

Вл.А. Анисимов, С.В. Макарова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Методическое пособие

Хабаровск
Издательство ДВГУПС
2003

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный
университет путей сообщения МПС России»

Кафедра «Изыскания и проектирование железных дорог»

Вл.А. Анисимов, С.В. Макарова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Методическое пособие
с заданиями и указаниями по выполнению контрольных
работ № 1 и 2 для студентов ИИФО II курса

Хабаровск
Издательство ДВГУПС
2003

УДК 528.48(075.8)
ББК Д14я73
А 674

Рецензенты:

Начальник центра диагностики путевого хозяйства
Дальневосточной железной дороги
В.В. Воронин,
Начальник отдела изысканий государственного
унитарного предприятия «Хабаровскгражданпроект»,
А.В. Савицкий

Анисимов, Вл.А.

А 674 Анисимов Вл.А. Инженерная геодезия: Методическое пособие /
Вл.А. Анисимов, С.В. Макарова. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС,
2003. – 48 с.: ил.

Методическое пособие соответствует государственному образовательному стандарту направлений 653500 «Строительство», 653600 «Транспортное строительство» специальностей 290300 «Промышленное и гражданское строительство», 290800 «Водоснабжение и водоотведение», 290900 «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство», 291100 «Мосты и транспортные тоннели».

В пособии изложены порядок и методика выполнения заданий, приведены примеры вычислений и образцы оформления контрольных работ. В приложении даны формы ведомостей, журналов и таблиц, которые студент может использовать при выполнении работ.

Предназначено для студентов 2 курса ИИФО, изучающих дисциплину «Инженерная геодезия».

УДК 528.48(075.8)
ББК Д14я73

© ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный
университет путей сообщения МПС России» (ДВГУПС), 2003

ВВЕДЕНИЕ

Перед выполнением контрольной работы студент должен изучить соответствующие разделы учебников и настоящее методическое пособие.

Пояснительная записка к контрольной работе должна быть краткой и содержать описание этапов выполнения работ. В ней же необходимо приводить формулы, по которым выполнялись расчеты, а также по одному примеру расчета на каждую приведенную формулу.

Пояснительная записка должна быть написана чернилами (красные и зеленые не допускаются).

Чертежи могут быть выполнены тушью или карандашом, но обязательно с соблюдением топографических знаков и государственных стандартов.

Студент подписывает пояснительную записку и чертеж, указав свой шифр. В конце пояснительной записки дается список литературы, которая была использована при выполнении контрольной работы.

Контрольная работа 1. Обработка материалов и построение плана тахеометрической съемки на основе теодолитно-высотного хода

Цель работы. Обучить студентов обработке результатов измерений, полученных при прокладке на местности теодолитно-высотного хода и тахеометрической съемки.

Обработка результатов измерений включает

1. Вычисление плоских прямоугольных координат вершин теодолитно-высотного хода.
2. Вычисление отметок вершин теодолитно-высотного хода.
3. Вычисление отметок реечных точек тахеометрической съемки.
4. Построение топографического плана тахеометрической съемки.

Тахеометрический план выполняется на листе ватмана А3 в масштабе 1:2000. Для вычислений необходимо иметь микрокалькулятор с тригонометрическими функциями. Для вычерчивания нужен циркуль-измеритель, тахеограф и транспортир, масштабная линейка.

Задание 1. Обработка ведомости вычисления координат точек теодолитно-высотного хода

Исходные данные. На участке, подлежащем съемке, проложен замкнутый теодолитно-высотный ход из шести вершин и внутренний (диагональный) ход между 5-й и 2-й вершинами (рис. 1).

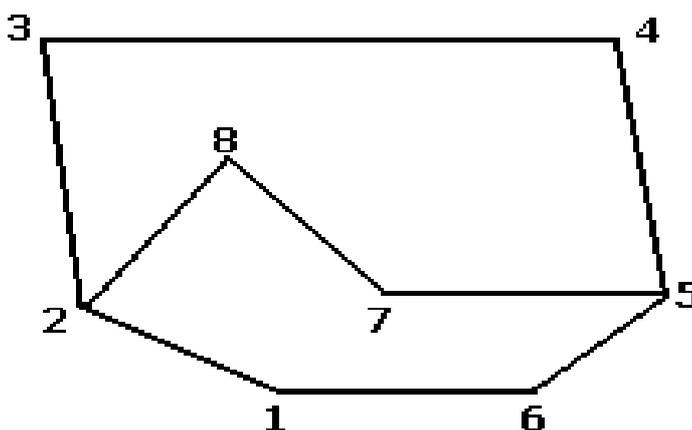


Рис. 1. Схема теодолитно-высотного хода

Углы измерялись теодолитом 2Т30, расстояния – мерной лентой ЛЗ-20. Результаты измерений приведены в табл. 1.

Исходные данные

Номер вершин	Среднее значение измеренных горизонтальных углов b	Горизонтальное проложение линий S , м
Замкнутый ход		
1	115°27,5'	204,42 180,88 279,84 167,06 163,62 152,16
2	154°23,5'	
3	78°41,0'	
4	114°01,5'	
5	141°34,5'	
6	115°50,0'	
Диагональный ход		
5	92°57,5'	139,42 172,04 83,26
7	115°58,0'	
8	269°09,5'	
2	49°13,0'	

В результате плановой привязки на сторону 1–2 теодолитно-высотного хода был передан дирекционный угол, который является исходным для последующих вычислений.

Дирекционный угол направления стороны 1–2 (α_{1-2}) и прямоугольные координаты вершины 1 теодолитно-высотного хода принять из табл. 2 по первой букве фамилии и последней цифре шифра. **Например:** Матвеев СЖД 254 $\alpha_{1-2} = 319^\circ 20'$, $x_1 = 1644,15$ м; $y_1 = 1631,31$ м.

