

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»
ПРИВОЛЖСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) МАДИ**

Кафедра «Строительство дорог и инженерная экология»

СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА УЧАСТКА

Методические указания к выполнению курсовой работы
по дисциплине «Геодезия»
для студентов направления подготовки «Строительство»
всех форм обучения

Чебоксары, 2026

Общие указания

Курсовая работа выполняется в соответствии с рабочей программой курса «Геодезия», основанной на требованиях Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

Целями курсовой работы является: ознакомление с вычислениями при создании планово-высотного съемочного обоснования и графическими построениями при составлении топографического плана участка местности.

Для качественного выполнения курсовой работы необходимо тщательно проработать теоретический материал по данному разделу курса. Работа выполняется каждым студентом индивидуально по варианту, соответствующему шифру студента.

Выполненная работа предъявляется преподавателю для проверки. После исправления замечаний работа принимается при условии усвоения студентом материала данного раздела курса (после собеседования).

Исходные данные

С целью составления топографического плана была выполнена теодолитно-тахеометрическая съемка будущей строительной площадки. Для этого на местности было создано планово-высотное съемочное обоснование в виде замкнутого и разомкнутого (диагонального) ходов.

На каждой точке планового съемочного обоснования измерены правые по ходу горизонтальные углы и длины всех сторон (рис. 1).

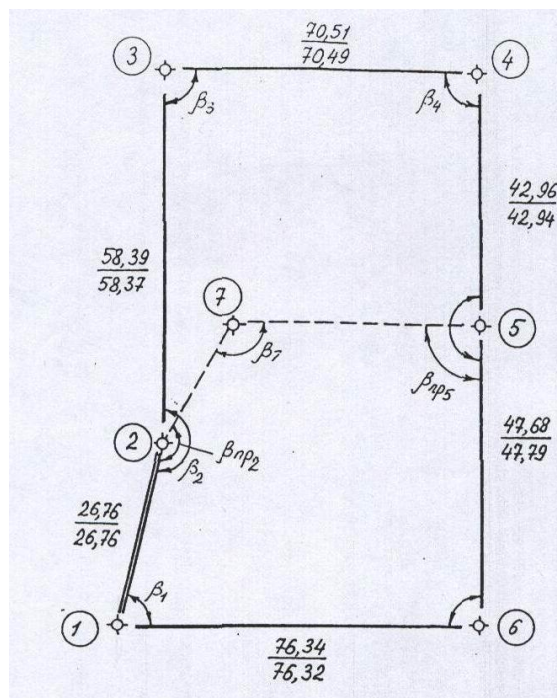


Рис. 1. Схема планово-высотного съемочного обоснования

Измерение углов производилось теодолитом технической точности ($t = 30''$) одним полным приемом. Длины сторон измерялись компарированной стальной лентой в прямом и обратном направлениях с относительной ошибкой 1:2000.

Значения измеренных углов и длин линий приведены в табл. 1 и являются общими для всех вариантов.

Измерение углов производилось теодолитом технической точности ($t = 30''$) одним полным приемом. Длины сторон измерялись компарированной стальной лентой в прямом и обратном направлениях с относительной ошибкой 1:2000.

Значения измеренных углов и длин линий приведены в табл. 1 и являются общими для всех вариантов.

Таблица 1

Измеренные углы и длины линий ходов

Номера точек	Горизонтальные углы (β)		Длины линий ходов, м	Углы накло- на (v)		Поправки за наклон линии к горизонту, м	Горизонталь- ные проложе- ния, м
1	2		3	4		5	6
Основной полигон							
1	88	14,0	26,76	0	26	-	26,76
2	184	02,0	58,38	1	57	- 0,03	58,35
3	91	55,2	70,50	0	25	-	70,50
4	90	36,8	42,95	1	44	- 0,02	42,93
5	179	59,7	47,69	1	48	- 0,02	47,67
6	85	09,9	76,33	0	23	-	76,33
Диагональный ход							
2	169	02,0	20,06	1	59	- 0,01	20,05
7	103	44,5	67,14	0	32	-	67,14
5	93	50,3	-	-	-	-	-

Исходный дирекционный угол (α_{1-2}) берется в соответствии с шифром и фамилией студента:

- число градусов равно двузначному числу, состоящему из двух последних цифр шифра зачетной книжки;

- число минут равно 30,2' плюс столько минут, сколько букв в фамилии студента.

Например, фамилия – Иванов (6 букв); № зач. кн. - АД-10-08 (последние цифры 08) $\rightarrow \alpha_{1-2} = 8^\circ 36,2'$;

фамилия – Васильев (8 букв); № зач. кн. - АД-10-21 (последние цифры 21) $\rightarrow \alpha_{1-2} = 21^\circ 38,2'$.

Исходные координаты 1 точки (X_1, Y_1) равны $X_1 = 100,10$ м; $Y_1 = 50,50$ м, их необходимо изменить в соответствие со своим вариантом (к исходным значе-

ниям необходимо прибавить цифру соответствующую своему шифру):

- число целых метров равно двузначному числу, состоящему из двух последних цифр шифра зачетной книжки;
- число сотых долей метра равно количеству букв в фамилии студента.

Например, фамилия – Иванов (6 букв); № зач. кн. - АД-10-08 (последние цифры 08) → $X_1 = 100,10 + 8,06 = 108,16$ м; $Y_1 = 50,50 + 8,06 = 58,56$ м;

фамилия – Васильев (8 букв); № зач. кн. - АД-10-21 (последние цифры 21) → $X_1 = 100,10 + 21,08 = 121,18$ м; $Y_1 = 50,50 + 21,08 = 71,58$ м.

Съемка контуров местности произведена с точек и линий съемочного обоснования способами перпендикуляров, полярным, угловым и линейных засечек и створных промеров. Результаты съемки приведены в абрисах (рис. 2, 3).

