

Методические указания составлены к. т. н., доцент Сте-
роженко А. Ф.

Методические указания составлены применительно
к учебному заданию по теме «Топографическая съемка» для
студентов специальности ТГВ.

ЗАДАНИЕ 1

ТЕОДОЛИТНЫЙ ХОД

1.1. Общие сведения

1.1.1. Целевая установка

В результате выполнения лабораторной работы студенты
должны освоить процесс вычисления координат точек теодо-
литного хода и научиться строить план теодолитного хода.

1.1.2. Содержание задания

Лабораторная работа рассчитана на 6 часов учебных за-
нятий. Первые четыре часа учебных занятий отводятся на
обработку журнала измерения углов и ведомости координат
точек теодолитного хода, последующие два часа — на пост-
росние и оформление плана теодолитного хода.

1.1.3. Материалы, подлежащие сдаче

1. Журнал измерения горизонтальных углов и сторон тео-
долитного хода (табл. 1.1.).
2. Ведомость вычисления координат (табл. 1.3.).
3. План теодолитного хода (рис. 7), составленный в мас-
штабе 1 : 1000.

1.2. Обработка журнала измерения горизонтальных углов и сторон теодолитного хода

Целью этой части лабораторного занятия является вычис-
ление горизонтальных углов по отсчетам, записанным в гра-
фу 3 журнала (табл. 1.1.).

В замкнутом теодолитном ходе измерены правые по ходу
углы. Поэтому угол, измеренный в полуприеме, вычисляют по
формуле

$$\beta = a - c, \quad (1)$$

где «а» и «с» — отсчеты соответственно на правую и левую
точки хода (рис. 1).

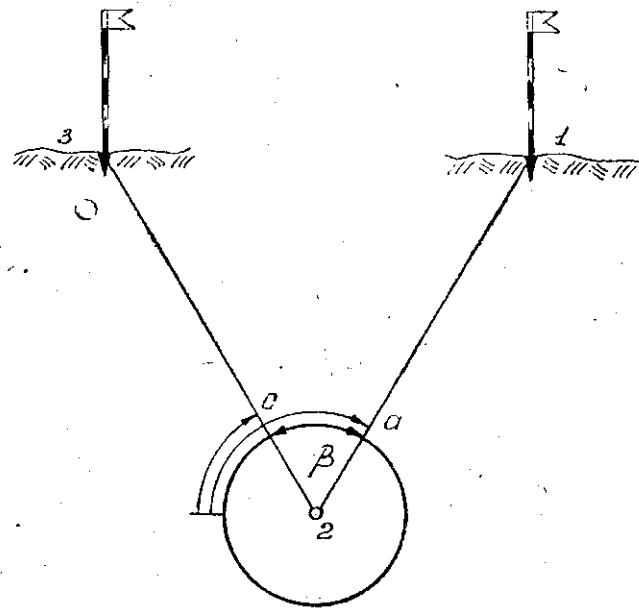


Рис. 1. Схема измерения горизонтального угла.

Результаты вычисления записывают в графу 4 журнала (табл. 1.1.).

Если расхождение между углами, измеренными при круге право (КП) и круге лево (КЛ), не превышает двойную точность измерения угла (для теодолита Т-30 — одна минута), то вычисляют среднее значение горизонтального угла в приеме и записывают в графу 5 журнала. Среднее значение горизонтального угла округляют до десятых долей минуты. Эти же значения углов выписывают в графу 2 ведомости вычисления координат (табл. 1.3.).

Пример. Вычислим горизонтальный угол на т. 1 теодолитного хода:

$$\beta = 193^{\circ}51' - 91^{\circ}42' = 102^{\circ}09' \text{ — при круге право;}$$

$$\beta = 285^{\circ}24' - 183^{\circ}16' = 102^{\circ}08' \text{ — при круге лево.}$$

$$\beta_{\text{ср.}} = 102^{\circ}08,5'$$

Далее вычисляют горизонтальные проложения d сторон теодолитного хода по формулам

4

Таблица 1.1

№ точек стояния	визи-рования	Отсчеты по микро-скопу	Углы, измеренные		Длины сторон	Углы наклона
			в полу-приеме	в приеме		
1	2	3	4	5	6	7
I	VI	КП 193°51'	102°09'	102°08,5'	114,20 114,22	0°00'
	II	КЛ 91°42'				
	VI	КЛ 285°24'				
	II	КП 183°16'				

$$d = D \cos v \quad (2)$$

$$\text{или } d = D - \Delta D, \quad (3)$$

в которых v — угол наклона линии к горизонту. (графа 7, табл. 1.1.), $\cos v$ определяется по пятизначным таблицам натуральных значений тригонометрических функций;

$$\Delta D = D(1 - \cos^2 v) = 2d \sin^2 \frac{v}{2}$$

поправка за наклон линии к горизонту.

Формулу (2) можно реализовать при помощи микрокалькуляторов, а также используя таблицу 1.2. поправок за наклон линии. Если угол наклона $v \leq 1^{\circ}$, то горизонтальное проложение d принимают равным значению D . Горизонтальные проложения округляют до 0,01 м и записывают в графу 6 ведомости вычисления координат (табл. 1.3.).

Пример. Средняя длина стороны I—II теодолитного хода составляет 103,20 м, т. е. $D_{\text{ср.}} = 103,20$ м. Часть этой линии $D' = 72,00$ м наклонена к горизонту на угол $v = 3^{\circ}00'$.

Вычислим горизонтальное проложение d' линии D' по формуле (2).

$$d = 72,00 \times 0,99863 = 71,90 \text{ м.}$$

2*

5

Таблица 1.2.

Углы наклона	Поправки за наклон линий к горизонту (мм) для расстояний (м)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1°00'	2	3	5	6	8	9	11	12	14	15
30'	3	7	10	14	17	21	24	27	31	34
2°00'	6	12	18	24	30	37	43	49	55	61
30'	10	19	29	38	48	57	67	76	86	95
3°00'	14	27	41	55	69	82	96	110	123	137
30'	19	37	56	75	93	112	131	149	168	187
4°00'	24	49	73	97	122	146	171	195	219	244
30'	31	62	82	123	154	185	216	247	277	308
5°00'	38	76	114	152	190	229	266	304	342	381
30'	46	92	138	184	230	276	322	368	414	460

Для контроля вычислим поправку ΔD в ту же линию $D' = 72,00$ м при угле наклона $\nu = 3^\circ 00'$ по формуле (3), используя табл. 1.2.

