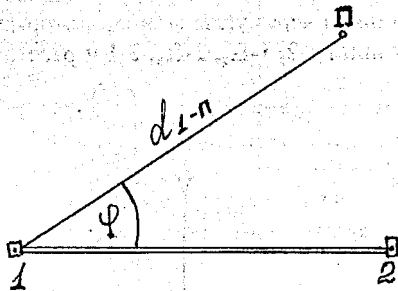
Исходной плановой разбивочной основой может служить система теодолитных ходов, проложенных на местности.

Способы выноса точки в натуру

Основными способами разбивки сооружений являются: способ полярных координат, способ прямой угловой засечки, способ прямоугольных координат, способ линейной засечки и способ створной засечки.

Выбор того или иного способа зависит от расположения разбивочной основы, от формы и размеров объекта строительства, от возможности угловых и линейных измерений и т.д.

Способ полярных координат применяется, если сооружение находится вблизи геодезической разбивочной сети и окружающая его местность удобна для производства линейных измерений.



П – проектная точка.

Положение точки П на местности определяют, установив на т.1 теодолит и отложив от направления угол φ , а от пункта 1 расстояние $d_{1-п}$ (Рис.3.1).

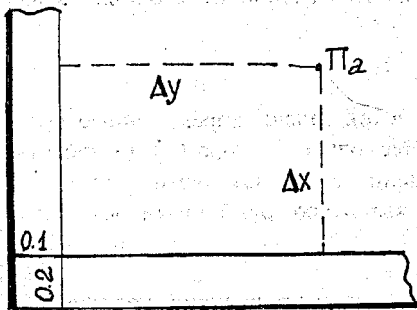
Разбивочными элементами для данного способа являются угол φ и расстояние $d_{1-п}$.

Рис.3.1 Способ полярных координат.

Задание: Выполнить графо-аналитическую подготовку геодезических данных для выноса оси сооружения $П_а-П_в$ полярным способом. Исходными данными для работы являются план участка местности М1:500, на котором преподавателем нанесены две проектные точки $П_а$ и $П_в$ (главная ось сооружения), и ведомость координат точек теодолитного хода. Решение обратных геодезических задач для расчета разбивочных элементов произвести в таблице. Разбивочный чертеж выполнить карандашом в произвольном масштабе.

Порядок выполнения работ.

1. Определяют графически по плану координаты проектных точек $П_а$ и $П_в$. Для получения необходимой точности координаты определяют с помощью измерителя и металлической масштабной линейки (рис.3.2).



Из точки $П_а$ опускают перпендикуляры на линии координатной сетки. Длина Δx и Δy перпендикуляров измеряют с точностью масштаба плана с помощью измерителя и масштабной линейки.

Пример: $x=0,1 \text{ км} + \Delta x = 100 \text{ м} + \Delta x$
 $y=0,2 \text{ км} + \Delta y = 200 \text{ м} + \Delta y$
 $x=144,04 \text{ м}; y=299,80 \text{ м}$

Рис. 3.2.

2. Выбираем исходную линию теодолитного хода для выноса полярным способом проектных точек Π_a и Π_b . При этом полярные расстояния, по возможности, должны быть небольшими, и на местности в этом направлении не должно быть препятствий для измерений. Полярные углы должны быть не менее 20° . Делают вспомогательный чертеж в произвольном масштабе, поясняющий схему определения разбивочных элементов (углов и расстояний) полярным способом от линии теодолитного хода.

Например: От линии теодолитного хода 1-2 положение проектных точек Π_a и Π_b по полярному способу представили через углы φ_a и φ_b , которые вычисляются через дирекционные углы линий 1-2, 1- Π_a , 2- Π_b , 2-1 и расстояния d_{1-a} , d_{2-b} (рис.3.3).