Таблица 2

Исходные данные по вариантам

Буква алфавита	Исходные данные	Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А–Б	α_{1-2}	1°15'	180°13'	2°43'	255°17'	354°18'	205°21'	156°20'	62°50'	138°46'	53°04'
	x_1	1235,25	1785,87	1636,30	1806,07	1990,12	1805,32	1555,82	1803,58	1554,15	1798,44
	y_1	1042,96	2662,10	2862,22	2983,86	2815,39	2820,11	2819,79	2810,69	2805,24	2835,36
	H_1	53,82	73,09	93,82	72,37	91,64	112,37	112,53	133,10	153,92	134,01
В–Г	α_{1-2}	40°12'	83°21'	152°12'	172°42'	102°29'	34°48'	104°00'	254°07'	61°20'	290°11'
	x_1	1043,65	1549,09	1874,59	1671,53	1832,08	1809,93	1811,19	1880,48	1819,14	1929,16
	y_1	1235,12	2821,35	2878,62	2733,45	2909,79	2660,97	2913,43	2673,41	2964,54	2722,55
	H_1	56,78	76,87	96,99	75,33	95,42	115,53	115,47	136,72	156,12	136,67
Д–Е	α_{1-2}	270°40'	1°58'	271°15'	3°27'	154°30'	56°12'	26°21'	75°20'	277°10'	210°10'
	x_1	1815,41	1976,99	1791,19	1997,21	1766,79	1992,79	1733,23	1974,09	1706,46	1955,27
	y_1	2977,36	2786,92	2987,79	2843,69	2976,65	2870,24	2957,22	2892,75	3022,43	3005,91
	H_1	59,01	79,02	99,05	77,55	97,56	117,61	118,11	139,02	159,32	140,25
Ж–З	α_{1-2}	85°13'	237°05'	72°10'	101°15'	43°58'	103°34'	234°24'	104°20'	128°15'	77°24'
	x_1	1683,25	1931,91	1679,46	1927,93	1677,30	1925,03	2891,16	1674,54	1671,30	1917,60
	y_1	2887,87	2908,55	2888,01	2912,70	2890,07	2919,09	1921,81	2924,98	2793,80	2832,09
	H_1	61,97	81,03	100,00	80,52	99,58	118,54	121,72	141,25	123,88	143,17
И–К	α_{1-2}	150°12'	71°15'	171°40'	88°10'	5°05'	321°17'	57°12'	357°07'	178°04'	190°13'
	x_1	541,13	548,34	678,45	1586,61	1715,19	1702,40	1832,51	1711,01	1840,59	1647,57
	y_1	2013,41	501,19	1503,01	1509,04	1523,10	1655,38	1657,04	1634,08	1648,11	1629,13
	H_1	64,03	84,01	103,02	82,59	102,55	121,57	124,61	144,00	126,48	146,32
Л–М	α_{1-2}	130°12'	317°03'	92°40'	319°20'	81°20'	155°41'	195°18'	142°03'	105°55'	259°13'
	x_1	1778,01	1658,18	1786,25	1644,15	1768,09	1650,02	1772,94	1684,12	1803,77	1671,03
	y_1	1651,93	1633,41	1664,03	1631,31	1671,53	1635,35	1685,33	1643,10	1712,15	1651,59
	H_1	67,35	87,19	105,35	85,89	105,74	107,9	127,79	147,13	128,40	148,61
Н–О	α_{1-2}	70°00'	41°12'	213°20'	153°40'	35°23'	6°31'	74°52'	187°18'	76°50'	160°13'
	x_1	2136,13	1660,34	2647,05	1674,13	1776,20	1640,17	1738,55	1653,03	1746,88	1659,08
	y_1	1541,18	1767,01	1720,40	1662,18	1742,51	2639,04	2725,01	2654,94	2749,19	2665,18
	H_1	70,29	90,10	68,56	88,84	108,63	109,84	130,05	150,00	131,09	151,64

Продолжение табл.2

Буква алфавита	Исходные данные	Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
П-Р	α_{1-2}	315°07'	45°11'	21°07'	124°41'	136°18'	143°14'	52°19'	188°22'	278°12'	144°10'
	x_1	2136,13	1660,34	2647,05	1674,13	1776,20	1640,17	1738,55	1653,03	1746,88	1659,08
	y_1	1541,18	1767,01	1720,05	1662,18	1742,51	2639,04	2725,01	2654,94	2749,19	2665,18
	H_1	155,28	174,65	112,78	190,01	130,29	171,10	152,50	181,78	109,91	149,45
С-Т	α_{1-2}	211°04'	69°40'	350°40'	20°05'	73°15'	253°14'	176°50'	79°12'	21°05'	174°13'
	x_1	1711,01	1720,34	1727,97	1731,74	1739,48	1742,11	1749,97	1755,01	1759,10	1763,39
	y_1	2716,13	2725,46	2733,13	2736,89	2744,63	2747,23	2752,12	2760,12	2764,26	2768,50
	H_1	157,55	177,89	115,00	193,82	133,09	172,12	156,01	185,66	114,09	153,87
У-Ф	α_{1-2}	90°08'	149°20'	269°01'	68°30'	233°00'	163°27'	265°10'	349°20'	329°11'	253°27'
	x_1	1768,29	1774,00	1781,51	1787,66	1695,08	1693,49	1682,43	1679,94	1665,10	1661,27
	y_1	2773,46	2779,13	2786,67	2792,78	2700,24	2698,66	2987,55	2685,09	2670,23	2666,42
	H_1	159,81	108,56	118,40	116,78	136,87	173,54	162,91	189,63	119,46	157,62
Х-Ц	α_{1-2}	141°45'	235°12'	125°47'	257°41'	108°59'	52°03'	207°59'	214°11'	139°14'	22°07'
	x_1	1614,30	1644,82	1634,01	1648,12	1630,00	1501,89	1513,18	1520,00	1527,18	1544,47
	y_1	2619,41	2949,98	2639,13	2653,26	2635,12	2507,00	2518,33	2525,14	2532,33	2549,61
	H_1	162,53	112,37	121,52	119,01	184,82	136,08	166,80	191,28	123,87	161,15
Ч-Ш	α_{1-2}	231°10'	169°10'	39°09'	363°50'	28°12'	356°55'	218°21'	58°57'	30°15'	196°46'
	x_1	1550,13	1557,00	1563,72	1569,01	1574,10	1534,26	1741,13	1541,17	1518,04	1641,84
	y_1	2555,28	2502,14	2568,83	2574,13	2579,24	2931,13	2894,01	2931,31	2431,13	2531,13
	H_1	165,70	135,23	124,78	21,98	186,83	140,17	169,40	195,40	127,30	168,03
Щ-Э	α_{1-2}	330°08'	180°15'	230°14'	132°41'	179°44'	217°09'	252°31'	31°22'	221°11'	164°46'
	x_1	2617,54	2518,07	2621,01	2575,08	2604,03	2551,54	2548,93	2344,91	2254,54	2541,13
	y_1	1655,08	1781,33	1640,15	1762,77	1674,08	1791,39	1692,54	1791,13	1801,04	3105,12
	H_1	168,53	137,56	131,11	124,03	189,81	144,33	173,01	199,83	141,20	171,94
Ю-Я	α_{1-2}	262°27'	258°50'	201°34'	68°05'	14°59'	206°18'	42°41'	251°21'	191°43'	137°42'
	x_1	1587,31	1628,23	1530,01	2934,04	2633,18	2594,07	3433,13	2344,14	2434,48	2731,17
	y_1	1660,19	1847,08	2638,14	1759,71	1791,23	1834,90	1901,91	2015,08	1794,56	1951,88
	H_1	172,48	142,58	133,02	127,34	161,40	148,73	177,69	104,56	145,32	174,52