Получим:

$$\begin{aligned} 70 \text{ м} & - 96 \text{ мм} \\ 2 \text{ м} & - 3 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$72 \text{ м} - 99 \text{ мм} \approx 10 \text{ см}$$

$$d' = 72,00 \text{ м} - 0,10 \text{ м} = 71,90 \text{ м}$$

Тогда длина горизонтального проложения стороны I—II составит

$$d = 31,20 + 71,90 = 103,10 \text{ м}$$

1.3. Вычисление координат точек замкнутого теодолитного хода

Целью обработки результатов полевых измерений при прокладке теодолитных ходов является получение координат точек.

Исходными данными являются измеренные правые по ходу горизонтальные углы (графа 2), горизонтальные проложения сторон (графа 6), начальный дирекционный угол (графа 4) по индивидуальному варианту задания и координаты первой точки (графы 11 и 12) табл. 1.3.

1.3.1. Уравнивание горизонтальных углов

Угловая невязка f_β вычисляется по формуле

$$f_\beta = \sum \beta_{изм} - \sum \beta_{теор} \quad (4)$$

где $\sum \beta_{изм} = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n$ —

сумма измеренных углов теодолитного хода;

$$\sum \beta_{теор} = 180^\circ (n-2) -$$

теоретическая сумма углов в замкнутом многоугольнике, n — число углов.

Предельная величина невязки не должна превышать величины

$$пред f_\beta = 1' \sqrt{n}$$

Если $f_\beta \leq пред f_\beta$,

то угловую невязку распределяют с обратным знаком равными долями на все измеренные углы. Величины поправок δ_β в углы β вычисляют из выражения:

$$\delta_\beta = - \frac{f_\beta}{n} \quad (5)$$

округляют до 0,1 минуты и записывают красным цветом над измеренными углами.

В графу 3 выписывают исправленные углы:

$$\beta_{испр} = \beta_{изм} + \delta_\beta$$

Контроль: 1) сумма поправок δ_β в углы должна равняться угловой невязке f_β , взятой с обратным знаком

$$т.е. \sum \delta_\beta = -f_\beta ;$$

2) $\sum \beta_{испр} = \sum \beta_{теор} = 180^\circ (n-2)$.

Таблица 1.3.

Ведомость

№ точек	Горизонтальные углы		Дирекционные углы	Румбы	Горизонтальные проложения сторон
	измеренные	исправленные			
1	2	3	4	5	6
I			125°25'	ЮВ:54°35'	114,21
II	118°28,0'	118°28,0'	186°57'	ЮЗ: 6°57'	103,10
III	161°05,5'	161°06,0'	205°51'	ЮЗ:25°51'	141,79
IV	91°18,0'	91°18,0'	294°33'	СЗ:65°27'	176,62
V	+0,5 96°46,5'	96°47,0'	17°46'	СВ:17°46'	138,67
VI	-0,5 150°12,5'	150°12,0'	47°34'	СВ:47°34'	134,60
I	+0,5 102°08,5'	102°09,0'	125°25'		
II					
$\Sigma\beta_{изм} =$	719°59,0'	720°00,0'		$P = 808,99 \text{ м}$	
$\Sigma\beta_{теор} =$	720°00,0'				
$f\beta =$	-0°01,0'				
$пред f\beta =$	$1\sqrt{6} \approx 0°02,4'$				

1.3.2. Вычисление дирекционных углов и румбов сторон

В графу 4 ведомости координат выписывают исходный дирекционный угол первой стороны хода — α_{1-2} .

Дирекционные углы остальных сторон хода вычисляют по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{посл} &= \alpha_{пред} + 180^\circ - \beta_{л} \\ \alpha_{посл} &= \alpha_{пред} + \beta_{п} - 180^\circ \end{aligned} \right\} (6)$$

координат

Приращения координат				Координаты	
вычисленные		исправленные		X	Y
Δx	Δy	Δx	Δy		
7	8	9	10	11	12
+2	-3			500,00	520,00
-66,19	+93,07	-66,17	+93,04	433,83	613,04
+1	-3				
-102,34	-12,48	-102,33	-12,51	331,50	600,53
+2	-4				
-127,82	-61,38	-127,80	-61,42	203,70	539,11
+3	-6				
+73,38	-160,65	+73,41	-160,71	277,11	378,40
+2	-4				
+132,05	+42,32	+132,07	+42,28	409,18	420,68
+2	-4				
+90,80	+99,36	+90,82	+99,32	500,00	520,00
$\Sigma = +296,23$	$\Sigma = +234,75$	0	0		
$\Sigma = -296,35$	$\Sigma = -234,51$				
$f_x = -0,12$	$f_y = +0,24$				
$f_p = 0,27 \text{ м}$		$\frac{f_p}{P} = \frac{0,27}{809}$		$\approx \frac{1}{2996}$	$\approx \frac{1}{3000}$

где $\alpha_{посл}$ — дирекционный угол последующей стороны хода;

$\alpha_{пред}$ — дирекционный угол предыдущей стороны хода;

$\beta_{л}, \beta_{п}$ — соответственно исправленные правый и левый по ходу углы, заключенные между последующей и предыдущей сторонами теодолитного хода.

Пример: Дано $\alpha_{1-2} = 125^\circ 25,0'$, исправленные значения правых по ходу (графа 3, табл. 1.3.).

Вычислим дирекционные углы и румбы сторон теодолитного хода по формуле (6).

α_{1-2}	$= 125^{\circ}25,0'$	ЮВ: $54^{\circ}35,0'$
+	$180^{\circ}00,0'$	
<hr/>		
	$305^{\circ}25,0'$	
β_2	$118^{\circ}28,0'$	
<hr/>		
α_{2-3}	$186^{\circ}57,0'$	ЮЗ: $6^{\circ}57'$
+	$180^{\circ}00,0'$	
<hr/>		
	$366^{\circ}57,0'$	
β_3	$161^{\circ}06,0'$	
<hr/>		
α_{3-4}	$205^{\circ}51,0'$	ЮЗ: $25^{\circ}51'$

Контроль: в конце вычислений получают значение исходного дирекционного угла α_{1-2} .

Вычисленные дирекционные углы записывают в графу 4 ведомости координат. Если окажется, что некоторые из них больше 360° , то их надо уменьшить на эту величину.

По дирекционным углам α вычисляют румбы γ сторон хода, используя зависимость:

- I СВ: $\gamma_1 = \alpha_1$,
- II ЮВ: $\gamma_2 = 180^{\circ} - \alpha_2$,
- III ЮЗ: $\gamma_3 = \alpha_3 - 180^{\circ}$,
- IV СЗ: $\gamma_4 = 360^{\circ} - \alpha_4$.

Вычисленные румбы записывают в графу 5 ведомости координат в такой форме: ЮВ: $54^{\circ}35,0'$.