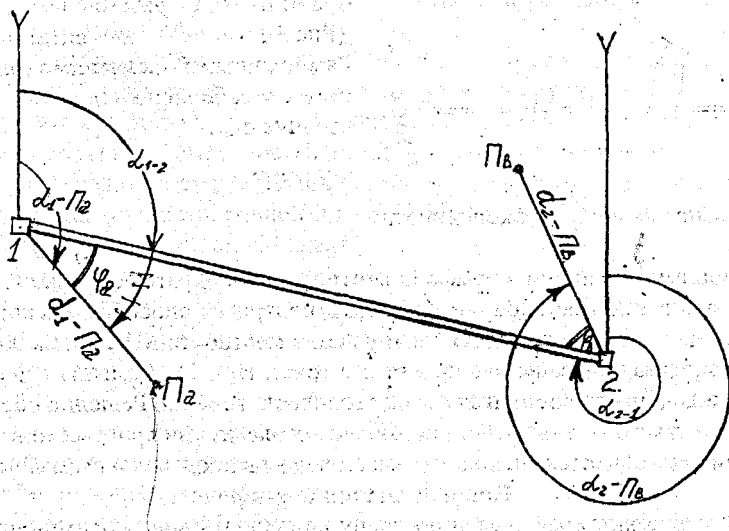


Рис.3.3. Вспомогательный чертеж

Из ведомости вычисления координат точек теодолитного хода выписывают координаты точек Т1, Т2:

$$X_{T1}=161,25 \text{ м} \quad Y_{T1}=250,36 \text{ м}$$

$$X_{T2}=131,08 \text{ м} \quad Y_{T2}=394,36 \text{ м}$$

По формуле обратной геодезической задачи дирекционные углы и расстояния для направления от точки теодолитного хода (Т) до проектной точки (П). Для этого вычисляют приращения координат по этим точкам:

$$\Delta X_{T-\Pi} = X_T - X_\Pi, \quad \Delta Y_{T-\Pi} = Y_T - Y_\Pi, \text{ далее вычисляют румб линии Т-П:}$$

$$\tau = \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

Направление румба определяют по знакам приращений координат. По румбам находят дирекционный угол направления (табл.3.1).

Далее по известным румбам и приращениям координат вычисляют расстояние $d_{1-a} = \frac{\Delta X_{1-a}}{\cos r_{1-a}} = \frac{\Delta Y_{1-a}}{\sin r_{1-a}}$.

По дирекционным углам вычисляют углы φ_1 и φ_2 (рис.3.3).

Таблица 3.1

Определение направлений румбов и вычисление дирекционных углов.

Знаки приращения ΔX и ΔY	Направление румба	Вычисление дирекционного угла α
$\Delta X+$ $\Delta Y+$	СВ	$\alpha=r$
$\Delta X-$ $\Delta Y+$	ЮВ	$\alpha=180^\circ-r$
$\Delta X+$ $\Delta Y-$	ЮЗ	$\alpha=180^\circ+r$
$\Delta X+$ $\Delta Y-$	СЗ	$\alpha=360^\circ-r$

Вычисления по решению обратной геодезической задачи рекомендуется выполнять на микрокалькуляторе или с использованием таблиц тригонометрических функций с оформлением результатов в виде таблицы 3.2.

Таблица 3.2

Расчет разбивочных элементов переноса в натуре осей здания.

№ п.п.	Формулы и обозначения	Направления Т-П		
		Т1-Па	Т2-Пв	Т1-Т2
1	$Y_{п}$	299,80	384,17	394,36
2	$Y_{т}$	250,36	394,36	250,36
3	$\Delta Y_{т-п} = Y_{п} - Y_{т}$	+49,44	-10,19	+144,00
4	$X_{п}$	144,04	195,46	131,08
5	$X_{т}$	161,25	131,08	161,25
6	$\Delta X_{т-п} = X_{п} - X_{т}$	-17,21	+64,38	-30,17
7	$tgr_{т-п} = \Delta Y_{т-п} / \Delta X_{1-a}$	2,87275	0,15828	4,77295
8	$r_{1-a} = \arctg \Delta Y / \Delta X$	ЮВ:70° 48'30"	СЗ:8°59'30"	ЮВ:78° 10'00"
9	α_{1-a}	109 11 30	351 00'30"	101 50'00"
10	$\sin r_{т-п}$	0,94444	0,15633	0,97875
11	$\cos r_{т-п}$	0,32875	0,98770	0,20506
12	$d_{1-a} = \Delta Y_{1-a} / \sin r_{1-a}$	52,35	65,18	147,13
13	$d_{1-a} = \Delta X_{1-a} / \cos r_{1-a}$	52,35	65,18	147,13
14	$\varphi_{п}$	$\varphi_1 = 7^\circ 21'30''$	$\varphi_2 = 69^\circ 10'30''$	$\alpha_{2-1} = 281^\circ 50' 00''$
15	$d_{ср}$	52,35 м	65,18 м	147,13 м.