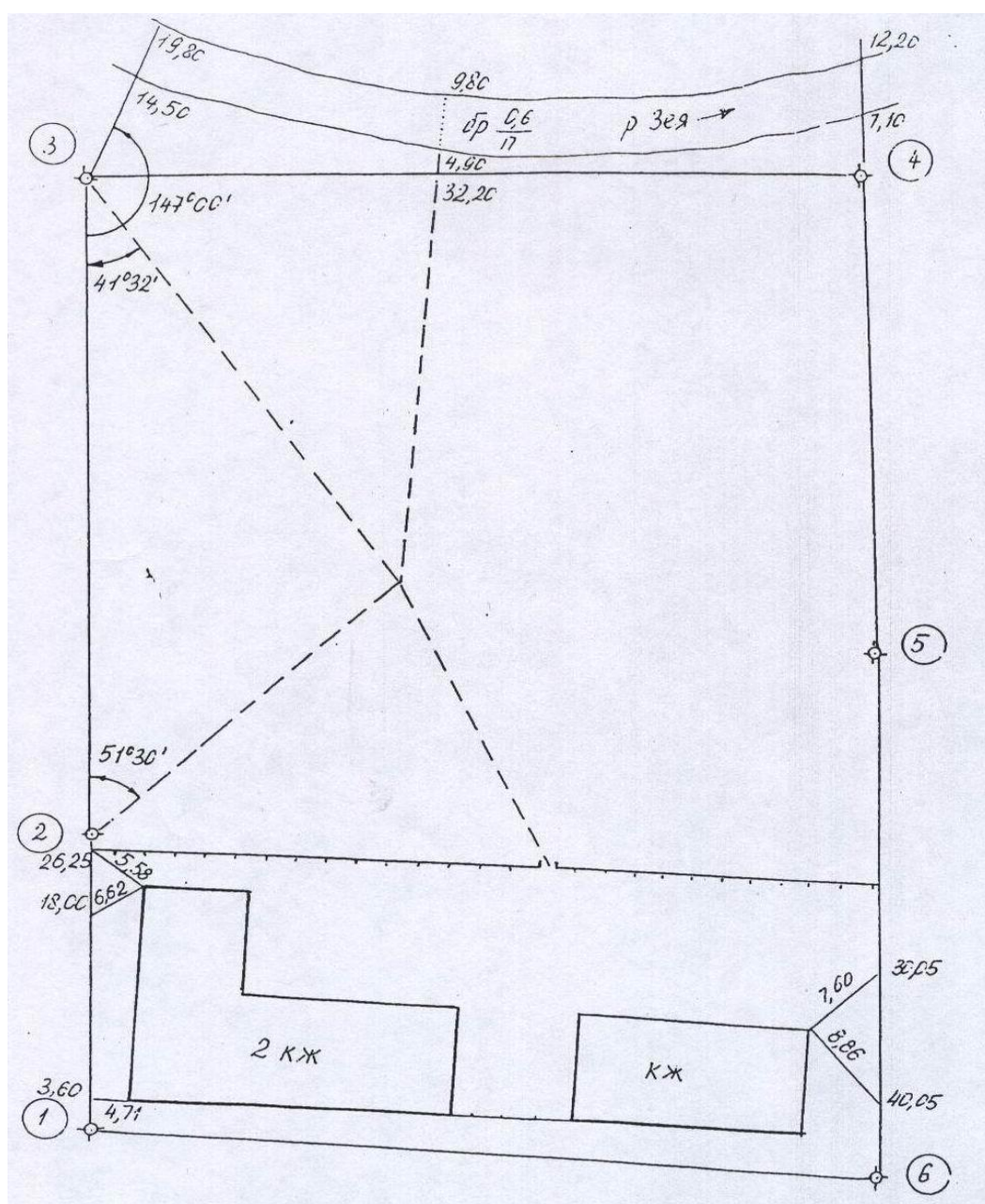


Рис. 2. Абрис теодолитной съемки

Для определения высот точек теодолитных ходов произведено геометрическое (техническое) нивелирование. Работа выполнялась нивелиром Н-3 с контролем отсчетов по двусторонним рейкам.

Результаты нивелирования приведены в табл. 6 и 7. Средние превышения являются общими для всех вариантов.

Исходная отметка 1 точки (H_1) равна $H_1 = 100,100$ м, которую необходимо изменить в соответствие со своим вариантом (к исходным значениям необходимо прибавить цифру соответствующую своему шифру):

- число целых метров равно двузначному числу, состоящему из двух последних цифр шифра зачетной книжки;
- число тысячных долей метра равно количеству букв в фамилии студента.

Например, фамилия – Иванов (6 букв); № зач. кн. - АД-10-08 (последние цифры 08) $\rightarrow H_1 = 100,100 + 8,006 = 108,106$ м;

фамилия – Васильев (8 букв); № зач. кн. - АД-10-21 (последние цифры 21) $\rightarrow H_1 = 100,100 + 21,008 = 121,108$ м.

Съемка рельефа выполнена тахеометрическим способом с измерением расстояний до реечных точек нитяным дальномером. Результаты съемки рельефа приведены в тахеометрическом журнале (табл. 8, 9) и в абрисе (рис. 4).

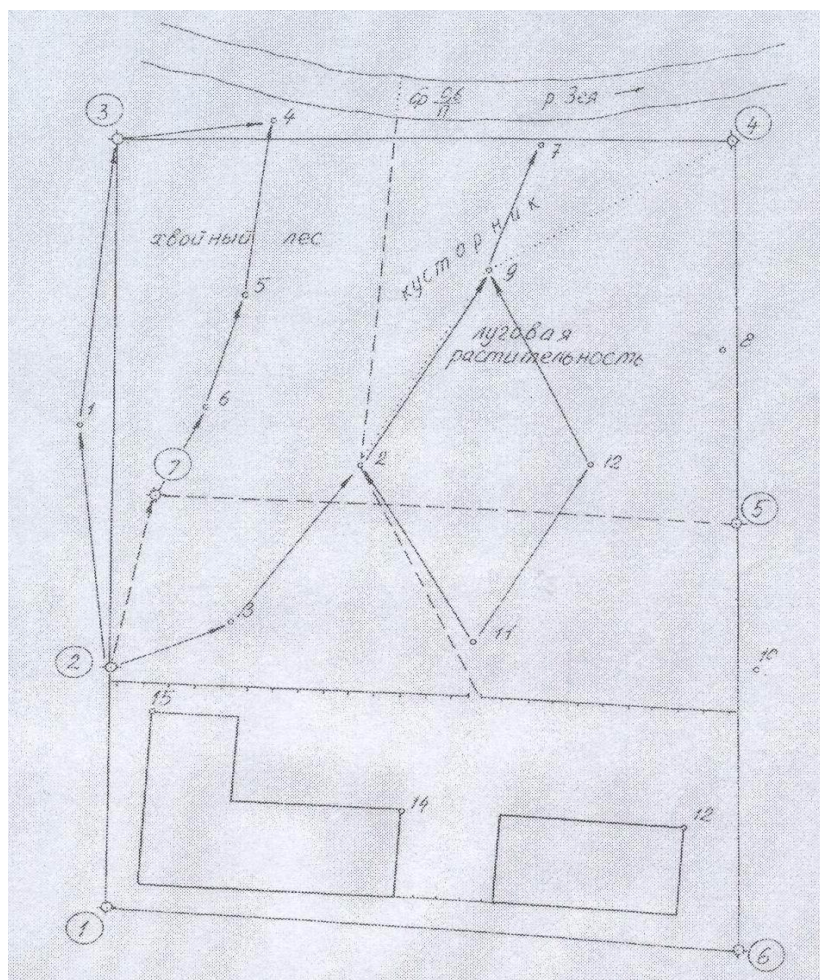


Рис. 4. Абрис тахеометрической съемки

Указания к выполнению работы

Обработка полевых измерений по замкнутому ходу планового съёмочного обоснования.

Порядок вычислений в ведомости координат следующий:

1. Выписываем из табл. 1 в графу 1 ведомости координат номера вершин, в графу 2 - измеренные углы, а в графу 6 - горизонтальные проложения основного полигона.

2. Заносим в графу 4 ведомости значение исходного дирекционного угла стороны 1-2, а в графы 11 и 12 - значения исходных координат точки 1.