Таблица 3

Ведомость вычисления прямоугольных координат

№/№ верш.	Измерен. углы		Исправ. углы		Дирекци- онные углы		Гориз. про- ложен.	Вычисленные приращения				Исправленные приращения				Координаты				
	°	'	°	'	°	'		±	ΔX	±	ΔY	±	ΔX	±	ΔY	±	X	±	Y	
1	2		3		4		5	6		7		8		9		10		11		
1	115	+0,5 27,5	115	28	<i>Замкнутый ход</i>														1234,15	854,03
					330	08	204,42	+	⁺⁸ 177,27	-	⁺⁵ 101,80	+	177,35	-	101,75					
2	154	+0,5 23,5	154	24	355	44	180,88		⁺⁷ 180,38		⁺⁴	+	180,45	-	13,42	1411,50	752,28			
3	78	41	78	41				+		-	13,46					1591,95	738,86			
					97	03	279,84		⁺¹¹ 34,35	+	⁺⁶ 277,72	-	34,24	+	277,78					
4	114	+0,5 01,5	114	02				-	⁺⁶ 159,77	+	⁺³ 48,80	-	159,71	+	48,83	1557,71	1016,64			
					163	01	167,06					-	159,71	+	48,83					
5	141	+0,5 34,5	141	35				-	⁺⁶ 152,30	-	⁺³ 59,79	-	152,24	-	59,76	1398,00	1065,47			
					201	26	163,62					-	152,24	-	59,76					
6	115	50,0	115	50				-	⁺⁶ 11,67	-	⁺³ 151,71	-	11,6	-	151,68	1245,76	1005,71			
1																1234,15	854,03			

$$f_{\beta_{изм}} \quad 719 \quad 58,0 \quad 720^\circ$$

$$P = 1147,98 \quad + 357,65 \quad + 326,52$$

$$\quad \quad \quad - 358,09 \quad - 326,76$$

$$f_{\beta_{теор}} = 180^\circ(n-2) = 720^\circ$$

$$f_b = \Sigma b_{изм} - \Sigma b_{теор} = -2,0'$$

$$f_x = -0,44 \quad f_y = -0,24 \quad f_x = 0 \quad f_y = 0$$

$$f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{(0,44)^2 + (0,24)^2} = 0,50$$

$$f_{\text{доп}} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 1' \sqrt{6} = \pm 2'27''$$

$$\frac{f_p}{P} = \frac{0,50}{1147,98} = \frac{1}{1147,98/0,50} = \frac{1}{2296} \approx \frac{1}{2300} < \frac{1}{2000}$$

$$f_b < f_{\text{доп}}$$

Таблица 4

Ведомость вычисления прямоугольных координат

№/№ верш	Измерен. углы		Исправ. углы		Дирекцион- ные углы		Гориз. пролож- жен.	Вычисленные приращения				Исправленные приращения				Координаты			
	°	'	°	'	°	'		±	ΔX	±	ΔY	±	ΔX	±	ΔY	±	X	±	Y
1	2		3		4		5	6		7		8		9		10		11	
4	<i>Разомкнутый (диагональный) ход</i>																		
					163	01													
5	92	-0.5 57,5	92	57,0	250	04	139,42	-	47,53 ⁺⁸	-	131,07 ⁺⁹	-	47,45	-	130,98		1398,00		1065,47
7	115	58,0	115	58,0	314	06	172,04	+	119,72 ⁺¹⁰	-	123,55 ⁺¹¹	+	119,82	-	123,44		1350,55		934,49
8	269	-0,5 09,5	269	09	224	57	83,26	-	58,92 ⁺⁵	-	58,82 ⁺⁵	-	58,87	-	58,77		1470,37		811,05
2	49	13,0	49	13	355	44											1411,50		752,28
3																			

$$\Sigma\beta_{изм} \quad 527 \quad 18$$

$$L = 394,72$$

$$SDx_{выч} = +13,27 \quad SDy_{выч} = -313,44$$

$$\Sigma\beta_{теор} = a_n - a_k + n \cdot 180^\circ = 163^\circ 01' - 355^\circ 44' + 4 \cdot 180^\circ = 527^\circ 17'$$

$$SDx_{теор} = X_2 - X_5 = 1411,50 - 1398,00 = +13,50$$

$$f_{\beta} = \Sigma\beta_{теор} - \Sigma\beta_{изм} = +1,0'$$

$$SDy_{теор} = Y_2 - Y_5 = 752,28 - 1065,47 = -313,19$$

$$f_{доп} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 1' \sqrt{4} = \pm 2'$$

$$f_x = SDx_{выч} - SDx_{теор} = 13,27 - 13,50 = -0,23$$

$$f_{\beta} < f_{доп}$$

$$F_y = SDy_{выч} - SDy_{теор} = -313,44 + 313,19 = -0,25$$

$$f_L = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{(0,23)^2 + (0,25)^2} = 0,34$$

$$\frac{f_L}{L} = \frac{0,34}{394,72} = \frac{1}{394,72/0,34} = \frac{1}{1160,9} \approx \frac{1}{1200} < \frac{1}{1000}$$

Методические указания по выполнению задания 1

Ведомость вычисления прямоугольных координат точек замкнутого теодолитно-высотного хода приведена в табл. 3.

Порядок заполнения и расчета ведомости следующий.

1. Уравнивание углов замкнутого теодолитно-высотного хода выполняется в такой последовательности.

1. Из табл.1 переписывают в ведомость (графа 2 табл. 3) измеренные горизонтальные углы длины сторон (горизонтальные проложения) теодолитно-высотного хода (графа 5).

2. Из табл.2 в ведомость вписывают исходный дирекционный угол стороны 1–2 теодолитно-высотного хода (графа 4) и исходные координаты вершины 1 (графы 10 и 11).

3. Подсчитывают сумму измеренных горизонтальных углов хода $\Sigma\beta_{изм}$ (в примере $\Sigma\beta_{изм} = 115^{\circ}27,5' + 154^{\circ}23,5' + \dots + 115^{\circ}50,0' = 719^{\circ}58,0'$).

4. Вычисляют теоретическую сумму углов $\Sigma\beta_{теор} = 180^{\circ}(n - 2)$, где n – число внутренних углов хода.

5. Вычисляют угловую невязку $f_{\beta} = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$.

6. Определяют допустимую угловую невязку теодолитно-высотного хода $f_{\beta доп} = \pm 1' \sqrt{n}$.

7. Сравнивают угловую невязку с допустимой. Она не должна превышать допустимую $f_{\beta} \leq f_{\beta доп}$.

8. Если условие $f_{\beta} \leq f_{\beta доп}$ выполняется, то полученную невязку распределяют между измеренными углами, вводя в них поправки со знаком, обратным знаку полученной невязки (уравнивают углы). Распределяют невязку в углы с десятыми минут, округляя их до минут. Значения поправок вписывают в графу 2 над значениями минут, при этом сумма вписанных поправок должна равняться величине полученной угловой невязки, но иметь противоположный знак.

9. В графу 3 записывают исправленные углы. Сумма исправленных (уравненных) углов должна быть равна их теоретической сумме.

2. Вычисление дирекционных углов сторон теодолитно-высотного хода. По дирекционному углу начальной стороны 1–2 и исправленным (уравненным) горизонтальным углам вычисляют дирекционные углы всех последующих сторон хода по формуле

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^{\circ} - \beta_n, \quad (1)$$

где α_n и α_{n-1} – дирекционные углы последующей и предыдущей сторон

хода, β_n – уравненный внутренний угол при вершине, образованный этими сторонами и справа по ходу лежащий.

Пример (см. табл. 3). Имеем уравненный внутренний угол при вершине 2 равный $154^{\circ}24'$ и дирекционный угол стороны 1–2, равный $330^{\circ}08'$. Дирекционный угол стороны 2–3 найдем по формуле (1)

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^{\circ} - \beta_2 = 330^{\circ}08' + 180^{\circ} - 154^{\circ}24' = 355^{\circ}44'.$$

Если величина дирекционного угла оказывается более 360° , то следует 360° вычесть. Если же сумма дирекционного угла предыдущей стороны и 180° окажется меньше внутреннего угла, вычитаемого из этой суммы, то к сумме следует прибавить 360° .