Для определения разбивочных углов следует составить отдельные вспомогательные чертежи с числовыми значениями составляющих дирекционных углов рис. 3.4.

5. Составляют разбивочный чертеж. Его составляют в произвольном масштабе так, чтобы весь числовой и графический материал читался без затруднений. На чертеже показывают все выносимые проектные точки и стороны теодолитного хода, значения разбивочных элементов и направление на север для ориентирования чертежа на местности. Рис 3.5.

На разбивочном чертеже должны быть подписи лиц, составивших и проверивших чертеж.

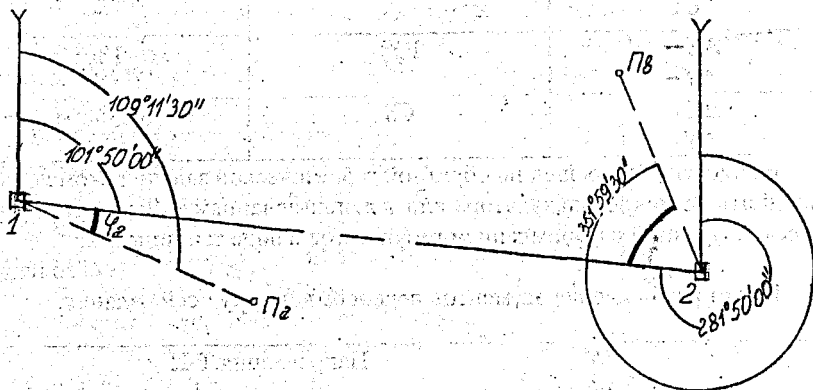


Рис 3.4

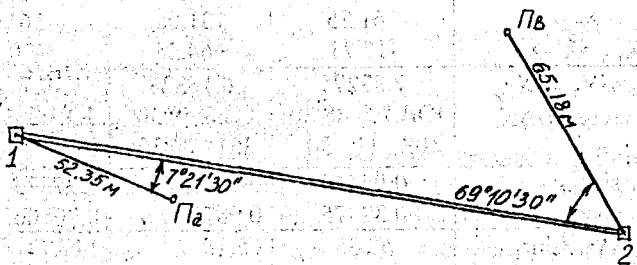


Рис. 3.5. Разбивочный чертеж.

3.2. Построение на местности элементов разбивочных работ.

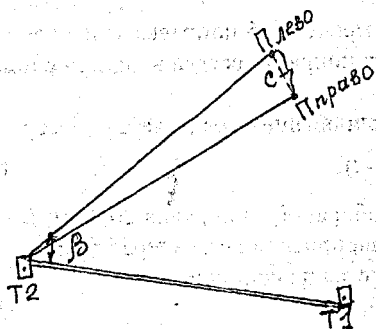
Общие положения.

Перенесение или разбивка на местности (в натуре) проектных точек, осей определяющих проектное положение сооружения и его элементов в плане производится на основе специальных расчетов, результаты которых выписаны на разбивочный чертеж рис.3.5. Точность разбивки различных типов сооружений регламентируется СНиП. Точность выноса на местности разбивочных элементов: горизонтальных углов и расстояний зависит от класса точности геодезических приборов и методики работ.