3. Подсчитываем сумму измеренных углов

$$\sum \beta_{np} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_6 = 719^\circ 57,6'$$

4. Вычисляем теоретическую сумму углов по формуле

$$\sum \beta_{теор} = 180^\circ (n - 2) = 720^\circ 00,0'$$

где n - число углов полигона.

5. Определяем невязку в углах полигона, используя формулу

$$f_\beta = \sum \beta_{np} - \sum \beta_{теор} = 719^\circ 57,6' - 720^\circ 00,0' = -0^\circ 02,4'$$

6. Вычисляем допустимую угловую невязку по формуле

$$\partialоп. f_\beta = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 0^\circ 02,5'$$

7. Сравниваем полученную невязку f_β с $\partialоп. f_\beta$. Так как $f_\beta \leq \partialоп. f_\beta$, то ее распределяем поровну на все измеренные углы с обратным знаком, округляя значения поправок до $0,1'$.

Сумма поправок в измеренных углах должна равняться значению невязки f_β , взятой с обратным знаком.

8. Исправляем измеренные углы поправками $\beta_{испр} = \beta_i + v_{\beta i}$ и результаты записываем в графу 3 ведомости.

9. Правильность вычислений контролируем определением суммы исправленных углов, которая должна равняться теоретической:

$$\sum \beta_{испр} = \sum \beta_{теор} = 720^\circ 00,0'$$

10. По исходному дирекционному углу стороны 1 - 2 и исправленным значениям углов вычисляем дирекционные углы всех остальных сторон по формуле:

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n + 180^\circ - \beta_{испр},$$

где α_{n+1} - дирекционный угол последующей стороны; α_n - дирекционный угол предыдущей стороны; $\beta_{испр}$ - исправленный справа по ходу лежащий угол, заключенный между сторонами, указанными выше.

Например:

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2 = 23^\circ 26' + 180^\circ - 184^\circ 02,4' = 19^\circ 23,6'$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3 = 19^\circ 23,6' + 180^\circ - 91^\circ 55,6' = 107^\circ 28,0'$$

$$\alpha_{4-5} = 196^\circ 50,8'$$

$$\alpha_{5-6} = 196^\circ 50,7'$$

$$\alpha_{6-1} = 291^\circ 40,4'$$

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{6-1} + 180^\circ - \beta_1 = 291^\circ 40,4' + 180^\circ - 88^\circ 14,4' - 360^\circ = 23^\circ 26'$$

Контролем вычисления всех дирекционных углов является совпадение вычисленного по ходу дирекционного угла α_{1-2} с его исходным значением.

Результаты вычислений записываем в графу 4 ведомости.

11. По формулам, приведенным в табл. 2, дирекционные углы переводим в румбы и округляем их значения до целых минут. Значения румбов записываем в графу 5 ведомости.

Перевод дирекционных углов и румбов

Таблица 2

Пределы значений дирекционных углов, °	Четверть	Название румбов	Формула перевода
0 - 90	<i>I</i>	<i>СВ</i>	$r = \alpha$
90 - 180	<i>II</i>	<i>ЮВ</i>	$r = 180^\circ - \alpha$
180 - 270	<i>III</i>	<i>ЮЗ</i>	$r = \alpha - 180^\circ$
270 - 360	<i>IV</i>	<i>СЗ</i>	$r = 360^\circ - \alpha$

12. Используя горизонтальные проложения сторон d и их румбы r , вычисляем приращения координат по формулам

$$\Delta X = d \cos r, \Delta Y = d \sin r.$$

Вычисление приращений координат производим с помощью «Таблиц приращений координат» или «Таблиц натуральных значений тригонометрических функций».

Например:

$$\Delta X_1 = d_1 \cos r_1 = 26,76 \cdot \cos 23^\circ 26' = 24,55 \text{ м}$$

$$\Delta X_2 = d_2 \cos r_2 = 58,35 \cdot \cos 19^\circ 24' = 55,04 \text{ м}$$

$$\Delta X_3 = -21,16 \text{ м}$$

$$\Delta X_4 = -41,09 \text{ м}$$

$$\Delta X_5 = -45,62 \text{ м}$$

$$\Delta X_6 = 28,18 \text{ м}$$

$$\Delta Y_1 = d_1 \sin r_1 = 26,76 \cdot \sin 23^\circ 26' = 10,64 \text{ м}$$

$$\Delta Y_2 = d_2 \sin r_2 = 58,35 \cdot \sin 19^\circ 24' = 19,38 \text{ м}$$

$$\Delta Y_3 = 67,25 \text{ м}$$

$$\Delta Y_4 = -12,44 \text{ м}$$

$$\Delta Y_5 = -13,82 \text{ м}$$

$$\Delta Y_6 = -70,94 \text{ м}$$

Знаки приращений координат зависят от направления линии и определяются в зависимости от названия румбов (табл. 3).

Знаки приращений координат

Таблица 3

Четверть	Название румбов	Знаки приращений координат	
		X	Y
<i>I</i>	<i>СВ</i>	+	+
<i>II</i>	<i>ЮВ</i>	-	+
<i>III</i>	<i>ЮЗ</i>	-	-
<i>IV</i>	<i>СЗ</i>	+	-

Результаты вычислений записываем в графы 7 и 8 ведомости с точностью до сотых долей метра.

13. В каждой из граф 7 и 8 ведомости складываем положительные, затем отрицательные приращения координат и находят их алгебраические суммы ΔX и ΔY . Подсчитываем невязки f_x и f_y в приращениях координат, пользуясь формулами

$$f_x = \Sigma \Delta X = -0,10 \text{ м}, \quad f_y = \Sigma \Delta Y = 0,07 \text{ м}$$

Для того чтобы сделать заключение о качестве измерений и вычислений, определяем абсолютную невязку

$$\Delta P = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{(-0,1)^2 + 0,07^2} = 0,10 \text{ м}$$

а затем - относительную:

$$\Delta P / P = 1 / (P / \Delta P) \leq 1 / 2000$$

$$1 / (322,54 / 0,10) = 1 / 3225 \leq 1 / 2000,$$

где P - периметр полигона.

Так как величина $\Delta P / P \leq 1/2000$, то измерения и вычисления выполнены правильно и можно переходить к дальнейшим вычислениям.

14. В приращения координат вводим поправки, пользуясь формулами:

$$v_{\Delta X_i} = -f_x / P \cdot d_i, \quad v_{\Delta Y_i} = -f_y / P \cdot d_i,$$

где $v_{\Delta X_i}$ - поправки в приращениях координат по оси X ; $v_{\Delta Y_i}$ - поправки в приращениях координат по оси Y .