1.3.3. Вычисление приращений координат

По дирекционным углам и длинам горизонтальных проложений сторон теодолитного хода вычисляют приращения координат по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \Delta X &= d \cos \alpha \\ \Delta Y &= d \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Дирекционные углы можно заменить румбами, тогда приращения координат вычисляют по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \Delta X &= \pm d \cos \alpha \\ \Delta Y &= \pm d \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

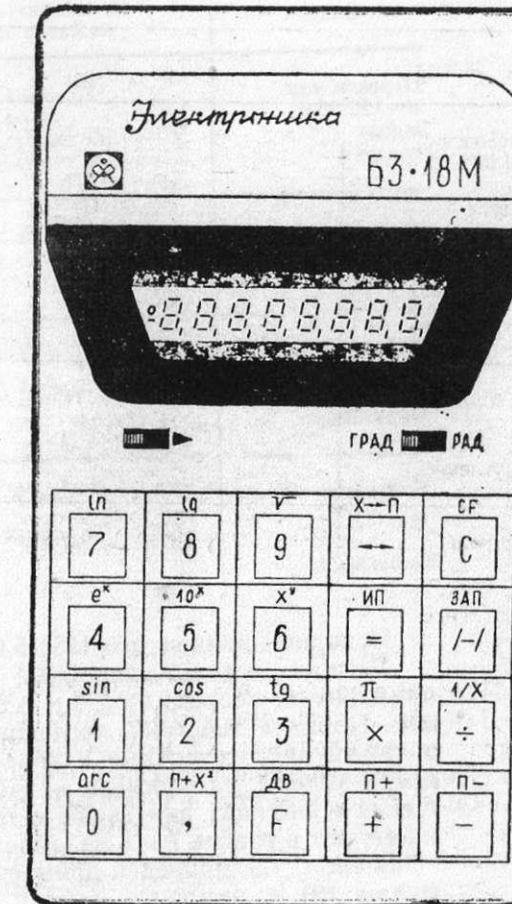


Рис. 2. Схема расположения клавиш на микроЭВМ «Электроника» БЗ-18М.

Приращения координат можно вычислить:
 — с помощью микроЭВМ «Электроника» БЗ-18М и других типов;
 — по таблицам приращений координат;
 — по натуральным значениям тригонометрических функций, используя микроЭВМ или арифмометр;
 — логарифмическим способом.
 Рассмотрим процесс вычисления приращений координат с помощью микроЭВМ «Электроника» БЗ-18М (рис. 2).

Таблица 1.4.

Задача	Последовательность нажатия клавиш	Результаты
Перевод мин. $\alpha = 125^\circ 25,0'$ в доли градуса	25 «÷» 60 = «+» 125 = «F» «ЗАП» «F» «ИП»	0,4166666 125,4166666 125,4166666 125,4166666
$\Delta Y = \sin \alpha \cdot d$ Округление	«F» «sin» «X» 114,21 =	0,814959 93,076467 +93,08 м
$\Delta X = \cos \alpha \cdot d$ Округление	«F» «ИП» «F» «cos» «X» 114,21 =	125,4166666 -0,579518 -66,18675 -66,19 м
Контроль $d = \frac{\Delta X}{\cos \alpha}$ Округление	«÷» -0,579518 = =	114,20984 114,21 м

Исходные данные: $\alpha = 125^\circ 25,0'$; $d = 114,21$ м.

Данная модель микроЭВМ даст возможность получить приращения координат ΔX и ΔY по формулам (7) с контролем. Порядок действий, последовательность нажатия клавиш, а также промежуточные и конечные результаты вычислений представлены на примере в табл. 1.4. Вычисленные приращения координат округляют с точностью до 0,01 метра и записывают в графы 7 и 8 ведомости координат.

В табл. 1.5 приведен пример вычисления ΔX и ΔY по формулам (8) с помощью таблиц приращений координат [3]. Знаки приращений координат зависят от направления линии, т. е. от величины дирекционного угла или названия румба и легко определяются с помощью табл. 1.6.

Под итоговой чертой в ведомости координат вычисляют невязки по осям координат

$$\left. \begin{aligned} f_x &= \sum \Delta X_{\text{выч}} - \sum \Delta X_{\text{теор}} \\ f_y &= \sum \Delta Y_{\text{выч}} - \sum \Delta Y_{\text{теор}} \end{aligned} \right\} (9)$$

В выражениях (9) $\sum \Delta X_{\text{выч}}$ и $\sum \Delta Y_{\text{выч}}$ — алгебраические суммы вычисленных значений приращений координат; $\sum \Delta X_{\text{теор}}$ и $\sum \Delta Y_{\text{теор}}$ — теоретические суммы приращений координат по осям абсцисс и ординат.

Для замкнутого теодолитного хода

$$\sum \Delta X_{\text{теор}} = \sum \Delta Y_{\text{теор}} = 0,$$

поэтому

$$\left. \begin{aligned} f_x &= \sum \Delta X_{\text{выч}} \\ f_y &= \sum \Delta Y_{\text{выч}} \end{aligned} \right\} (10)$$

Далее вычисляют абсолютную f_p и относительную $\frac{f_p}{P}$ невязки теодолитного хода:

$$f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \quad (11)$$

$$\frac{f_p}{P} = \frac{f_p}{P} = \frac{1}{N}, \quad (12)$$

где P — сумма длин горизонтальных проложений сторон хода.

Абсолютная невязка периметра f_p считается допустимой, если она удовлетворяет условию:

$$\frac{f_p}{P} \leq \frac{1}{2000}. \quad (13)$$

Если условие (13) выполнено, то невязки по осям f_x и f_y распределяют на приращения координат пропорционально длинам горизонтальных проложений сторон. Поправки в приращения координат вычисляют по формулам

$$\left. \begin{aligned} \delta_{x_i} &= -\frac{f_x}{P} d_i = -K_1 d_i \\ \delta_{y_i} &= -\frac{f_y}{P} d_i = -K_2 d_i \end{aligned} \right\} (14)$$

Для вычисления поправок δ_x и δ_y периметр хода и длины сторон d выражают в сотнях метров, невязки по осям в сантиметрах, полученные поправки округляют до 0,01 м и записывают красным цветом над вычисленными приращениями координат.

Таблица 1.5.

г	ΔX	ΔY
d		
ЮВ: 54°35,0'		
114,21		
100	57,952	81,496
10	5,795	8,150
4	2,318	3,260
0,21	0,120	0,170
114,21	66,185	93,076
	-66,19	+93,08

Таблица 1.6

№ четверти	Название четверти	Границы четверти	Знаки приращений координат	
			ΔX	ΔY
I	СВ	0—90°	+	+
II	ЮВ	90—180°	-	+
III	ЮЗ	180—270°	-	-
IV	СЗ	270—360°	+	-

Поправки δx и δy удобно вычислять на логарифмической линейке.