Для контроля правильности вычисления дирекционных углов к дирекционному углу последней стороны прибавить 180° и вычесть величину внутреннего угла, расположенного между последней и первой сторонами. Полученное значение должно равняться дирекционному углу начальной (исходной) стороны.

3. Вычисление приращений прямоугольных координат производят по формулам:

$$\Delta X = S \cos a \quad \text{и} \quad \Delta Y = S \sin a, \quad (2)$$

где S – горизонтальное проложение стороны хода; a – дирекционный угол данной стороны.

Пример. $\Delta X_{1-2} = S \cos \alpha = 204,42 \cos 330^{\circ}08' = +177,27 \text{ м};$

$$\Delta Y_{1-2} = S \sin \alpha = 204,42 \sin 330^{\circ}08' = -101,80 \text{ м}.$$

Вычисленные приращения округляют до сантиметров (так как длины линий измерены с точностью до см) и записывают в графы ведомости «Вычисленные приращения» (графы 6, 7).

4. Вычисление абсолютной и относительной линейных невязок хода. Уравнивание приращений координат

1. Определяют невязку в приращениях координат по оси абсцисс как алгебраическую сумму $\Delta X_{\text{выч}}$, которая для замкнутого хода и будет величиной невязки f_X . В табл. 3. $\Sigma \Delta X_{\text{выч}} = f_X = -0,44 \text{ м}.$

2. Аналогично вычисляют невязку по оси ординат $\Sigma \Delta Y_{\text{выч}} = f_Y = -0,24 \text{ м}.$

3. Вычисляют абсолютную невязку хода $f_p = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2}.$

4. Определяют относительную линейную невязку отношением абсолютной невязки к периметру хода и выражают в виде простой правильной дроби, в числителе которой единица

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_p}{P} = \frac{1}{\frac{P}{f_p}},$$

где P – периметр (сумма длин сторон хода).

Пример. В табл. 3 $f_p = 0,50$ м и $P = 1147,98$ м, относительная линейная невязка будет равна

$$f_{\text{отн}} = \frac{1}{1147,98 / 0,5} = \frac{1}{2296} \approx \frac{1}{2300}.$$

5. Если $f_{\text{отн}} \leq \frac{1}{2000}$, то результаты измерений считаются качественными и невязку по каждой оси распределяют пропорционально длинам сторон теодолитно-высотного хода, рассчитывая поправки по формулам:

$$v_{X_i} = -\frac{f_X}{P} S_i \quad \text{и} \quad v_{Y_i} = -\frac{f_Y}{P} S_i, \quad (3)$$

где S_i – горизонтальное проложение соответствующей стороны.

Значения поправок выписывают с округлением до сантиметра над соответствующими приращениями координат со знаком, обратным знаку соответствующей невязки. При этом сумма поправок должна равняться полученной невязки, но с обратным знаком.

Пример. $v_{X_{1-2}} = \frac{f_X}{P} S_{1-2} = \frac{-0,44}{1148} 204 = +0,08$ м ;

$$v_{Y_{1-2}} = \frac{f_Y}{P} S_{1-2} = \frac{-0,24}{1148} 204 = +0,05$$
 м.

6. Вычисляют исправленные (уравненные) приращения как алгебраическую сумму вычисленных приращений и соответствующих поправок, затем записывают в графы ведомости «Исправленные приращения» (графы 8 и 9).

Контроль уравнивания приращений: в замкнутом ходе алгебраическая сумма исправленных приращений по каждой оси должна равняться нулю.

5. Вычисление координат вершин теодолитно-высотного хода вычисляются по формулам:

$$X_n = X_{n-1} + \Delta X \quad \text{и} \quad Y_n = Y_{n-1} + \Delta Y, \quad (4)$$

где X_n, Y_n – координаты последующей вершины; X_{n-1}, Y_{n-1} – координаты предыдущей вершины; $\Delta X, \Delta Y$ – исправленные приращения стороны между этими вершинами.

Пример (см. табл. 3). Координата вершины 1 дана в исходных данных (см. табл. 2):

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{1-2} = 1234,15 + 177,35 = 1411,50 \text{ м};$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{1-2} = 854,03 + (-101,75) = 752,28 \text{ м}.$$

Для контроля вычислений повторно определяют координаты начальной вершины 1.

6. Вычисление прямоугольных координат вершин внутреннего (диагонального хода). После получения прямоугольных координат вершин замкнутого теодолитно-высотного хода приступают к вычислению координат вершин диагонального хода (см. пример в табл.4), проложенного между вершинами 5 и 2. При этом ведомость вычисления координат рассчитывают по принципу разомкнутого хода, в котором начальной и конечной сторонами являются соответственно стороны 4–5 и 2–3 замкнутого хода, а координатами начальной и конечной вершин внутреннего хода будут координаты вершин 5 и 2.

Теоретическую сумму измеренных углов разомкнутого хода определяют по формуле

$$\Sigma \beta_{теор} = \alpha_n - \alpha_k + n 180^0, \quad (5)$$

где n – число измеренных углов; α_n – дирекционный угол начальной стороны хода; α_k – дирекционный угол конечной стороны хода.

Невязки в приращениях координат для разомкнутого хода определяются по формулам:

$$f_x = \Sigma \Delta X_{выч} - \Sigma \Delta X_{теор} \quad \text{и} \quad f_y = \Sigma \Delta Y_{выч} - \Sigma \Delta Y_{теор}, \quad (6)$$

где $\Sigma \Delta X_{теор}$ и $\Sigma \Delta Y_{теор}$ – теоретическая сумма приращений координат соответственно по осям абсцисс и ординат.

В разомкнутом ходе $\Sigma \Delta X_{теор}$ и $\Sigma \Delta Y_{теор}$ равняются разности координат его конечной и начальной вершин, т.е.

$$\Sigma \Delta X_{теор} = X_k - X_n \quad \text{и} \quad \Sigma \Delta Y_{теор} = Y_k - Y_n. \quad (7)$$

Относительная линейная невязка разомкнутого хода не должна превышать $\frac{1}{1000}$.

В остальном определение прямоугольных координат вершин разомкнутого хода аналогично вычислениям по замкнутому ходу.

7. Построение плана теодолитной съемки. По материалам теодолитной съемки выполняется в следующей последовательности:

- а) построение координатной сетки;
- б) нанесение по координатам точек теодолитно-высотного хода;
- в) нанесение ситуации.

Координатную сетку рекомендуется строить циркулем-измерителем и масштабной линейкой (металлической линейкой с поперечным масштабом).

На листе ватмана формата А3 проводят тонкой линией две диагонали, по которым от точки их пересечения измерителем откладывают равные отрезки. Соединив концы этих отрезков, получают прямоугольник, по сторонам которого откладывают измерителем отрезки по 10 см. Сетку квадратов получают, соединив концы отрезков, лежащих на противоположных сторонах прямоугольника.

Отклонение сторон квадратов от 10 см и неравенство диагоналей квадратов сетки не должно превышать 0,2 мм.

Следует помнить, что ось X располагается на чертеже снизу вверх (по направлению юг–север), а ось Y – слева направо (запад–восток).

Число квадратов сетки рассчитывают исходя из полученных координат точек теодолитно-высотного хода.

Пример. Самая северная (имеющая наибольшее значение X) вершина теодолитно-высотного хода (см. табл. 3) – точка 3 ($X_3 = 1591$ м), а самая нижняя вершина – точка 1 ($X_1 = 1234$ м).