Поправки определяем с точностью до 0,01 м и записываем в ведомости в графах 7 и 8 над соответствующими приращениями. В графах 9 и 10 записываем исправленные приращения соответствующими поправками. Контролем вычислений является равенство сумм исправленных приращений теоретическим значениям, то есть в замкнутом полигоне - нулю:

$$\sum \Delta X_{испр} = 0, \quad \sum \Delta Y_{испр} = 0.$$

15. По исправленным приращениям вычисляем координаты вершин замкнутого теодолитного хода:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{испр}$$

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{испр1} = 133,133 + 24,56 = 157,693 \text{ м}$$

$$X_3 = X_2 + \Delta X_{испр2} = 157,693 + 55,06 = 212,753 \text{ м}$$

$$X_4 = 191,613 \text{ м}$$

$$X_5 = 150,533 \text{ м}$$

$$X_6 = 104,933 \text{ м}$$

$$\text{Контроль: } X_1 = X_6 + \Delta X_{испр6} = 104,933 + 28,20 = 133,133 \text{ м}$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{испр},$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{испр1} = 73,123 + 10,64 = 83,763 \text{ м}$$

$$Y_3 = Y_2 + \Delta Y_{испр2} = 83,763 + 19,37 = 103,133 \text{ м}$$

$$Y_4 = 170,363 \text{ м}$$

$$Y_5 = 157,913 \text{ м}$$

$$Y_6 = 144,083 \text{ м}$$

$$\text{Контроль: } Y_1 = Y_6 + \Delta Y_{испр6} = 144,083 - 70,96 = 73,123 \text{ м},$$

где X_{i+1} и Y_{i+1} - определяемые координаты последующей точки; X_i и Y_i - известные координаты предыдущей точки; $\Delta X_{испр}$ и $\Delta Y_{испр}$ - исправленные приращения координат, взятые со своими знаками.

Контролем правильности вычисления координат всех точек полигона является совпадение координат точки 1, полученных из вычислений, с их исходными значениями.

Обработка полевых измерений по диагональному ходу

Диагональный ход на местности проложен с целью съемки контуров ситуации и рельефа, расположенных внутри участка.

Значения углов и горизонтальных проложений берем из табл. 1, дирекционные углы линий 1 – 2 и 5 – 6, координаты точек 2 и 5 основного полигона выписываем из ведомости (табл. 4).

Вычисления ведем в том же порядке, что и при обработке ведомости координат замкнутого хода, за исключением получения угловой и линейной невя-

зок. Поэтому ниже поясняется только увязка углов и приращений координат диагонального хода.

1. Вычисляем угловую невязку по формуле, причем теоретическую сумму углов $\sum \beta_{теор}$ определяем из выражения:

$$\sum \beta_{теор} = \alpha_n - \alpha_k + 180^\circ \cdot n,$$

где α_n - начальный дирекционный угол (линии 1-2); α_k - конечный дирекционный угол (линии 5-6); n - число измеренных углов (включая примычные).

$$\sum \beta_{теор} = \alpha_n - \alpha_k + 180^\circ \cdot n = 23^\circ 26' - 196^\circ 50,7' + 180^\circ \cdot 3 = 336^\circ 35,3'$$

2. Если $f_\beta \leq \text{доп. } f_\beta$, то ее распределяют обычным порядком и получают исправленные углы.

Контролем правильности вычислений дирекционных углов является получение дирекционного угла конечной стороны (стороны 5-6 замкнутого хода).

3. Определяем невязки f_x и f_y в приращениях координат по формулам:

$$f_x = \sum \Delta X - (X_k - X_n), \quad f_y = \sum \Delta Y - (Y_k - Y_n),$$

где $\sum \Delta X$ - алгебраическая сумма приращений координат по оси X ; $\sum \Delta Y$ - то же по оси Y ; X_k, Y_k - координаты конеч. точки диагонального хода (точки 5); X_n, Y_n - координаты нач. точки диагонального хода (точки 2).

$$f_x = \sum \Delta X - (X_k - X_n) = -7,16 - (150,533 - 157,693) = -7,16 + 7,16 = 0 \text{ м}$$

$$f_y = \sum \Delta Y - (Y_k - Y_n) = 74,15 - (157,913 - 83,763) = 74,15 - 74,15 = 0 \text{ м}$$

4. Невязки f_x и f_y считаются допустимыми, если относительная невязка хода удовлетворяет условию:

$$\Delta P / P = 1 / (P / \Delta P) \leq 1 / 1000$$

5. При получении допустимой относительной невязки увязка приращений координат производится так же, как и в замкнутом ходе, после чего вычисляют координаты вершин диагонального хода. Контролем правильности вычислений является получение значения координат конечной точки хода (точки 5).

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{испр}$$

$$X_7 = X_2 + \Delta X_{испр1} = 157,693 + 16,54 = 174,233 \text{ м}$$

$$X_5 = X_7 + \Delta X_{испр2} = 174,233 - 23,70 = 150,533 \text{ м}$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{испр},$$

$$Y_7 = Y_2 + \Delta Y_{испр1} = 83,763 + 11,33 = 95,093 \text{ м}$$

$$Y_5 = Y_7 + \Delta Y_{испр2} = 95,093 + 62,82 = 157,913 \text{ м}$$

Ведомость вычисления координат вершин замкнутого теодолитного хода

Таблица 4

№ точек	Углы β				Дирекцион- ные углы α	Румбы Υ	Горизон- тальные проложе- ния, м	Приращения координат, м				Координаты, м				
	Измеренные		Исправленные					Вычисленные		Исправленные						
	°	'	°	'				°	'	°	'	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	X
1	2		3		4		5		6		7	8	9	10	11	12
	+0,4															
1	88	14,0	88	14,4							+1				133,133	73,123
	+0,4				23	26,0	СВ	23 26	26,76	+24,55	+10,64	+24,56	+10,64			
2	184	02,0	184	02,4							+2	-1			157,693	83,763
	+0,4				19	23,6	СВ	19 24	58,35	+55,04	+19,38	+55,06	+19,37			
3	91	55,2	91	55,6							+2	-2			212,753	103,133
	+0,4				107	28,0	ЮВ	72 32	70,50	-21,16	+67,25	-21,14	+67,23			
4	90	36,8	90	37,2							+1	-1			191,613	170,363
	+0,4				196	50,8	ЮЗ	16 51	42,93	-41,09	-12,44	-41,08	-12,45			
5	179	59,7	180	00,1							+2	-1			150,533	157,913
	+0,4				196	50,7	ЮЗ	16 51	47,67	-45,62	-13,82	-45,60	-13,83			
6	85	09,9	85	10,3							+2	-2			104,933	144,083
					291	40,4	СЗ	68 20	76,33	+28,18	-70,94	+28,20	-70,96			
1															133,133	73,123
Σβ _{пр}	719	57,6	720 00						P=322,54	+107,77	+97,27	+107,82	+97,24			
Σβ _{теор}	720	00,0	720 00							-107,87	-97,20	-107,82	-97,24			
f _β	-0	02,4	0 00							f _X = -0,10	f _Y = 0,07	0	0			
f _{вдоп}	±0	02,5														

$$\Delta P = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{-0,10^2 + 0,07^2} = 0,10 \text{ м}$$