Пример: $f_x = -0,12$ м; $f_y = +0,24$ м; $P = 808,99$ м.

$$K_1 = \frac{+12}{8,1} + 1,5; \quad K_2 = \frac{24}{8,1} - 3,0.$$

$$\delta x_1 = +1,5 \times 1,1 \approx +1,7 \text{ см} \approx +2 \text{ см}$$

$$\delta x_2 = +1,5 \times 1,0 \approx +1,5 \text{ см} \approx +1 \text{ см}$$

$$\delta x_3 = +1,5 \times 1,4 \approx +2,1 \text{ см} \approx +2 \text{ см}$$

$$\delta x_4 = +1,5 \times 1,8 \approx +2,7 \text{ см} \approx +3 \text{ см}$$

$$\delta x_5 = +1,5 \times 1,4 \approx +2,1 \text{ см} \approx +2 \text{ см}$$

$$\delta x_6 = +1,5 \times 1,3 \approx +2,0 \text{ см} \approx +2 \text{ см}$$

$$\Sigma \delta x = +12 \text{ см} = +0,12 \text{ м}$$

$$\delta y_1 = -3,0 \times 1,1 \approx -3,3 \text{ см} \approx -3 \text{ см}$$

$$\delta y_2 = -3,0 \times 1,0 \approx -3,0 \text{ см} \approx -3 \text{ см}$$

$$\delta y_3 = -3,0 \times 1,4 \approx -4,2 \text{ см} \approx -4 \text{ см}$$

$$\delta y_4 = -3,0 \times 1,8 \approx -5,4 \text{ см} \approx -6 \text{ см}$$

$$\delta y_5 = -3,0 \times 1,4 \approx -4,2 \text{ см} \approx -4 \text{ см}$$

$$\delta y_6 = -3,0 \times 1,3 \approx -3,9 \text{ см} \approx -4 \text{ см}$$

$$\Sigma \delta y = 24 \text{ см} = -0,24 \text{ м}$$

Контроль вычисления поправок:

$$\Sigma \delta x = -f_x; \quad \Sigma \delta y = -f_y.$$

Алгебраически прибавляя полученные поправки δx и δy к вычисленным значениям ΔX_i и ΔY_i , получают исправленные значения приращений координат (графы 9 и 10, табл. 1.3). Контроль: $\Sigma \Delta X_{\text{испр.}} = 0$; $\Sigma \Delta Y_{\text{испр.}} = 0$.

1.3.4. Вычисление координат точек

По координатам начальной точки (X_1, Y_1) и исправленным приращениям координат вычисляют координаты последующих точек теодолитного хода по формулам:

$$\left. \begin{aligned} X_{n+1} &= X_n + \Delta X_{n \text{ испр}} \\ Y_{n+1} &= Y_n + \Delta Y_{n \text{ испр}} \end{aligned} \right\} (15)$$

Контроль вычислений: в замкнутом теодолитном ходе к полученным координатам последней точки (X_{VI}, Y_{VI}) прибавляют $\Delta X_{\text{биспр.}}$, $\Delta Y_{\text{биспр.}}$, получают координаты начальной точки (X_1, Y_1) (табл. 1.3).

1.4. Построение плана теодолитной съемки

План теодолитной съемки строят на листе плотной чертежной бумаги. Исходными материалами являются координаты точек теодолитного хода (табл. 1.3.) и абрис теодолитной съемки (рис. 6).

В процессе построения плана решают следующие конкретные задачи.

1.4.1. Расчет размеров листа чертежной бумаги

Размеры листа чертежной бумаги для составления плана определяют, исходя из координат точек теодолитного хода и масштаба плана. Общее протяжение участка с севера на юг и с востока на запад определяют, вычислив разность макси-

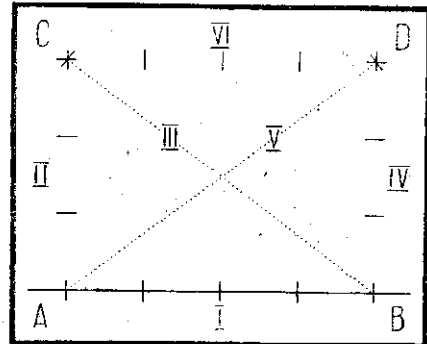


Рис. 3. Схема последовательного расположения линейки Дробышева при построении сетки квадратов.

мальных и минимальных абсцисс и ординат точек теодолитного хода (значения координат округляют до целых метров).

Пример:

$$\begin{array}{l} X_{\max} = 500 \text{ м} \\ X_{\min} = 204 \text{ м} \\ \hline \Delta X = 296 \text{ м} \approx 300 \text{ м} \end{array} \quad \begin{array}{l} Y_{\max} = 593 \text{ м} \\ Y_{\min} = 358 \text{ м} \\ \hline \Delta Y = 235 \text{ м} \approx 240 \text{ м} \end{array}$$

В масштабе 1 : 1000 получим

$$\Delta X \approx 30 \text{ см}; \Delta Y \approx 24 \text{ см}.$$

С учетом элементов зарамочного оформления определяем, что для составления такого плана требуется формат А2 (594 × 420 мм).

1.4.2. Построение координатной сетки линейкой Ф. В. Дробышева

Линейкой Ф. В. Дробышева можно построить координатную сетку из двенадцати (3 × 4) или двадцати пяти квадратов (5 × 5) с размерами стороны квадрата 10 см.

Предыдущий расчет показал, что для составления плана достаточно иметь координатную сетку из двенадцати квадратов.

Отступив от нижнего края листа примерно на 5 см, по скошенному краю линейки проводят прямую линию. Накладывают нулевой штрих первого окна на точку А, в остальных окошках линия видна в середине (рис. 3). Прочерчивают дуги по скошенным краям пяти окошек, откладывают линию АВ длиной 40 см (положение I).

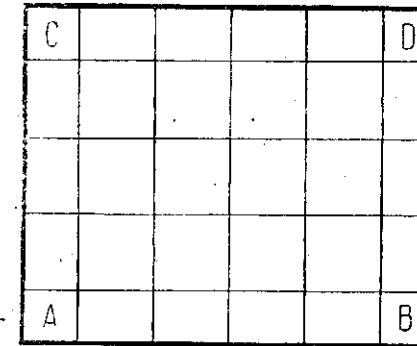


Рис. 4. Общий вид сетки квадратов (3 × 4).

Поворачивают линейку на 90° вокруг точки А, прочерчивают дуги по скошенным краям трех окошек (положение II).