Разность координат двух точек равна $1591 - 1234 = 357$ м.

В масштабе 1:2000 стороне квадрата 10 см на местности соответствует расстояние в 200 м.

Следовательно, по оси X нужно построить $357 / 200 = 1,8$ квадрата ≈ 2 квадрата.

Число квадратов по оси Y – $(1065 - 738) / 200 = 1,6$ квадрата или ≈ 2 квадрата.

Построенную сетку подписывают.

Вершины съемочного обоснования по координатам наносят следующим образом.

Вначале определяется квадрат, в котором находится вершина, например, точка 1 с координатами $X_1 = 1234,15$ м и $Y_1 = 854,03$ м находится в квадрате между горизонтальными линиями 1200 и 1400 и вертикальными линиями 800 и 1000. На боковых сторонах этого квадрата в масштабе построения откладывают разность абсцисс данной точки и ближайшей горизонтальной линии сетки с младшей подписью. Например, для вершины 1 надо отложить в масштабе $1234,15 - 1200 = 34,15$ м. Полученные точки на боковых сторонах квадрата соединяют горизонтальной прямой и на ней откладывают разность ординат данной вершины и ближайшей вертикальной линии с младшей подписью. Эта разность для вершины 1 равна $854,03 - 800 = 54,03$ м. Полученную точку обводят кружком диаметром 1,5 мм, слева от точки подписывают номер вершины.

Правильность нанесения вершин проверяют по длине горизонтального проложения между ними. Расхождение допускается не более двойной предельной точности масштаба построения (для 1:2000 – 0,4 м). В противном случае проверяют нанесение точек по координатам.

Накладку ситуации – контуров и местных предметов – производят по данным абриса (рис. 2–6), пользуясь для определения размеров отрезка масштабной линейкой и транспортиром для построения углов.

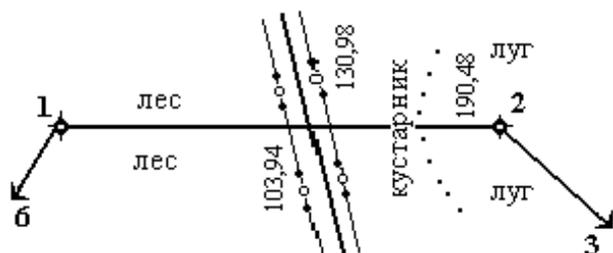


Рис. 2. Абрис линий 1–2

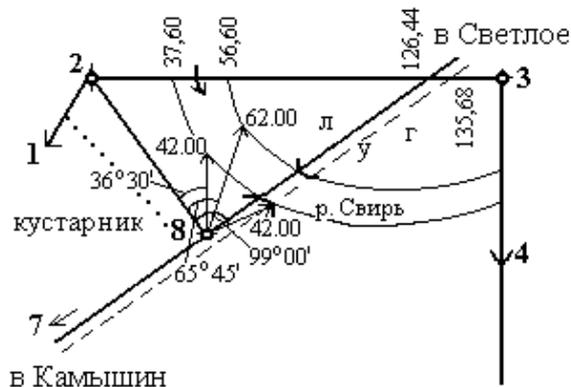


Рис. 3. Абрис линий 2–3 и 2–8

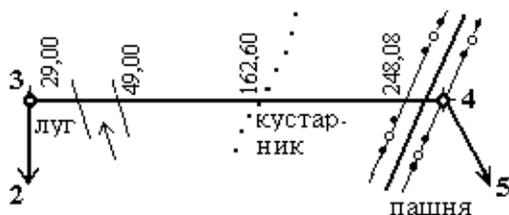


Рис. 4. Абрис линий 3–4

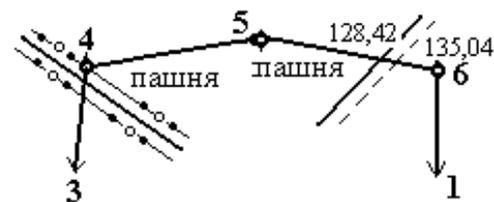


Рис. 5. Абрис линий 4–5, 5–6

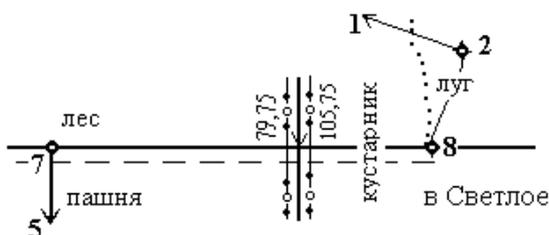


Рис. 6. Абрис линий 7–8

Задание 2. Обработка журнала тахеометрической съемки

Цель: дополнить ситуационный план местности, составленный на основании теодолитной съемки изображением рельефа местности с помощью горизонталей.

Исходные данные записаны в журнале тахеометрической съемки (приложение, табл. 5 и табл. 6 примера).

Задание выполняется в следующей последовательности.

1. На каждой станции вычисляют место нуля вертикального круга (МО), углы наклона направлений на смежные станции и углы наклона для реечных точек.

2. По найденным углам наклона и расстояниям, которые даны в табл. 1, вычисляют прямые и обратные превышения между станциями, находят средние превышения и выполняют их увязку.

3. По увязанным превышениям и заданной высоте точки 1 (табл. 2) вычисляют отметки остальных станций.

4. По углам наклона и отсчетам по рейке вычисляют на заданных станциях горизонтальные расстояния до речных точек и превышения этих точек относительно станции.

5. Вычисляют отметки речных точек.

6. Наносят речные точки на план и проводят горизонтали при высоте сечения 1 м по отметкам речных точек и станций. Речные точки наносят на план со станций, указанных в табл. 5.

Таблица 5

Последняя цифра шифра	№ станции
1	1-2-8-7
2 и 3	3-2-8-7
4	2-8-7-5
5 и 6	6-5-7-8
7	4-5-7-8
8 и 9	3-4-5-7
10	7-5-6-1

Методические указания по выполнению задания 2

1. Место нуля (МО) на каждой станции вычисляют по формуле

$$MO = \frac{L + П}{2}, \quad (8)$$

где L – отсчет по вертикальному кругу при круге влево; $П$ – то же при круге право.

Пример. На ст. 1.

$$L = -0^{\circ}55' \quad П = +0^{\circ}51';$$

на ст. 6.

$$L = -0^{\circ}37' \quad П = +0^{\circ}33';$$

$$MO = \frac{-0^{\circ}55' + 0^{\circ}51'}{2} = -\frac{0^{\circ}04'}{2} = -0^{\circ}02'$$

$$MO = \frac{-0^{\circ}37' + 0^{\circ}33'}{2} = -0^{\circ}02'.$$

2. Углы наклона для станций определяются с контролем по двум формулам:

$$v = L - MO; \quad (9)$$

$$v = MO - П. \quad (10)$$

Таблица 6

Журнал тахеометрической съемки

Станция 1 "_____" _____ 2000 г.