$$\Delta P / P \leq 1/2000 \quad 1/P/\Delta P \leq 1/2000$$

$$1/322,54/0,11 = 1/3225 \leq 1/2000$$

Ведомость вычисления координат вершин диагонального хода с точки 2 на точку 5

Таблица 5

№ точек	Углы β				Дирекцион- ные углы α	Румбы γ		Горизон- тальные проложе- ния, м	Приращения координат, м				Координаты, м		
	Измеренные		Исправленные						Вычисленные		Исправленные				
°	'	°	'	°	'	°	'	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	X	Y		
1	2		3		4		5		6	7	8	9	10	11	12
1															
	-0,5				23 26,0										
2	169	02,0	169	01,5										157,693	83,763
	-0,5				34 24,5		СВ 34 24		20,05	+16,54	+11,33	+16,54	+11,33		
7	103	44,5	103	44,0						+1				174,233	95,093
	-0,5				110 40,5		ЮВ 69 20		67,14	-23,70	+62,82	-23,70	+62,82		
5	93	50,3	93	49,8										150,533	157,913
					196 50,7										
6															
Σβ _{пр}	366	36,8	366	35,3					P=87,19	-7,16	+74,15	-7,16	+74,15		
Σβ _{теор}	366	35,3	366	35,3						+7,16	-74,15	+7,16	-74,15		
f _β	-0	01,5	0	00,0						f _X = -0,01	f _Y = 0	0	0		
f _{Вдоп}	±0	01,7													

$$\Delta P = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 0,01 \text{ м}$$

$$\Delta P / P \leq 1/1000 \quad 1/P/\Delta P \leq 1/1000$$

$$1/87,19/0,01 = 1/8719 \leq 1/1000$$

Обработка журнала нивелирования точек теодолитных ходов.

Целью обработки журнала является получение отметок точек теодолитных ходов.

Порядок оформления журнала следующий:

1. Заносим в графу 9 журнала значение исходной отметки точки 1.
2. Вычисляем превышения на каждой станции по формуле

$$h = a - b,$$

где a - задний отсчет; b - передний отсчет.

Вычисленные превышения с соответствующим знаком записываем в графу 6.

Для вычисления превышений используют отсчеты как по черной, так и по красной сторонам реек, то есть на каждой станции получают два превышения. Расхождение между ними допускается не более ± 5 мм. Если это требование соблюдается, то из двух значений находят среднее и записывают в графу 7.

Например:

$$\begin{aligned}h_{кр} &= a_{кр} - b_{кр} = 6246 - 6050 = 0196 \\h_{чер} &= a_{чер} - b_{чер} = 1560 - 1362 = 0198 \\h_{ср} &= 0,196 + 0,198 / 2 = 0,197 \text{ м}\end{aligned}$$

4. Производим контроль вычисления превышений на каждой странице (по-страничный контроль) по формуле:

$$(\sum Z - \sum П) / 2 = \sum h / 2 = \sum h_{ср},$$

где $\sum Z$ - сумма задних отсчетов; $\sum П$ - сумма передних отсчетов; $\sum h$ - алгебраическая сумма превышений; $\sum h_{ср}$ - алгебраическая сумма средних превышений.

$$\begin{aligned}(\sum 48663 - \sum 48678) / 2 &= \sum -0015 / 2 = \sum -0008 \\-0008 &= -0008 = -0008\end{aligned}$$

5. Определяем невязку f_h в превышениях по формуле:

$$f_h = \sum h_{ср} = -0,008 \text{ м} = -8 \text{ мм}$$

6. Вычисляют допустимую невязку, используя формулу:

$$f_{h \text{ доп.}} = 10 \text{ мм } \sqrt{n},$$

где n - число станций в нивелирном ходе.

$$f_{h \text{ доп.}} = 10 \text{ мм } \sqrt{6} = 10 \text{ мм } \sqrt{6} = 24,5 \text{ мм}$$

Таблица 6

Журнал геометрического нивелирования замкнутого хода

№ ста- нц ий	Ниве- лиру- емые точки	Отсчеты по рейке			Превы- шения h	Средние превы- шения h _{ср}	Горизонт инстру- мента, м ГИ	Отметки точек, м Н
		задний a	перед- ний b	промежу точный c				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1	6246				+1		73,123
		1560			+0196	+0197		
1		4686			+9198			
	2		6050					73,321
			1362					
			4688					
	2	5111				+1		73,321
2		0424			-2124	-2126		
		4687			-2127			
	3		7235					71,196
			2551					
			4684					
	3	6687				+2		71,196
3		2001			-0517	-0517		
		4686			-0517			
	4		7204					70,681
			2518					
			4686					
	4	6887				+1		708,681
4		2203			+1005	+1007		
		4684			+1009			
	5		5882					71,689
			1194					
			4688					
	5	6336				+1		71,689
5		1650			+0931	+0932		
		4686			+0933			
	6		5405					72,622
			0717					
			4688					
	6	7123				+2	75,058	72,622
6		2435		2096	+0499	+0499		72,962
		4688		1987	+0499			73,071
				1877				73,181
	1		6624					73,123
			1936					
			4688					

48663 48678
-0015
-0008

-0015 -0008
-0008

$$f_h = \sum h_{ср} = -8 \text{ мм}$$

$$f_{h \text{ доп}} = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{n} = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{6} = \pm 24 \text{ мм}$$

7. Так как $f_{h\text{ доп.}} \geq f_h$, ее распределяют с обратным знаком поровну на все превышения, округляя значение поправок до 1 мм. Поправки со своими знаками записываем в графу 7.

8. Исправленное превышение вычисляется как алгебраическая сумма среднего превышения и поправки к нему.

9. Пользуясь исходной отметкой точки 1 и исправленными превышениями, вычисляют отметки остальных точек по формуле:

$$H_{i+1} = H_i + h_{испр},$$

где H_{i+1} - отметка последующей точки; H_i - отметка предыдущей точки; $h_{испр}$ - исправленное превышение между последующей и предыдущей точками.

Например:

$$H_2 = H_1 + h_{испр1} = 73,123 + 0,198 = 73,321 \text{ м}$$

$$H_3 = H_2 + h_{испр2} = 73,321 - 2,125 = 71,196 \text{ м}$$

$$H_4 = 70,681 \text{ м}$$

$$H_5 = 71,689 \text{ м}$$

$$H_6 = 72,622 \text{ м}$$

$$\text{Контроль: } H_1 = H_6 + h_{испр6} = 72,622 + 0,501 = 73,123 \text{ м}$$

Контролем правильности вычисления отметок является полученное вновь значение исходной отметки точки.

Обработка журнала нивелирования точек диагонального хода

Таблица 7 - производится в описанном выше порядке, за исключением получения невязки хода.

Она определяется по формуле:

$$f_h = \sum h_{cp} - (H_k - H_n) = 1,636 - (71,689 - 73,321) = -0,004 \text{ м}$$

где H_k и H_n - соответственно отметки конечной и начальной точек хода (в нашем случае отметки точек 5 и 2).