Прикладывая нулевой штрих линейки к точке В, поворачивают ее в положение III по направлению гипотенузы треугольника, проводят дугу по скошенному краю шестого окошка, т. е. радиусом 50 см. Получают предварительное положение т. С, построив треугольник с катетами в 40 и 30 см и гипотенузой — 50 см.

Аналогичным образом на линии АВ строят треугольник АВД (положения IV и V).

Для контроля располагают линейку в положение VI. При этом нулевой штрих первого окна в точке С, прочерчивают дугу в пятом окне в области т. Д. Если третья дуга проходит через уже начерченную точку Д (нет треугольника погрешности), то координатная сетка размечена правильно.

Далее попарно соединяют дуги, прочерченные по сторонам прямоугольника, получают координатную сетку из двенадцати квадратов (рис. 4).

В такой же последовательности строится сетка из 25 квадратов, при этом катеты прямоугольного треугольника равны по 50 см, а гипотенузой является длина всей линейки — 70,711 см, т. е. в положении III и V дуги проводят по концу линейки.

Контроль построения сетки осуществляют циркулем-измерителем, раствор которого равен 10 см, измеренным на масштабной линейке или по длине диагонали квадрата. Допускаются отклонения порядка 0,1 ÷ 0,2 мм.

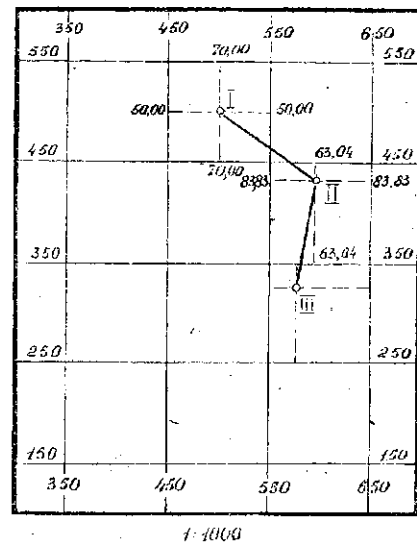


Рис. 5. Накладка точек теодолитного хода по координатам.

1.4.3. Выбор начала координат и обозначение сетки квадратов

Расчет, выполненный в 1.4.1., показывает, что для построения плана лист бумаги с построенной на нем координатной сеткой должен быть повернут длинной стороной (АВ) по направлению меридиана, т. е. вертикально.

Чтобы участок теодолитного хода симметрично размещался на листе бумаги, продельваем следующий расчет:

по оси абсцисс: $40 \text{ см} - 30 \text{ см} = 10 \text{ см}$;
 $10 \text{ см} : 2 = 5 \text{ см}$ — запас сверху и снизу.

Пяти сантиметрам в масштабе 1:1000 соответствует 50 метров.

$X_{\min} - 50 \text{ м} = 204 - 50 = 154 \text{ м} \approx 150 \text{ м}$ — округленное значение абсциссы нижней линии координатной сетки.

По оси ординат: $30 \text{ см} - 24 \text{ см} = 6 \text{ см}$.

$6 \text{ см} : 2 = 3 \text{ см}$ — запас с обеих сторон на листе.

Трем сантиметрам в масштабе 1:1000 соответствует 30 метров.

$Y_{\min} - 30 \text{ м} = 378 - 30 = 348 \text{ м} \approx 350 \text{ м}$ — округленное значение ординаты левой линии координатной сетки.

Описывают на четырех сторонах координатную сетку в соответствии с выполненными расчетами (рис. 5).

1.4.4. Накладка точек теодолитного хода по координатам

Для накладки точек по координатам необходимы: масштабная линейка, циркуль-измеритель, простая линейка с пластмассовой шкалой.

Сначала находят квадрат, в котором лежит точка I. В нашем примере это квадрат, юго-западная вершина которого имеет координаты 450—450. Вычисляют разности

$$\Delta X_1 = 500 - 450 = 50 \text{ м.}$$

$$\Delta Y_1 = 520 - 450 = 70 \text{ м.}$$

Отрезок $\Delta X_1 = 50 \text{ м}$ в масштабе 1:1000 измеряют на масштабной линейке циркулем-измерителем и откладывают на двух вертикальных сторонах квадрата, проводят тонкую линию, затем откладывают отрезок $\Delta Y_1 = 70 \text{ м}$ на двух горизонтальных сторонах квадрата, проводят тонкую линию. На пересечении линий лежит точка I теодолитного хода. Точку обозначают кружком диаметром 1,5 мм и подписывают ее номер.

Точка II находится в квадрате 350—550.

Вычисляют разности координат точки II и соответствующих нижней и левой линий координатной сетки:

$$\Delta X_{II} = 433,83 - 350 = 83,83 \text{ м}$$

$$\Delta Y_{II} = 613,04 - 550 = 63,04 \text{ м.}$$

Откладывают вычисленные разности соответственно на двух вертикальных и горизонтальных сторонах квадрата, проводят линии, на их пересечении получают точку II.

Таким же способом получают остальные точки теодолитного хода. Правильность накладки точек по координатам проверяют длиной горизонтального проложения стороны теодолитного хода. Допустимое отклонение составляет 0,2 мм.

1.4.5. Нанесение ситуации на план. Оформление плана

Границы различных контуров на плане получают на основе абриса (рис. 6). Способ построения контуров на плане соответствует способу съемки их на местности. Для построения контуров пользуются транспортиром, циркулем-измерителем, масштабной линейкой и прямоугольным треугольником, твердым карандашом (Н).

Контурные местности, построенные на плане, обозначают условными знаками, согласно действующим «Условным знакам для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500» — [4].

Представление об оформлении плана теодолитной съемки дает рис. 7.