Задание. Вынести на местности две проектные точки А, В, представляющие ось сооружения, по данным разбивочного чертежа.

Порядок работы.

1. Построение проектного угла с точностью отсчетного устройства теодолита.



Теодолит устанавливают в рабочее положение, например при круге лево, над вершиной Т2 выносимого угла β рис. 3.6, закрепляют горизонтальный лимб, зрительной трубой визируют на точку Т1, берут отсчет по горизонтальному лимбу В и прибавляют к нему числовое значение β . Вычислив величину отсчета $\xi = В + \beta$, вращают верхнюю часть теодолита (при закрепленном горизонтальном лимбе) и устанавливают ее на этом отсчете.

Рис.3.6

По команде наблюдателя помощник устанавливает шпильку (вешку) в створе визирной оси, так чтобы она совместилась с серединой биссектора сетки нитей П^{лево}. Для исключения коллимационной ошибки теодолита аналогичные операции повторяют при другом положении вертикального круга (право) и получают другую точку П^{право}.

За окончательное положение точки П принимают середину отрезка $С = П^{лево} - П^{право}$ величину С измеряют линейкой до мм, Точку П закрепляем шпилькой по середине отрезка С.

Для контроля выполненной работы производят измерение отложенного горизонтального угла одним полным приемом с записью результатов в журнале β_k . Вычисляют разницу между измеренным и проектным значениями углов $\Delta\beta_k = \beta_k - \beta$. Величина разности не должна превышать удвоенной точно-

сти инструмента т.е. $|\Delta\beta_k| \geq 2t$. Если это условие не выполняется, то построение полностью выполняют заново.

1. Перенесение на местность проектной длины линии.

Для перенесения на местность проектной длины линии d рулеткой или мерной лентой от исходной точки Т2 (рис.3.6) по направлению Т2-П откладывают вычисленное наклонное расстояние D , горизонтальное проложение которого равно проектному значению d . Наклонное расстояние вычисляют по формуле:

$$D = d + \Delta, \quad 3.2.1$$

где Δ - сумма поправок за наклон линии, компарирование мерного прибора и температуру.

Необходимо перед определением D измерить температуру мерного прибора с погрешностью $2 \pm 3^\circ\text{C}$; угол наклона местности по направлению Т2-П, и выписать по результатам компарирования рабочую длину ленты (рулетки).

Поправка за наклон линии вычисляется по формуле:

$$\Delta dv = 2D \sin^2 \frac{\nu}{2}, \quad 3.2.2$$

где ν - угол наклона линии. При угле ν менее $1^\circ 5'$ поправка за наклон незначительная и может не учитываться. Эта поправка всегда вводится с положительным знаком.

Поправка к длине линии за компарирование определяется по формуле

$$\Delta dk = \frac{d}{l} (l_r - l), \quad 3.2.3$$

где l - номинальная длина мерного прибора, обычно равна 20,00 м; l_r - фактическая длина, определенная при компарировании с температурой t .

Поправка за температуру определяется по формуле:

$$\Delta dt = \alpha d (t - t_0), \quad 3.2.4$$

где α - температурный коэффициент стали и равен 0,0000125; t - температура при измерении линии; t_0 - температура, при которой компарировался мерный прибор. При разности температур $(t - t_0)$ менее 8°C поправку Δdt не учитывают если $d \geq 20,0$ м.

При построении проектного отрезка мерный прибор последовательно укладывают по створу линии Т2-П целое число раз, а затем откладывают остаток, который менее 20 метров. Поправка за компарирование и за температуру вводится с обратным знаком.

Пример: Вычислим длину отрезка, который надо отложить на местности, чтобы получить проектный отрезок равный 65,18 м, если рабочая длина равна 19,97 м; разница температур при компарировании и измерениях -6° , а наклон линии местности $\nu = 3^\circ 45'$.