$$MO = \frac{Л + П}{2} = -0^{\circ}02'$$

K = 100, круг Л

Ориентировано на ст. 2

$$V = 1,48$$

Точки наблюдения	Расст., читанное по рейке	Высота наведения	Отсчеты по гориз. кругу		Отсчеты по верт. кругу		Угол наклона			Расст. исправ. за "К" дальномера	Расстояние исправленное за наклон	Превышения h' по таблице, м	Разность $v-l$, м	Превышения $h=h'+v-l$, м	Отметка Н, м	Абрис	
			°	'	±	°	'	±	°								'
1	2	3	4		5		6			7	8	9	10	11	12	13	
Ст.6	П				+	0	33	-	0	35							<p>Отметка станции 1 <u>50,00</u></p>
	Л				-	0	37	-	0	35				-1,55			
Ст.2	П				+	0	51	-	0	53							
	Л	1,48	0	00	-	0	55	-	0	53				-3,15			
1	96,7	2,5	2	50	+	0	44	+	0	46	96,7	96,7	+1,28	-1,02	+0,26	50,26	
2	59,1	1,48	11	07	+	1	06	+	1	08	59,1	59,1	+1,17	0	+1,17	51,17	
3	28,6	1,48	12	30	+	1	33	+	1	35	28,6	28,6	+0,79	0	+0,79	50,79	
4	128,2	2,5	24	53	+	0	28	+	0	30	128,2	128,2	+1,12	-1,02	+0,10	50,10	
5	79,1	1,48	47	00	+	1	52	+	1	54	79,1	79,0	+2,62	0	+2,62	52,62	
6	53,4	1,48	74	30	+	1	06	+	1	08	53,4	53,4	+1,05	0	+1,05	51,05	
7	52,3	1,48	110	03	-	1	01	-	0	59	52,3	52,3	-0,90	0	-0,90	49,10	
Ст.2			0	00													

Примеры.

На ст.2 $v = -0^{\circ}55' - (-0^{\circ}02') = -0^{\circ}53'$;
 $v = -0^{\circ}02' - (+0^{\circ}51') = -0^{\circ}53'$.

На ст.6 $v = -0^{\circ}37' - (-0^{\circ}02') = -0^{\circ}35'$;
 $v = -0^{\circ}02' - (+0^{\circ}33') = 0^{\circ}35'$.

Таблица 7

Ведомость вычисления отметок вершин замкнутого теодолитно-высотного хода

Вершина	Горизонтальное проложение S	Превышение			Поправки	Уравнен. превыш.	Отметки
		прямое $h_{пр}$	обратное $h_{обр}$	среднее $h_{ср}$			
1	2	3	4	5	6	7	8
1							5000
2	204,42	-3,15	3,21	-3,18	-0,02	-3,2	46,80
3	180,88	-1,68	1,63	-1,66	-0,01	-1,67	45,13
4	279,84	5,78	-5,7	5,74	-0,03	5,71	50,84
5	167,06	1,07	-1,07	1,07	-0,01	1,06	51,90
6	163,62	-3,38	3,57	-3,48	-0,01	-3,49	48,41
1	152,16	1,66	-1,55	1,6	-0,01	1,59	5000

$P = 1147,98$

$fh = \Sigma h_{ср} = +0,09 \text{ м}$

$$fh_{доп} = \pm \frac{0,04 P_{100}}{\sqrt{n}} = \pm \frac{0,04 \cdot 11,48}{\sqrt{6}} = \pm 0,19 \text{ м.}$$

3. Углы наклона для речных точек вычисляют по формуле (9), поскольку все речные точки наблюдались при круге лево. Место нуля (МО) для всех речных точек берется как среднее из двух его определений на станции, с округлением до целых минут.

4. Прямые и обратные превышения между станциями вычисляют по формуле

$$h = Stgv. \tag{11}$$

5. Уравнивание превышений между станциями замкнутого хода (пример вычисления приведён в табл. 7) проводят в следующем порядке:

а) вычисляют среднее превышение $h_{ср}$, приняв знак прямого превышения;

б) проверяют превышения путем вычисления невязки и сравнения её с предельно допустимой. Так как основной теодолитный ход замкнутый, то сумма превышений в нем должна равняться нулю, а невыполнение этого условия дает практическую невязку в превышениях f_n ;

в) допустимая невязка определяется по формуле

$$fn_{\text{дон}} = \pm 0,04 \frac{P_{100}}{\sqrt{n}}, \quad (12)$$

где P_{100} – периметр теодолитно-высотного хода в сотнях метров; n – число сторон хода;

г) при условии $fn \leq fn_{\text{дон}}$ полученную невязку распределяют (с точностью до 0,01 м) с обратным знаком по средним превышениям пропорционально длинам сторон хода и вычисляют уравненные превышения;

д) отметки вершин теодолитно-высотного хода вычисляют по формуле

$$H_n = H_{n-1} + h_{yp}, \quad (13)$$

где H_n – отметка определяемой вершины; H_{n-1} – отметка предыдущей вершины; h_{yp} – уравненное превышение. Отметка первой вершины дана в исходных данных (табл. 2).

Пример. $H_1 = 50,00$ м; $H_2 = 50,00 - 3,20 = 46,80$ м.

Контролем вычисления служит повторное получение начальной отметки хода.

6. Превышения для сторон диагонального хода определяют по тем же формулам, что и для замкнутого хода.

Результаты вычислений заносят в ведомость вычисления отметок вершин диагонального хода (табл. 8).

Чтобы получить практическую невязку сравнивают алгебраическую сумму средних превышений диагонального хода (Σh_{cp}) с разностью отметок конечной и начальной станций ($H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}$), к которым примыкает диагональный ход. В данном задании начальной станцией является вершина 5, конечной 2 (см. рис.1). Отметки этих вершин, взятые из табл. 7 записывают в графу 8 табл. 8.

Практическая невязка определяется по формуле

$$fh'_{np} = \Sigma h_{cp} - (H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}). \quad (14)$$

Предельная невязка вычисляется по формуле

$$fh_{\text{дон}} = \pm 0,04 \frac{L_{100}}{\sqrt{n}}, \quad (15)$$

где L_{100} – периметр диагонального хода в сотнях метров; n – число сторон хода.

Таблица 8

Ведомость вычисления отметок диагонального хода

Вершина	Горизонт. проложение, S	Превышение			Поправки	Уравнен. превыш.	Отметки
		прямое $h_{пр}$	обратн. $h_{обр}$	среднее $h_{ср}$			
1	2	3	4	5	6	7	8
5							51,9
7	139,42	3,08	-3,08	3,08	0,01	3,09	
8	172,04	-8,97	8,97	-8,97	0,01	-8,96	54,99
	83,26	0,77	-0,75	0,76	0,01	0,77	46,03
2	L = 394,72	$\sum h_{ср} = -$ 5,13					46,8

$$fh'_{np} = \sum h_{ср} - (H_2 - H_5) = -5,13 - (46,80 - 51,90) = -5,13 + 5,10 = -0,03 \text{ м}$$

$$fh_{дон} = \pm \frac{0,04 L_{100}}{\sqrt{n}} = \frac{0,04 \cdot 3,94}{\sqrt{3}} = \pm 0,09 \text{ м}$$

$$-0,03 < \pm 0,09.$$

В случае соблюдения условия $fh'_{np} < fh_{дон}$, невязка распределяется как и в замкнутом теодолитном ходе. Так же вычисляются уравненные превышения и отметки вершин.

Контролем вычислений служит получение отметки конечной вершины, к которой примыкает диагональный ход (в задании отметка вершины 2).