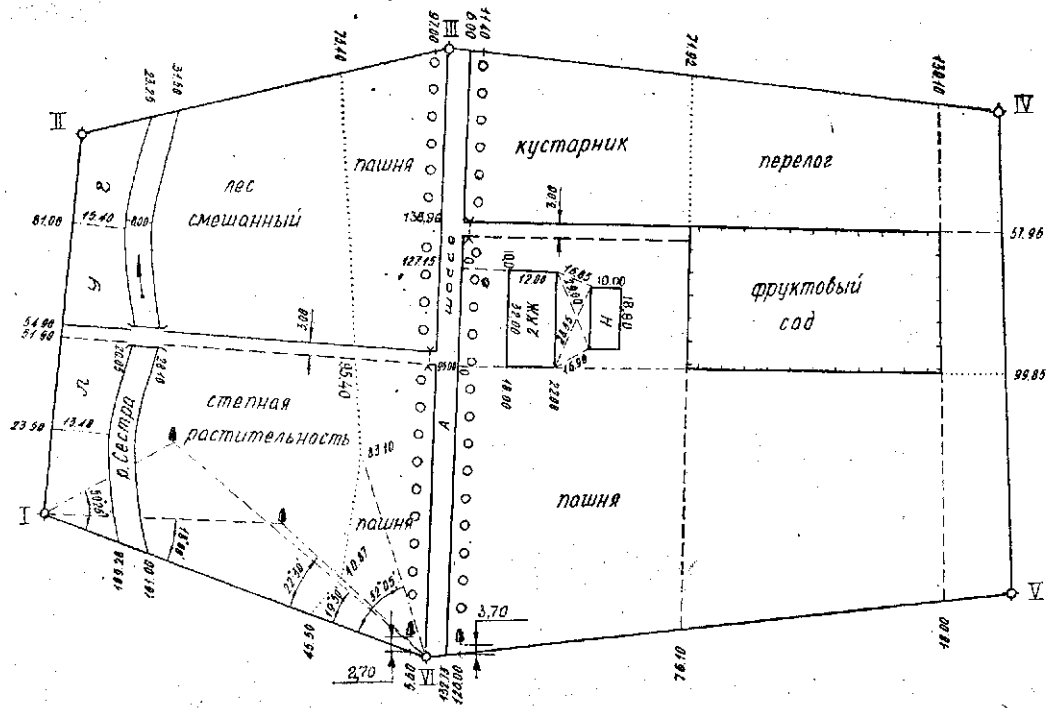


Рис. 6. Абрис теодолитной съемки.

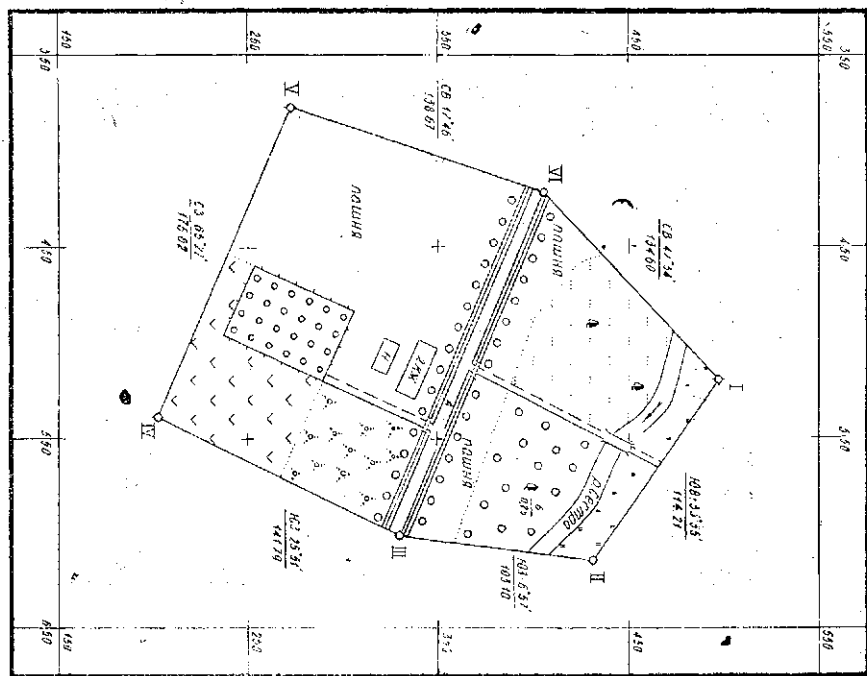


Рис. 7. План теодолитной съемки.

План перевернут. Система координат условная
 осями перевернуты. Музеи ТМ
 План вывернут. Студент ТГВ-3-88
 Иванов АП

ПЛАН
 ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ

ЗАДАНИЕ 2

ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

2.1. Общие сведения

2.1.1. Целевая установка

В результате выполнения задания студенты должны освоить процесс вычисления высот точек тахеометрического хода и реечных точек и научиться строить план тахеометрической съемки.

2.1.2. Содержание задания

Задание рассчитано на 4 часа учебных занятий. Первые два часа учебных занятий отведены на обработку журнала тахеометрического хода и ведомости вычисления высот точек тахеометрического хода; последующие два часа — на обработку журнала тахеометрической съемки и составление плана тахеометрической съемки.

2.1.3. Материалы, подлежащие сдаче

1. Журнал тахеометрического хода (табл. 2.1.).
2. Ведомость вычисления высот точек тахеометрического хода (табл. 2.2.).
3. Журнал тахеометрической съемки (табл. 2.3.).
4. План тахеометрической съемки (рис. 9), составленный в масштабе 1 : 1000.

2.2. Обработка журнала тахеометрического хода

С каждой точки тахеометрического хода измерены дальномерные расстояния (графа 4), отсчеты по вертикальному кругу при двух его положениях (графа 3 и 5) на последующую и предыдущие точки тахеометрического хода (табл. 2.1.) теодолитом Т-30. В результате по каждой стороне тахеометрического хода измерены расстояние по дальномеру и углы наклона в прямом и обратном направлениях. Высота прибора на станции и высота визирования 1 на каждую точку хода указаны в графах 1 и 2 журнала.

Таблица 2.1
Журнал тахеометрического хода

№ точек	высота визирования, i	Положение круга	Отсчеты		МО v	Горизонтальные проложения $d = D \cos^2 v$	$h' = \frac{D}{2} \sin 2v$	$i - 1$	Превышения $h = h' + i - 1$
			по дальномеру, D	по вертикальному кругу					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	VI	КЛ		358°40'	0°02'				
1,40	1,40	КП	142,9	181°24'	-1°22'	142,8	-3,41	0,00	-3,41
1,40	II	КЛ		359°19'	+0°02'				
1,40	1,40	КП	156,6	180°45'	-0°43'	156,6	-1,97	0,00	-1,97
II	I	КП		179°17'	+0°01'				
1,42	1,42	КЛ	156,5	0°45'	+0°44'	156,5	+2,01	0,00	+2,01
1,42	III	КП		179°38'					
1,42	1,42	КЛ	153,0	0°22'					

2.3. Вычисление высот точек тахеометрического хода

Из журнала (табл. 2.1) выписывают в ведомость вычисления высот (табл. 2.2) средние длины горизонтальных проложений d , превышения h прямые и обратные по ходу. Среднее значение горизонтального проложения d получают как среднее арифметическое из $d_{пр.}$ и $d_{обр.}$ и записывают в графу 2. Прямое превышение $h_{пр.}$ выписывают в графу 3, а обратные $h_{обр.}$ в графу 4 ведомости. Если абсолютные величины прямого и обратного превышения различаются между собой не более чем на 4 см на каждые 100 м расстояния, то из них вычисляют среднее и выписывают в графу 5 со знаком прямого превышения.