По формулам (3.2.1-3.2.4) определяем:

$$\Delta dk = \frac{65,18}{20,00} (19,97 - 20,00) = -9,8 \text{ см};$$

$$\Delta dv = 2 \cdot 65,18 \cdot 0,00104 = 13,6 \text{ см};$$

$$\Delta dt = 0,000025 \cdot 65,18 \cdot (-6) = -0,010 \text{ м};$$

$$D = 65,18 + 0,136 + 0,098 - 0,010 = 65,404 \text{ м}.$$

Для рассмотренного выше примера – D равно 65,40 м, целое число уложений равно 3, остаток равен 5,40 м, уложение мерного прибора в створ Т2-П осуществляется на глаз, натяжение (примерно 10 кг) от руки. Полученную точку П закрепляют временным знаком (шпилькой).

Для контроля построенных отрезков Т2-П измеряют в обратном направлении. Результат контрольного измерения D_k не должен отличаться от D более чем 1:2000. Если условие выполнено, то точку П закрепляют кольшком.

3.3. Вынесение в натуру проектной отметки.

В качестве проектной отметки $H_{пр}$ можно использовать проектную отметку какого-либо пикета (см. продольный профиль трассы автодороги). В качестве исходного репера можно использовать какую-либо точку теодолитного хода, расположенную вблизи этого пикета.

Для решения этой задачи необходимо установить нивелир примерно посередине между репером и пикетом, проектную отметку которого необходимо вынести (Рис.3.7).

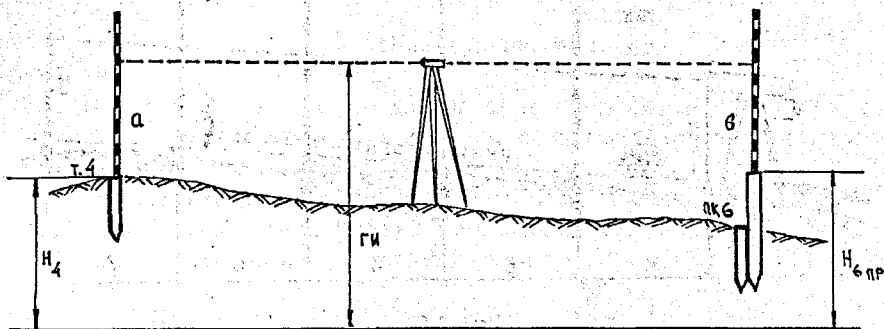


Рис. 3.7

На точку теодолитного хода т.4 устанавливают вертикально рейку и берут отсчеты по черной и красной сторонам $a_ч$ и $a_к$ (измерения):

$$a_ч = 1567$$

$$a_к = 6253$$

$$P.O. = 4686.$$

Затем выполняют необходимые вычисления, т.е. проектные отсчеты $v_ч$ и $v_к$ по черной и красной сторонам рейки, когда ее пятка будет на проектной высоте:

$$\left. \begin{aligned} v_ч &= H_{т.4} + a_ч - H_{п.к.6} \\ v_к &= H_{т.4} + a_к - H_{п.к.6} \end{aligned} \right\} (3.3.1)$$

Затем рядом с пикетом 6 (фактический пикет на уровне земли) вбивают колышек до тех пор, пока отсчеты по рейке, поставленной вертикально на этом колышке, не будут равны v_n и v_k (± 5 мм.)

3.4. Вынесение в натуру линии проектного уклона.

Для решения этой задачи чаще всего применяют нивелир НЗ и нивелирную рейку РНЗ. Проектный уклон может быть вынесен в натуру наклонным визирным лучом или горизонтальным лучом. Нивелир закрепляют так, чтобы два его подъемных винта были параллельны линии проектного уклона (рис 3.8).

Между пикетами (ПК0, ПК1), которые вынесены и закреплены в натуре в соответствии с их проектными отметками, измеряют высоту нивелира J на ПК0 и, действуя подъемными винтами, добиваются отсчета равного J по рейке установленной на ПК1.