Таблица 7

Журнал геометрического нивелирования диагонального хода

№ ста нц ий	Ни- ве- ли- руе- мые точ- ки	Отсчеты по рейке			Превы- шения h	Средние превы- шения h _{ср}	Горизонт инстру- мента, м ГИ	Отметки точек, м Н
		задний а	перед- ний в	промежу точный с				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	2	5987				+2		73,321
		1300			-1005	-1004		
1		4687			-1003			
	7		6992					72,319
			2303					
			4689					
	7	5188				+2		72,319
2		0498			-0630	-0632		
		4690			-0634			
	5		5818					71,689
			1132					
			4686					

12973	16245	-3272	-1636
	-3272	-1636	
	-1636		

$$f_h = \sum h_{cp} - (H_k - H_n) = -1,636 - (71,689 - 73,321) = -0,004 \text{ м}$$

Обработка журнала тахеометрической съемки

Конечной целью обработки журнала является получение отметок речных точек. Из табл. 6 выписываем в графу 6 табл. 9 отметки точек 2, 3, 4 и согласно этим отметкам вычисляем отметки речных точек.

Обработка журнала тахеометрической съемки выполняется в следующем порядке:

1. Вычисляем место нуля (МО) по формуле:

$$\text{МО} = (\text{КП} + \text{КЛ} \pm 360^\circ) / 2,$$

где КП - отсчет при круге право; КЛ - отсчет при круге лево.

Например, $\text{МО} = (2^\circ 28' + 357^\circ 32' - 360^\circ) / 2 = 0^\circ 00' / 2 = 0^\circ 00'$

2. Вычисляем углы наклона ν на речные точки по формуле:

$$\nu = \text{КП} - \text{МО}$$

3. С помощью тахеометрических таблиц по дальномерным расстояниям (D) и углам наклона (ν) находят горизонтальные проложения (d) и превышения (h'). При отсутствии тахеометрических таблиц значения d и h' получают по формулам:

$$d = D \cdot \cos^2 \nu; \quad h' = d \cdot \operatorname{tg} \nu \quad \text{или} \quad h' = D/2 \cdot \sin 2 \nu$$

Окончательное значение превышений вычисляют по формуле:

$$h = h' + i - l,$$

где i - высота инструмента; l - высота визирования.

4. Определяют отметки речных точек по формуле:

$$H_{pi} = H_{cm} + h_i,$$

где H_{cm} - отметка станции; h_i - превышение соответствующей речной точки.

Например:

$$\begin{aligned} H_{\text{реч. 1}} &= H_{cm} + h_1 = 73,321 - 1,15 = 72,171 \text{ м} \\ H_{\text{реч. 2}} &= H_{cm} + h_2 = 73,321 - 1,57 = 71,751 \text{ м и т. д.} \end{aligned}$$

Журнал тахеометрической съемки

Таблица 8

[illegible]

Таблица 9

Выписка из тахеометрического журнала

Номера точек наблюдения	Отсчеты по горизонтальному кругу		Горизонтальные проложения, м	Превышения h	Отметки, м Н	
	°	'			станций	реечных точек
Станция № 2						
1 т. х.	0	0				
1	168	20				
2	227	05				
3	247	30				
Станция № 3						
2 т. х.	0	0				
4	252	00				
5	313	10				
6	341	35				
Станция № 4						
3 т. х.	0	0				
7	7	15				
8	264	55				
9	333	00				

Составление топографического плана

По результатам всех вычислений выполняют построение плана.

Размер листа чертежной бумаги определяется по разности наибольших и наименьших абсолютных значений абсцисс и ординат точек:

1) на листе бумаги (лист формата А3), размер которого рассчитан по количеству необходимых квадратов (+ 4 – 6 см), проводят диагонали (рис. 5).

От точки пересечения диагоналей по всем четырем направлениям откладывают равные отрезки. Соединяют точки прямыми линиями и получают прямоугольник - **основу** для координатной сетки. На сторонах прямоугольника откладывают, при помощи циркуля-измерителя и масштабной линейки, отрезки по 10 см.

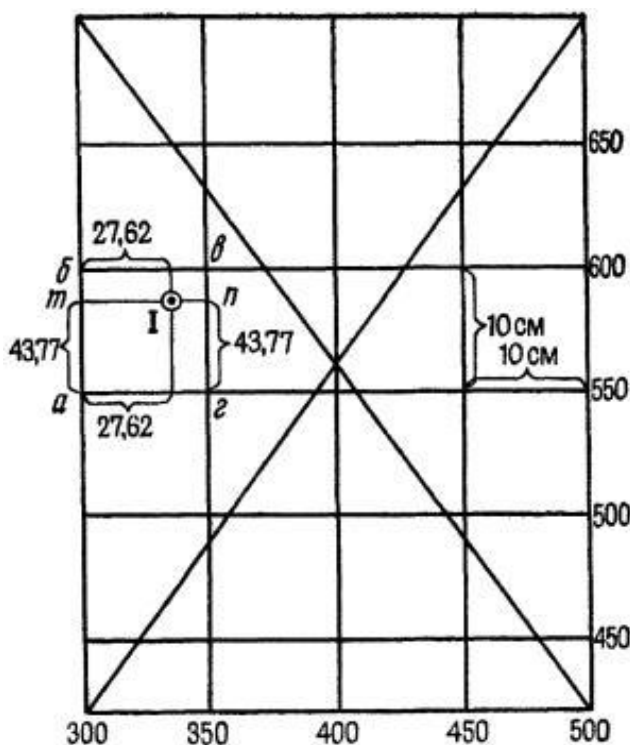


Рис. 5. Построение координатной сетки.

Соединив соответствующие точки противоположных сторон прямоугольника, получают сетку квадратов - **координатную сетку**. Построение координатной сетки тщательно проверяют - циркулем-измерителем сравнивают диагонали малых квадратов (допустимое расхождение не более чем $\pm 0,1-0,2$ мм). Координатную сетку подписывают таким образом, чтобы точки съемочного обоснования расположились примерно на середине листа.

При значительных размерах планов координатную сетку строят при помощи специальной линейки ЛД-1 (линейка Дробышева) или на координатографе (рис. 6, а). ЛД-1 - это металлическая линейка, одно ребро которой скошено. Вдоль линейки вырезаны шесть окошек, один край которых скошен. Середина скошенного края в первом (левом) окошке служит началом отсчета. Все скошенные края других окошек представляют дуги радиусов 10, 20, 30, 40 и 50 см,

центр которых совпадает с нулем первого окошка. Скошенный край конца линейки является дугой окружности радиуса 70, 71 см, что соответствует диагонали квадрата со стороной 50 см.