7. Расстояния, измеренные нитяным дальномером до речных точек, вычисляются по формуле

$$D = Kn, \quad (16)$$

где K – коэффициент дальномера (в задании $K = 100$); n – расстояние, считанное по дальномерным нитям, дано в графе 2 тахеометрического журнала (графа 2, табл. 5, приложение).

Пример. $D = 100 \cdot 96,7 \text{ см} = 96,7 \text{ м}$.

Это расстояние записывается в графу 7 тахеометрического журнала.

8. Горизонтальное расстояние до речных точек (графа 8) и превышение h' (графа 9) определяют по формуле

$$S = D \cos^2 v, \quad (17)$$

$$h' = \frac{D}{2} \sin 2v. \quad (18)$$

Примечание. Вычисление S и h' можно производить по специальным тахеометрическим таблицам (А.С. Никулин, А.С. Хренов и др.). Правила пользования таблицами приводятся в каждой из указанных таблиц. Горизонтальные расстояния до речных точек при углах наклона линии менее 2° принимаются равными D .

Полученные превышения h' записываются в графу 9 со знаком соответствующим знаку угла наклона.

В графу 10 записываются разность $V - l$, где V – высота прибора; l – высота наведения.

Пример. Для речной точки 1 $V = 1,48$ м; $l = 2,5$ м;
 $V - l = 1,48 - 2,5 = -1,02$ м;

для речной точки 2 $V = 1,48$ м; $l = 1,48$ м;
 $V - l = 1,48 - 1,48 = 0$ м.

В графу 11 записывают суммарное значение данных графы 9 и 10.

$$h = h' + V - l.$$

Пример. Для речной точки 1

$$h = +1,28 - 1,02 = +0,26 \text{ м.}$$

9. Вычисление отметок речных точек H производят по формуле

$$H = H_{cm} + h, \quad (19)$$

где H_{cm} – отметка станции; h – превышение между станцией и речной точкой.

Пример. Для первой точки $H_1 = 50,00 + 0,26 = 50,26$ м;
для второй точки $H_2 = 50,00 + 1,17 = 51,17$ м.

Задание 3. Накладка на план речных точек

Речные точки на план наносят способом полярных координат. При этом пользуются круговым транспортиром (тахеографом) или простым транспортиром и масштабной линейкой. Центр транспортира совмещают с точкой съёмочного обоснования (например, вершиной 1). Нулевое деление транспортира нужно совместить со стороной хода, по которой ориентирован лимб прибора в процессе съёмки (например, 1–2), в соответствии с записью в тахеометрическом журнале.

Зная, что отсчеты на лимбе возрастают по часовой стрелке, горизонтальные углы (отсчеты по горизонтальному кругу – из соответствующей графы тахеометрического журнала) надо откладывать по ходу часовой стрелки. Отложив отсчет по горизонтальному кругу, получают направление на речную точку, на котором откладывают в масштабе расстояние исправленное за наклон (графа 8 тахеометрического журнала). Полученная точка отмечается условным знаком (черной точкой диаметром 0,6 мм).

Слева карандашом ставится номер точки, а справа от точки – отметка её с точностью до десятых долей метра.

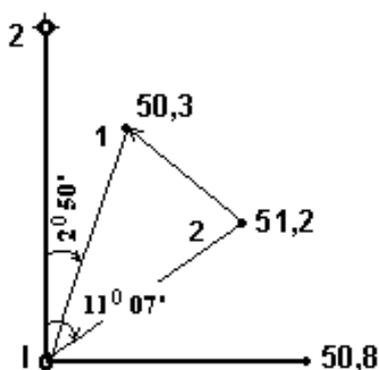


Рис. 7. Нанесение на план речных точек

Полученный таким образом план называется планом в числовых отметках. Одновременно с накладкой речных точек необходимо проверить их расположение на абрисе. Используя абрис, на плане проводят направление скатов, по которым следует производить интерполирование горизонталей. Линии проводятся тонким мягким карандашом, так как впоследствии их придется стереть.

Проведение горизонталей на плане. Горизонталю в данном задании рекомендуется проводить графическим способом при помощи палетки. Такое нахождение положения горизонталей называется *интерполированием*.

Для этого предварительно нужно изготовить палетку – небольшой лист восковки (кальки) размером примерно 6x12 см, на котором карандашом или черной тушью на равных расстояниях друг от друга нанесены параллельные линии. Расстояние между линиями палетки выбирается в зависимости от масштаба плана и крутизны скатов (обычно оно равно 5 мм). Высота сечения рельефа в задании принимается равной 1 м.

Интерполяция горизонталей между точками проводится в том случае, когда в промежутке между их отметками имеется отметка, кратная высоте сечения рельефа, т.е. 1 м. Например, $H_3 = 54,5$ м, $H_7 = 57,5$ м. Между отметками этих точек имеются следующие отметки, кратные 1 м; 55 м; 56 м; 57 м. Следовательно, между точками 3 и 7 пройдут горизонталю с этими отметками.

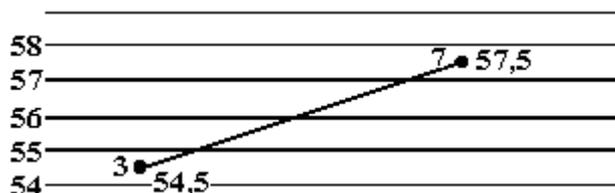


Рис. 8. Интерполирование горизонталей

Линии палетки необходимо подписать от 54 до 58 (рис. 8).

Затем палетку накладывают на план так, чтобы точка с отметкой 54,5 оказалась между линиями 54 и 55 на соответствующем удалении от них (в данном случае посередине). Приколов кальку в этой точке иглой или булавкой, её поворачивают относительно этой точки так, чтобы и вторая точка (в данном примере точка 7) оказалась в интервале, соответствующем её отметке (в нашем примере посередине между линиями 57 и 58).

Теперь через кальку видно, что линия склона 3–7 пересекается горизонталями 55, 56, 57 в определенных местах. Сняв иглу, последовательно прокалывают ею точки пересечения. Сдвинув палетку, карандашом подписывают возле точек прокола на ватмане соответствующие отметки. Таким образом, интерполирование выполняют по всем направлениям, отмеченным на абрисе.

Для получения на плане горизонталей точки с одинаковыми отметками соединяют плавными кривыми (рис. 9).

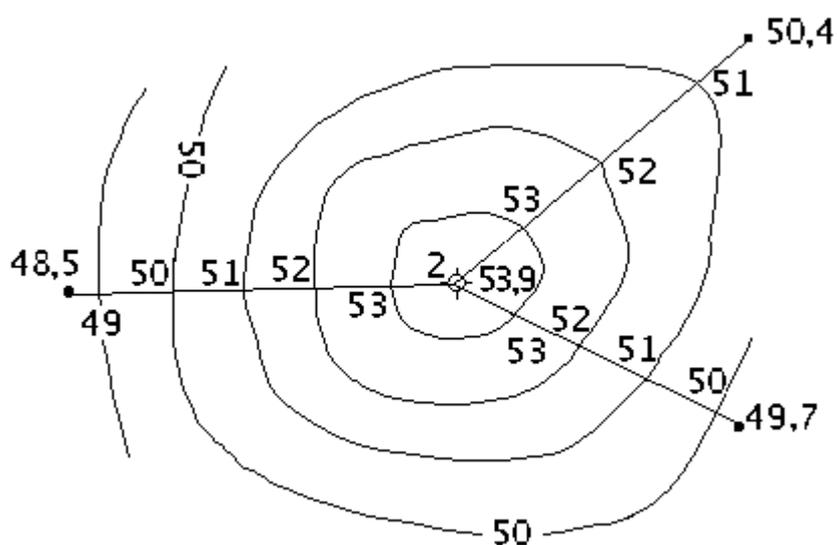


Рис. 9. Рисовка горизонталей

При проведении горизонталей учитываются следующие обстоятельства:

- 1) изгибы горизонталей должны находиться на скелетных линиях рельефа;
- 2) горизонтали должны следовать очертаниям таких объектов ситуации, как озера и болота;
- 3) горизонтали обрываются при пересечении с искусственными сооружениями (дома, улицы, дороги изображенные двойными линиями) и реками, а также у границ снятой территории или плана.