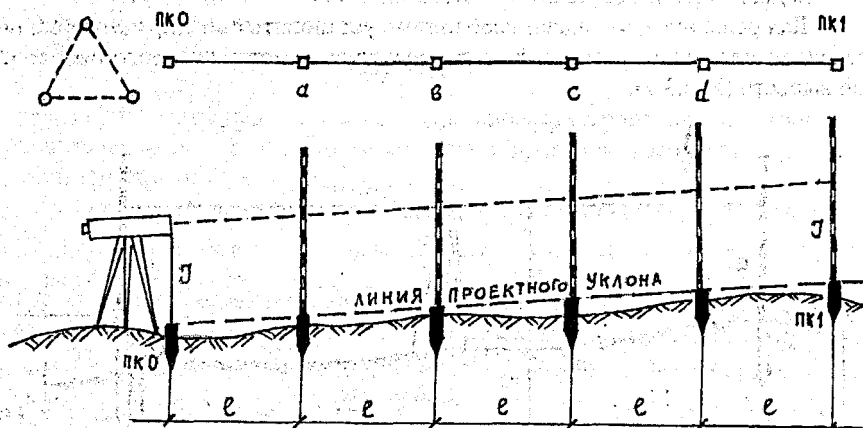


Рис. 3.8

Затем закрепляют колья через интервал ℓ (рис.3.8) таким образом, чтобы отсчеты по рейке, устанавливаемой последовательно на эти колья, также равнялись величине J . Тогда линия, проходящая поверху кольев, будет соответствовать линии проектного уклона. Интервал разбивки ℓ может быть 5,10 и более метров.

Если в натуре вынесена только исходная проектная точка (ПК0, например) и необходимо выполнить вынесение линии проектного уклона, то визирную ось приводят в горизонтальное положение (рис. 3.9) и вычисляют проектные отсчеты по рейкам, через интервал ℓ по формулам: (3.4.1), где i – величина проектного уклона.

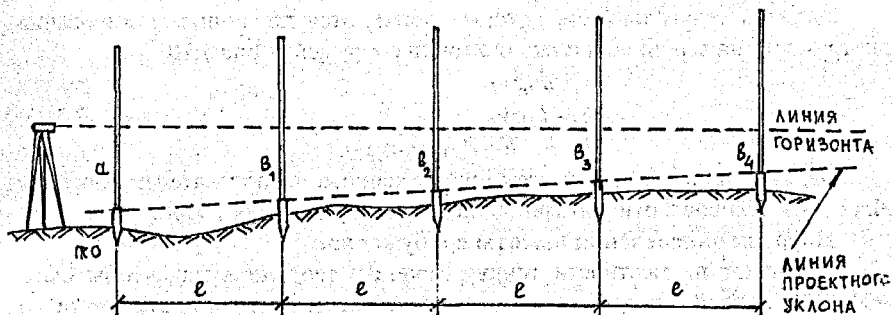


Рис. 3.9

$$\begin{aligned}
 v_1 &= a_{\text{пко}} + i \cdot l \\
 v_2 &= a_{\text{пко}} + i \cdot 2l \\
 &\dots\dots\dots \\
 v_n &= a_{\text{пко}} + i \cdot n \cdot l
 \end{aligned}
 \tag{3.4.1}$$

3.5. Определение высоты сооружения.

Общие положения.

В практике геодезических измерений приходится выполнять определение высоты сооружения или объекта косвенным методом через измерения вертикального угла и горизонтального расстояния (базиса).

Угловые измерения выполняют теодолитом, который устанавливают от сооружения на расстоянии около $2/3$ его высоты так, чтобы можно было отмерить по горизонтальной плоскости базис d лентой с точностью $1:2000$.