Вычисляют периметр замкнутого хода: Σd и его значение записывают под итоговой чертой. Выражают в сотнях метров длину периметра и среднюю длину стороны хода. Например: $\Sigma d = 810,2$ м; $\Sigma d_{100} = 8,1$ сотен м; $n = 6$;

$$d_{ср.} = \frac{8,1}{6} \approx 1,3 \text{ сотни метров.}$$

Определяют невязку в превышениях тахеометрического хода.

$$f_h = \Sigma h_{ср.} - \Sigma h_{теор.}, \quad (24)$$

где $\Sigma h_{ср.} = h_1 + h_2 + \dots + h_n$ — сумма средних превышений тахеометрического хода;

$\Sigma h_{теор.} = 0$ — для замкнутого хода.

Поэтому

$$f_h = \Sigma h_{ср.}$$

Предельную невязку хода вычисляют по формуле

$$предf_h = 4 \text{ см } d_{ср.} \sqrt{n}, \quad (25)$$

где n — число сторон хода.

$$\text{Если } f_h \leq предf_h,$$

Таблица 2.2

Ведомость вычисления высот точек тахеометрического хода

№ точек	Горизонтальные проложения, d	Превышения			Поправки	Уравненные превышения	Отметки
		прямые	обратные	средние			
1	2	3	4	5	6	7	8
I							33,45
	114,2	-0,46	+0,50	-0,48	0	-0,48	
II							32,97
	103,2	+2,29	-2,32	+2,30	0	+2,30	
III							35,27

то невязка в превышениях f_h распределяется с обратным знаком прямо пропорционально длинам сторон, т. е. по такому же закону, что и невязки в приращениях координат (14):

$$\delta_{hi} = -\frac{f_h}{\Sigma d_{100}} d_i \quad (26)$$

Правильность распределения невязки проверяют в два этапа:

$$\left. \begin{array}{l} 1. \sum_{i=1}^n \delta_{hi} = -f_h \\ 2. \Sigma h_{испр} = \Sigma h_{теор.} \end{array} \right\} \quad (27)$$

Далее вычисляют высоты точек тахеометрического хода по формуле:

$$H_{n+1} = H_n + h_{испр.}, \quad (28)$$

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

Полученные значения высот точек тахеометрического хода записывают в графу 8 (табл. 2.2.).

Высота начальной точки хода задается по индивидуальному варианту задания. Применяя последовательно формулу (28), вычисляют высоты последующих точек тахеометрического хода. В итоге вычислений должны получить исходную высоту начальной точки.

2.4. Обработка журнала тахеометрической съемки

Графы 1, 2, 3, 4 журнала тахеометрической съемки (табл. 2.3) заполняют в поле, в процессе съемки. В эти графы записывают номера реечных точек, дальномерные расстояния до них, отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам, сделанные при одном положении круга. В графе 8 указана высота визирования l .

Углы наклона v вычисляют по формуле (17) и записывают в графу 5. Значения d , h' , $i-1$ и h определяют так же, как и при обработке журнала тахеометрического хода (2.2). Численные значения полученных величин записывают в графы 6, 7, 9 и 10 журнала (табл. 2.3).

Высоты реечных точек (графа 11) вычисляют по формуле

$$H_{р.т.} = H_{ст} + h \quad (29)$$

Вычислительные операции и запись следует вести особенно внимательно, поскольку съемка реечных точек ведется при одном положении круга, то есть без контроля.

2.5. Составление плана тахеометрической съемки

Тахеометрический ход проложен по точкам теодолитного хода, а тахеометрическая съемка рельефа выполнена на участке теодолитной съемки.

В результате обработки ведомости вычисления высот (табл. 2.2) получены высоты точек тахеометрического хода. Эти высоты выписывают на плане у каждой точки тахеометрического хода. Номер точки пишут в числителе, а отметку ее — в знаменателе с точностью до 0,01 метра (рис. 9).

По данным табл. 2.3 и абриса тахеометрической съемки (рис. 8) строят план тахеометрической съемки. Для построения плана используют топографический транспортир, масштабную линейку, циркуль-измеритель и карандаш Н.

Исходные данные: полярный угол, измеренный на станции от начального направления (графа 3), длина горизонтального проложения (графа 6), отметки реечных точек (графа 11).

Таблица 2.3
Журнал тахеометрической съемки

№ рееч-ных точек	Отсчеты по			Углы наклона, v	Гори-зонтальные проло-жения, d	$h' = \frac{D}{2} \sin 2v$	Высота визи-рования, l	$i-1$	Превы-шения, $h = h' + i-1$	От-метки, H	Приме-чание
	даль-номеру, D	гори-зонтальному кругу	верти-кальному кругу								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	36,2	0°00'	КП	Станция	1	МО = +0°02'	1,46	0	1=1,46	33,45	
2	74,3	0°00'	180°24'	-0°22'	36,2	-0,23	1,46	0	-0,23	33,22	луг
3	81,5	0°02'	180°10'	-0°08'	74,3	-0,20	1,46	0	-0,20	33,05	луг
		11°00'	181°35'	-1°33'	81,4	-2,20	1,46	0	-2,20	31,25	урез воды