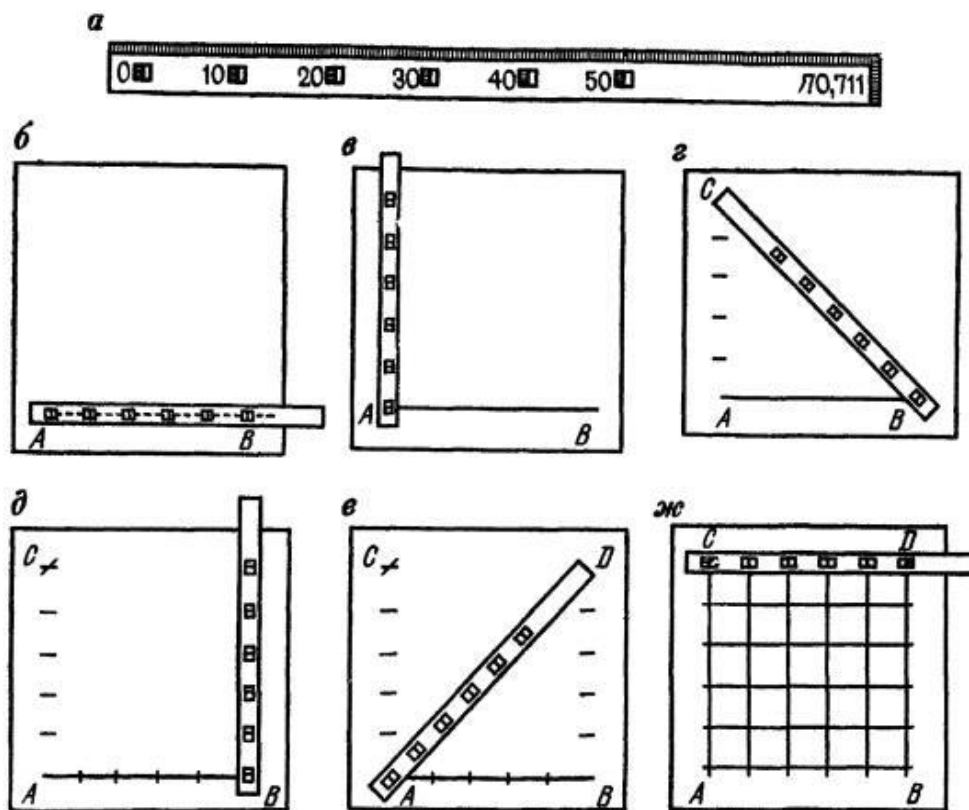


Рис. 7. Порядок построения координатной сетки при помощи линейки ЛД-1

Построение координатной сетки линейкой ЛД-1 выполняют следующим образом. Отступив от нижнего края листа бумаги на 5 - 7 см, проводят по скошенному ребру линейки тонкую линию AB (рис. 6, б). Накладывают на эту линию линейку так, чтобы нулевой штрих первого окошка совпадал с линией, а в остальных была видна прочерченная линия, и проводят по скошенным краям шести окошек короткие черточки, получают пять интервалов по 10 см. Прикладывают линейку перпендикулярно к начальной линии, соединяют нулевой штрих первого окошечка с точкой A и прочерчивают дуги по скошенным краям всех окошек (рис. 6, в). Прикладывают нулевой штрих линейки к точке B и по концу линейки (рис. 6, г) находят пересечение с последней (шестой) чертой, сделанной ранее. В пересечении получают точку C .

Аналогично производят построение треугольника с прямым углом в точке B и получают D (рис. 6, д; е).

Прикладывают линейку к линии CD и прочерчивают короткие штрихи по скошенным краям окошек. Соединив точки A и C , C и D , D и B , а также одноименные точки на противоположных сторонах прямоугольника $ABCD$, получают сетку квадратов (рис. 6, ж).

Для контроля скошенное ребро линейки прикладывают к вершинам квадратов одного ряда. Все вершины должны лежать на прямой линии. Кроме того, с

помощью измерителя сравнивают длины сторон и диагоналей квадратов. Погрешности построения не должны превышать 0,1 - 0,2 мм.

Стороны квадратов принимают за координатные оси, вертикальные стороны – за линии, параллельные осевому меридиану (ось X), горизонтальные – оси экватора (ось Y).

Координатную сетку подписывают таким образом, чтобы замкнутый теодолитный ход разместился примерно на середине листа;

2) пользуясь ведомостью координат вершин теодолитного хода, наносят на план все точки съемочного обоснования. Контролем правильности нанесения точек является соответствие расстояний между нанесенными точками (на плане) и горизонтальными проложениями (между этими же точками) взятыми из ведомости координат вершин теодолитного хода. Расхождения не должны превышать $\pm 0,1 - 0,2$ мм;

3) по данным абриса теодолитной съемки (рис. 2, 3) при помощи циркуля-измерителя, транспортира, поперечного масштаба и миллиметровой линейки наносят на план контуры и предметы местности. Способ нанесения - соответствует способу съемки.

Изображение рельефа на топографическом плане получают, выполнив графическое интерполирование по результатам тахеометрической съемки.

Для этого:

- наносят на план речные точки по данным журнала тахеометрической съемки (табл. 8 и 9). Транспортир прикладывают к соответствующей линии теодолитного хода и откладывают горизонтальные углы от направления на заднюю точку по ходу часовой стрелки на соответствующие речные точки, по полученным направлениям откладывают величины соответствующих горизонтальных расстояний.

Около полученных точек (справа) подписывают в числителе номер точки, в знаменателе - ее отметку.

- в соответствии с заданной высотой сечения рельефа ($h = 0,25$ м) и «Абрисом тахеометрической съемки» – рис. 4 выполняют графическое интерполирование (рис. 7).

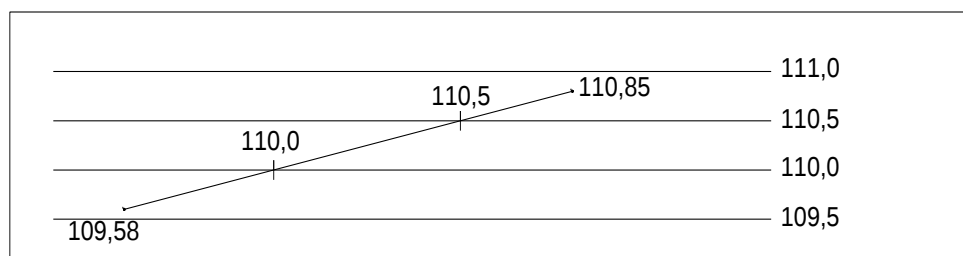


Рис. 7. Графический способ интерполяции горизонталей.

На практике графическую интерполяцию чаще всего производят при помощи палетки, которую удобно изготовить на кальке. На листе кальки произвольного размера не менее 15x15 см проводят параллельные линии через 10 мм

и подписывают эти линии отметками, кратными высоте сечения рельефа, начиная от наименьшей отметки плана до наибольшей. Поворачивая палетку на плане, совмещают точки с отметками с горизонталями на палетке, продавливают карандашом их на план. Соединяя одноименные точки, прочерчивают горизонтالي. При окончательном вычерчивании горизонтали, кратные целым значениям метров, утолщают и подписывают. В необходимых местах на горизонталях ставят бергштрихи.

Свойства горизонталей и особенности их проведения:

1. Горизонталь - линия равных высот, т.е. все ее точки, имеют одинаковую высоту;
2. Горизонталь должна быть непрерывной плавной линией;
3. Горизонтали не могут раздваиваться и пересекаться;
4. Расстояния между горизонталями (заложение) характеризуют крутизну ската. Чем меньше расстояние, тем круче скат и наоборот;
5. Водораздельные и водосборные линии горизонтали пересекают под прямым углом;
6. В случаях, когда заложение превышает 25 мм, проводят дополнительные горизонтали (полугоризонтали) в виде штриховой линии (длина штриха 5-6 мм, расстояние между штрихами 1-2 мм);
7. При окончательном оформлении плана выполняют некоторое сглаживание горизонталей в соответствии с общим характером рельефа, при этом предельная погрешность изображения рельефа горизонталями не должна превышать $1/3$ основного сечения.