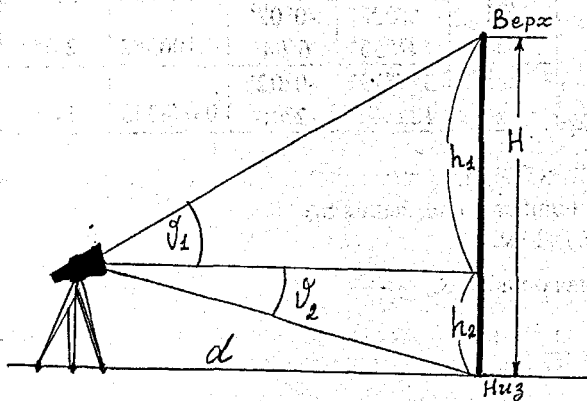


Рис. 3.10

Вычисление высоты сооружения производится по тригонометрическим формулам из треугольников, которые образуются по линиям визирования инструмента на верхнюю и нижнюю точки сооружения рис 3.10:

$$\begin{aligned} h_1 &= d \cdot \operatorname{tg} v_1 \\ h_2 &= d \cdot \operatorname{tg} v_2 \\ H &= h_1 + h_2 = d \cdot (\operatorname{tg} v_1 + \operatorname{tg} v_2). \end{aligned} \quad (3.5.1)$$

Задание. Определить высоту предложенного преподавателем сооружения с двух базисов с относительной ошибкой определения 1: 300.

Порядок определения высоты сооружения.

Намечают на местности точку установки теодолита так, чтобы было возможно лентой измерить горизонтальное расстояние от инструмента до основания (нижней точки) сооружения. Расстояние измеряют с точностью 1:2000, это расстояние - базис d_1 . Теодолит привести в рабочее положение. Измерить вертикальные углы при двух положениях круга на точку Н (низ сооружения) и В (верх сооружения). Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 3.3. Затем все измерения произвести со второй станции при другом значении базиса d_2 .

Таблица 3.3.

Определение высоты сооружения теодолитом Т-30 №77111.

№№ п/п базис	Точка набл.	Полож. круга	Отсчет по верт.кр.	МО вертик. угол	Tg V	(м) $d \cdot \operatorname{tg} V$	(м) Н
1 $d_1=15,00$ м	В	КЛ	10°03'	-0°01'	0,177531	2,66	3,86
		КП	169°55'	10°04'			
Н	КЛ	355°24'	-0°01'	0,080165	1,20		
	КП	184°34'	-4°35'				
2 $d=25,00$ м	В	КЛ	6°02'	-0°02'	0,106582	2,65	
		КП	173°55'	6°04'			
	Н	КЛ	357°13'	-0°02'	0,048325	1,21	
		КП	182°44'	-2°46'			

$$H_{cp} = 3,86 + 3,87 = 3,86 \text{ (м)}.$$

Абсолютная ошибка определения S_{abs} :

$$3,87 - 3,86 = 0,01 = 1 \text{ см.}$$

$$\text{Относительная ошибка } S_{отн} = \frac{S_{abs}}{H_{cp}}$$

$$S_{отн} = \frac{1 \text{ см}}{3,86 \text{ м}} = \frac{1}{386} \leq \frac{1}{300}$$

ЛИТЕРАТУРА:

1. Левчук Г.П., Новак В.Е., Конусов В.Г., Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ. Учебник для вузов. М.: Недра 1981, с 438
2. Инженерная геодезия в строительстве. Учебное пособие для строительных специальностей вузов /Разумов О.С., Ладонников В.Г. и др. М.: Высшая шк.,1984-216с.
3. Нестеренок М.С., Инженерная геодезия, Минск «Вышэйшая школа» 1986, 190 с.
4. Митин Н.А.; Таблицы для разбивки кривых на автомобильных дорогах. М.: Недра 1978.

Учебное издание

Составители: Сиякина Наталья Васильевна
Жукова Вера Павловна

**Геодезические работы при изыскании,
проектировании
и строительстве инженерных сооружений**

УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА

Методические указания
Часть II

Ответственный за выпуск: Сиякина Н.В.
Редактор: Строкач Т.В.
Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 1.02.02 г. Формат 60x84 1/16. Бумага «Чайка». Усл. п.л. 2,4. Уч. изд. л. 2,5. Тираж 200 экз. Заказ № 238. Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный технический университет». 224017, Брест, ул. Московская, 267.