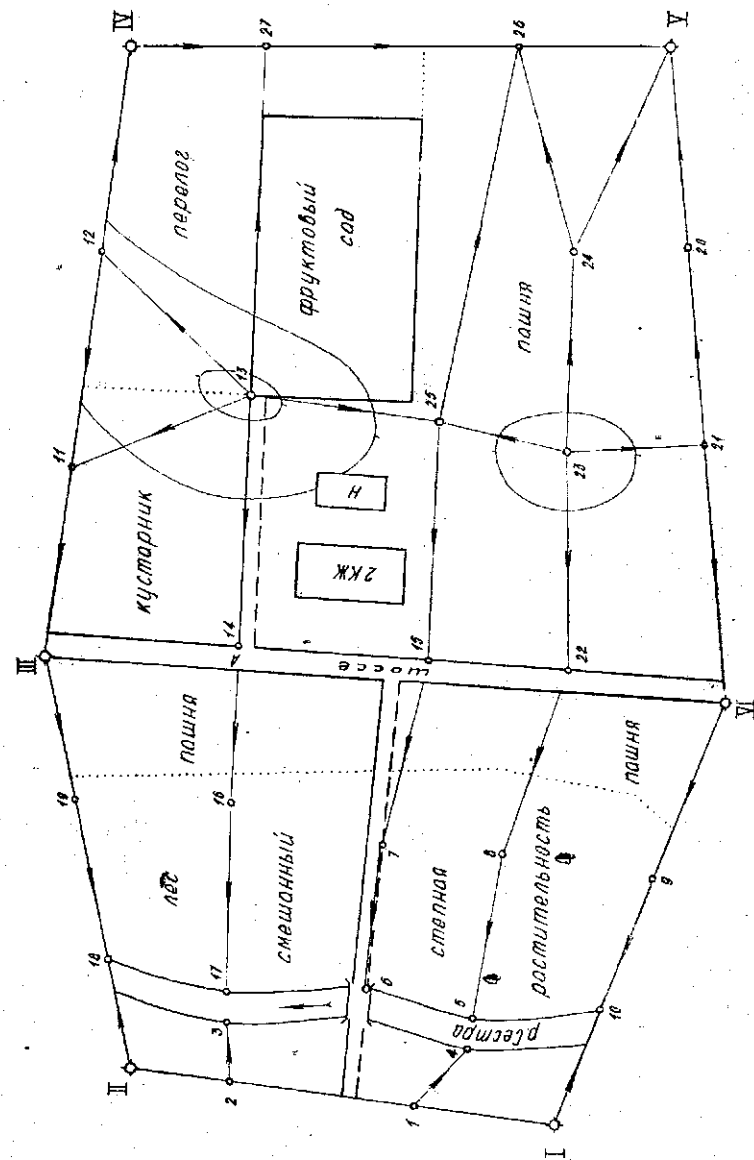


Рис. 8. Абрис тахеометрической съемки.

Построив полярный угол от начального направления, откладывают на радиусе-векторе длину горизонтального проложения в масштабе съемки, получают реечную точку. Ее изображают окружностью диаметром 1 миллиметр, справа выписывают: в числителе — номер точки, в знаменателе — ее отметку, округленную до 0,1 метра.

По линиям со стрелками, указанными на абрисе и обозначающими скаты однообразной крутизны, на плане интерполируют горизонтали с высотой сечения рельефа 1 метр.

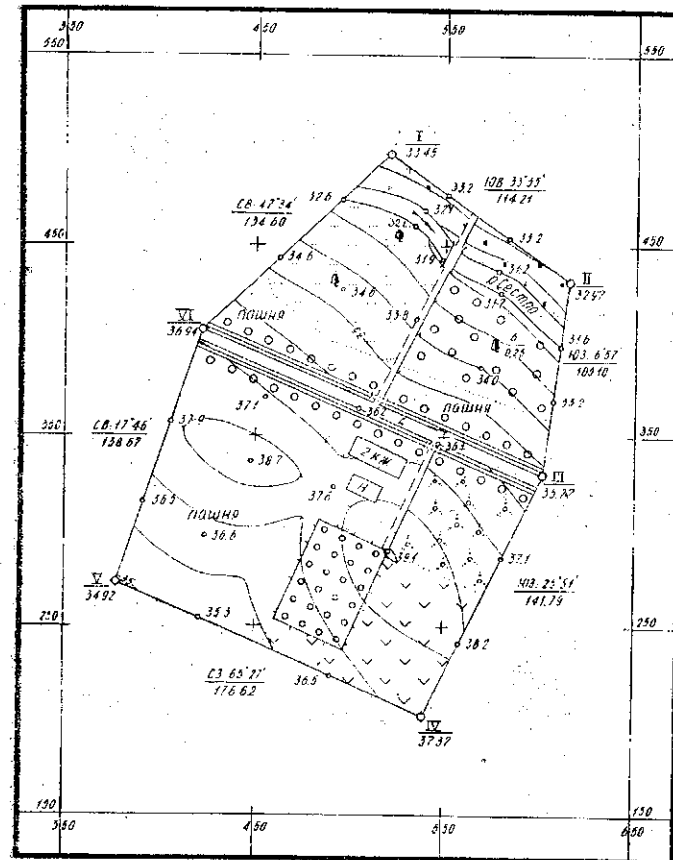
Интерполирование горизонталей выполняют с помощью палетки. Если между точками ската проходит лишь одна горизонталь, то интерполировать ее следует аналитическим способом. Соединяя точки с одинаковыми отметками, проводят горизонтали. Горизонтали вычерчивают тонкими линиями (0,1–0,2 мм) коричневой тушью [4]. Горизонтали, отметки которых кратны 5 метрам, вычерчивают линиями, толщина которых 0,2–0,3 мм, и подписывают головой цифр вверх по склону. Направления скатов обозначают бергштрихами.

В результате получают план топографической съемки, то есть план, на котором изображены ситуация и рельеф местности (рис. 9).

ЛИТЕРАТУРА

1. Инженерная геодезия. Под ред. П. С. Закатова. М., «Недра», 1978.
2. Хейфец Б. С., Данилевич Б. Б. Практикум по инженерной геодезии. М., «Недра», 1979.
3. Таблицы: приращений координат, натуральных значений тригонометрических функций, тахеометрические.
4. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. М., «Недра», 1973.

ПЛАН
ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ



1:1000

Сплошные горизонталы проведены через 1 метр
 План проверил: План вычертил:
 ассистент Кузьмин П.М. студент ТГВ-3-82
 Иванова А.П.

Рис. 9. План топографической съемки.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЗАДАНИЕ 1. Теодолитная съемка	3
1.1. Общие сведения	3
1.1.1. Целевая установка	3
1.1.2. Содержание задания	3
1.1.3. Материалы, подлежащие сдаче	3
1.2. Обработка журнала измерения углов и сторон теодолитного хода	3
1.3. Вычисление координат точек замкнутого теодолитного хода	6
1.3.1. Уравнивание горизонтальных углов	7
1.3.2. Вычисление дирекционных углов и румбов сторон	8
1.3.3. Вычисление приращений координат	10
1.3.4. Вычисление координат точек	15
1.4. Построение плана теодолитной съемки	15
1.4.1. Расчет размеров листа чертежной бумаги	15
1.4.2. Построение координатной сетки линейкой Ф. В. Дробышева	16
1.4.3. Выбор начала координат и обозначение сетки квадратов	18
1.4.4. Накладка точек теодолитного хода по координатам	19
1.4.5. Нанесение ситуации на план. Оформление плана	19
2. ЗАДАНИЕ 2. Тахеометрическая съемка	22
2.1. Общие сведения	22
2.1.1. Целевая установка	22
2.1.2. Содержание задания	22
2.1.3. Материалы, подлежащие сдаче	22
2.2. Обработка журнала тахеометрического хода	22
2.3. Вычисление высот точек тахеометрического хода	26
2.4. Обработка журнала тахеометрической съемки	28
2.5. Составление плана тахеометрической съемки	28
ЛИТЕРАТУРА	31