Горизонтали на плане необходимы для детального изучения рельефа участка и окончательного выбора места под строительство.

После того, как на план нанесли линии рельефа, наносят все «площадные» условные обозначения. Условные знаки по конфигурации, размерам и расположению вычерчивают в строгом соответствии с образцом (рис. 9). Чертеж выполняют тушью.

Топографический план обрамляют рамкой так, чтобы план участка разместился примерно в ее середине. На расстоянии 1 см от внутренней рамки строят внешнюю рамку толщиной 1 мм. План оформляют в соответствии с образцом в методических указаниях (рис. 10).

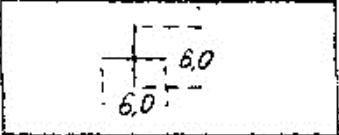
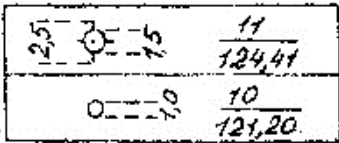
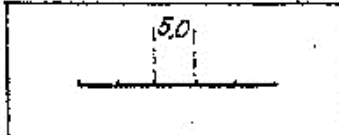
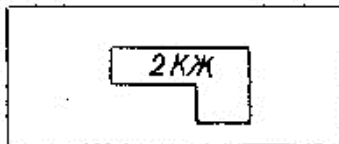
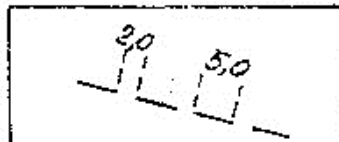
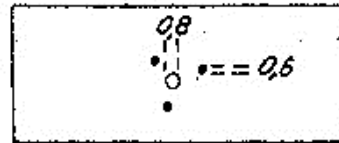
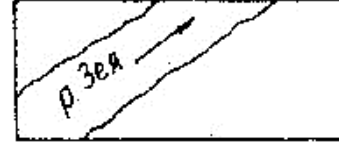
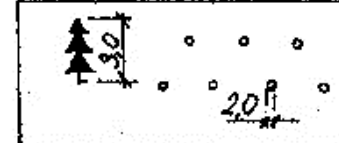
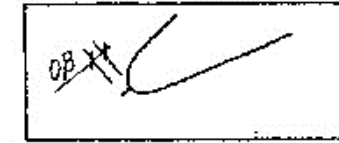
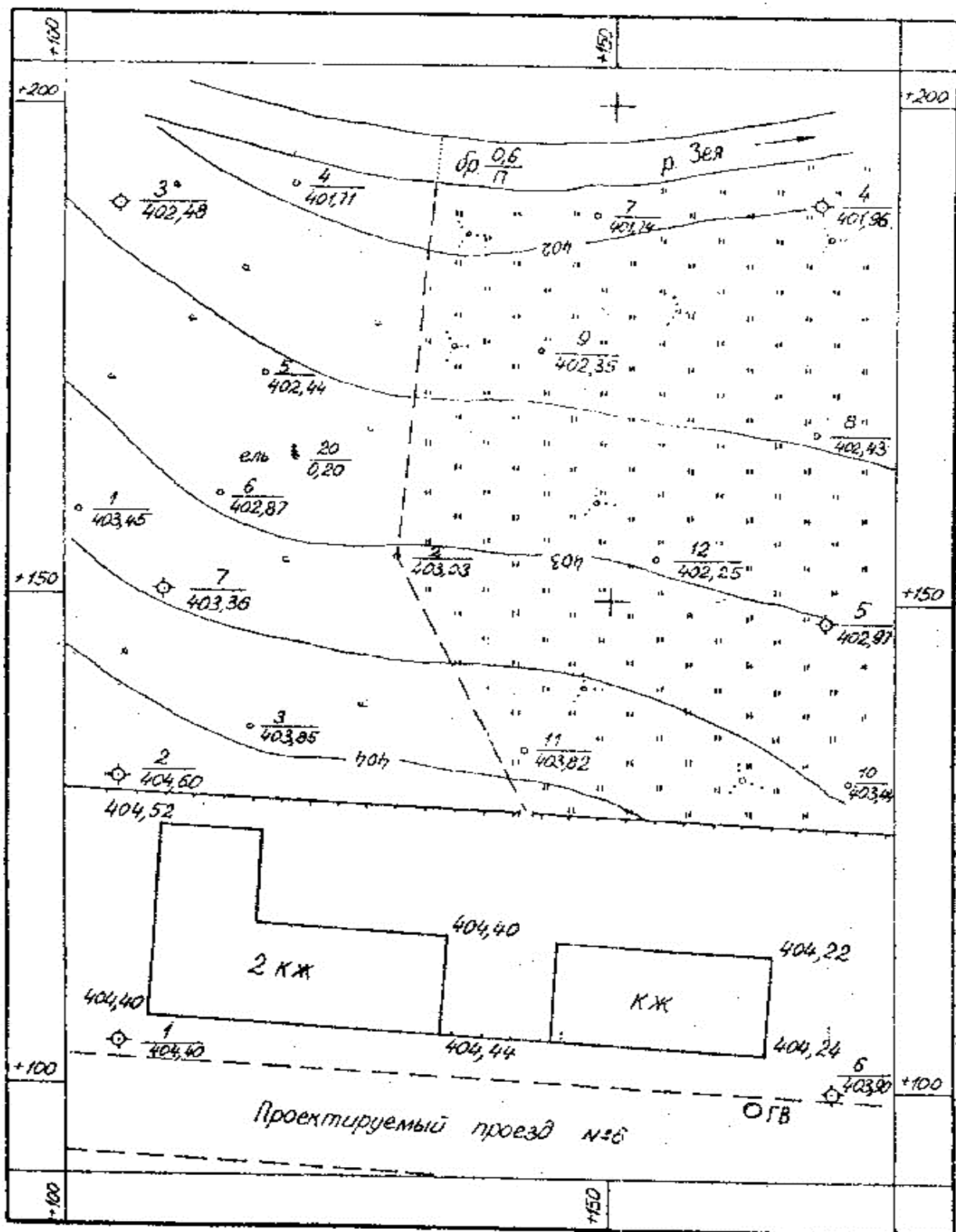
	Пересечение координатных линий
	Точка съемочного обоснования Речная точка
	Забор деревянный (сплошной)
	Строение 2-этажное, каменное жилое
	Тропа
	Кустарник
	Река со стрелкой направления течения
	Хвойный лес
	Луговая растительность
	Горизонталь с бергштрихом

Рис. 9. Условные знаки для планов масштаба 1:500



М 1:500

Высота сечения рельефа $h = 0,25$ м

Составил: студент группы АД – 10

Иванов П. Н.

Рис.10 Образец оформления топографического плана