Оформление топографического плана. В соответствии с [4] вычерчиваются в карандаше строго все контуры и рельеф. Вспомогательные построения на плане не показывают. Толщина линий на плане не должна превышать 0,2 мм, если она не оговорена «Условными знаками». Горизонтали, кратные 1 м, вычерчивают толщиной линии

0,1 мм, горизонтали с отметками, кратными 5,0 м, вычерчивают толщиной линии 0,25 мм и в разрыве подписывают.

При отсутствии книги «Условные знаки» следует руководствоваться образцами условных знаков на рис. 10.

Вокруг плана вычерчивают рамку. Размеры сетки рамки даны в книге «Условные знаки» или на рис. 11.

На рис. 12 приведен образец топографического плана с изображением части участка съемки.

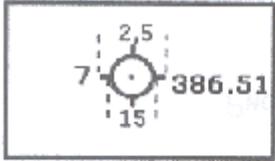
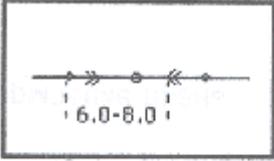
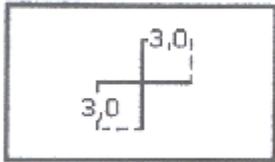
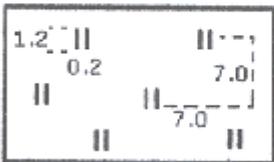
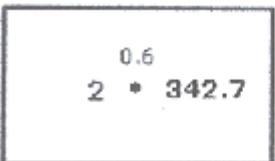
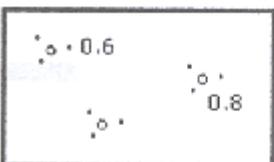
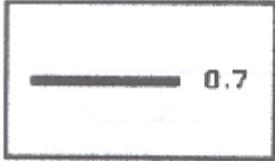
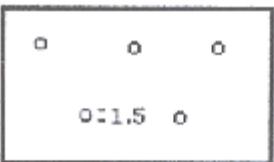
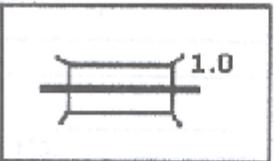
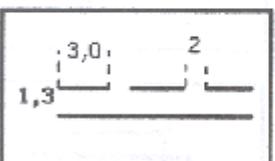
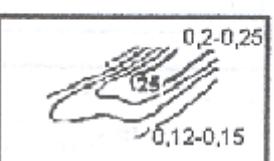
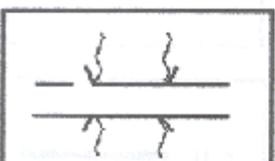
	Точки плановых съемочных сетей		Линия электропередачи
	Пересечение координатных линий		Луг
	Реечная точка, номер, отметка		Кустарники
	Железные дороги		Лес
	Переезд через железные дороги		Пашни
	Дороги грунтовые проселочные		Горизонтали утолщенные
	Мосты однопролетные через реку		Горизонтали основные

Рис. 10. Условные знаки

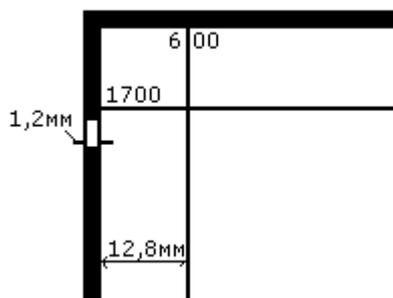


Рис. 11. Оформление рамки плана

Материалы, подлежащие сдаче по контрольной работе 1

1. Пояснительная записка (тетрадь) с кратким изложением хода выполнения заданий 1, 2, причем на каждую формулу приводится один пример расчета, а в конце указывается список используемой литературы.

2. Ведомости вычисления координат точек замкнутого и диагонального ходов (приложение, табл. П1 и П2).

3. Ведомости вычисления превышений и отметок точек замкнутого теодолитно-высотного и диагонального-высотного хода (приложение, табл. 3 и 4);

4. Тахеометрический журнал с вычислением углов наклона, горизонтальных проложений, превышений и отметок съёмочных пикетов (приложение, табл. 5);

5. Топографический план (рис. 12).

Контрольная работа 2. Обработка материалов геометрического нивелирования трассы

Геометрическое нивелирование используется при изысканиях, строительстве и эксплуатации железных и автомобильных дорог, а также при строительстве гражданских сооружений и промышленных комплексов. Его применяют также при наблюдении за осадками сооружений при их строительстве и эксплуатации.

Цель работы. Обучить студентов обработке результатов измерений геометрического нивелирования трассы и научить их вычислению элементов и пикетажа главных точек кривых, построению продольного и поперечных профилей трассы.

Работа состоит из следующих основных этапов:

- обработка журнала геометрического нивелирования трассы и пикетажного журнала (рис. 13);
- построения продольного профиля (рис. 16) в масштабах расстояний: для горизонтальных 1:10000, вертикальных 1:200;
- построение поперечного профиля (рис.18) в масштабе 1:200 для горизонтальных и вертикальных расстояний;
- построение на продольном профиле проектной линии.

Исходные данные. Трасса длиной 1 км (от пикета 0 до пикета 10) проложена между реперами №1 и №2. На каждой из 16 станций нивелир устанавливался посередине между связующими точками, т.е. точками, через которые передаются превышения. На связующих точках отсчеты брались по черной и красной сторонам реек, на промежуточных точках – только по черной стороне реек. Отметки реперов № 1 и № 2 и дирекционные углы первой прямой вставки от пикета 0 к пикету 2 приведены в табл. 9, исходные данные для расчета элементов кривых – в табл. 10, а отсчеты по рейкам – в табл. 11, табл. П6.

Исходные данные из табл. 9 и 10 берутся по первой букве фамилии и последней цифре шифра, указанной в зачетной книжке студента.

Например: Попов СЖД 127.

Отметки репера № 1 – $H_{рп1} = 115,788$ м, репера № 2 – $H_{рп2} = 122,530$ м; дирекционный угол – $335^{\circ}08'$.

Первый угол поворота (поворот влево): $BV = ПК3 + 44,00$ м, $R_1 = 600$ м, $l_1 = 80$ м $Y_1 = 16^{\circ}25'$.

Второй угол поворота (поворот вправо): $BV = ПК7 + 75,12$ м, $R_2 = 800$ м, $l_2 = 40$ м, $Y_2 = 17^{\circ}18'$.

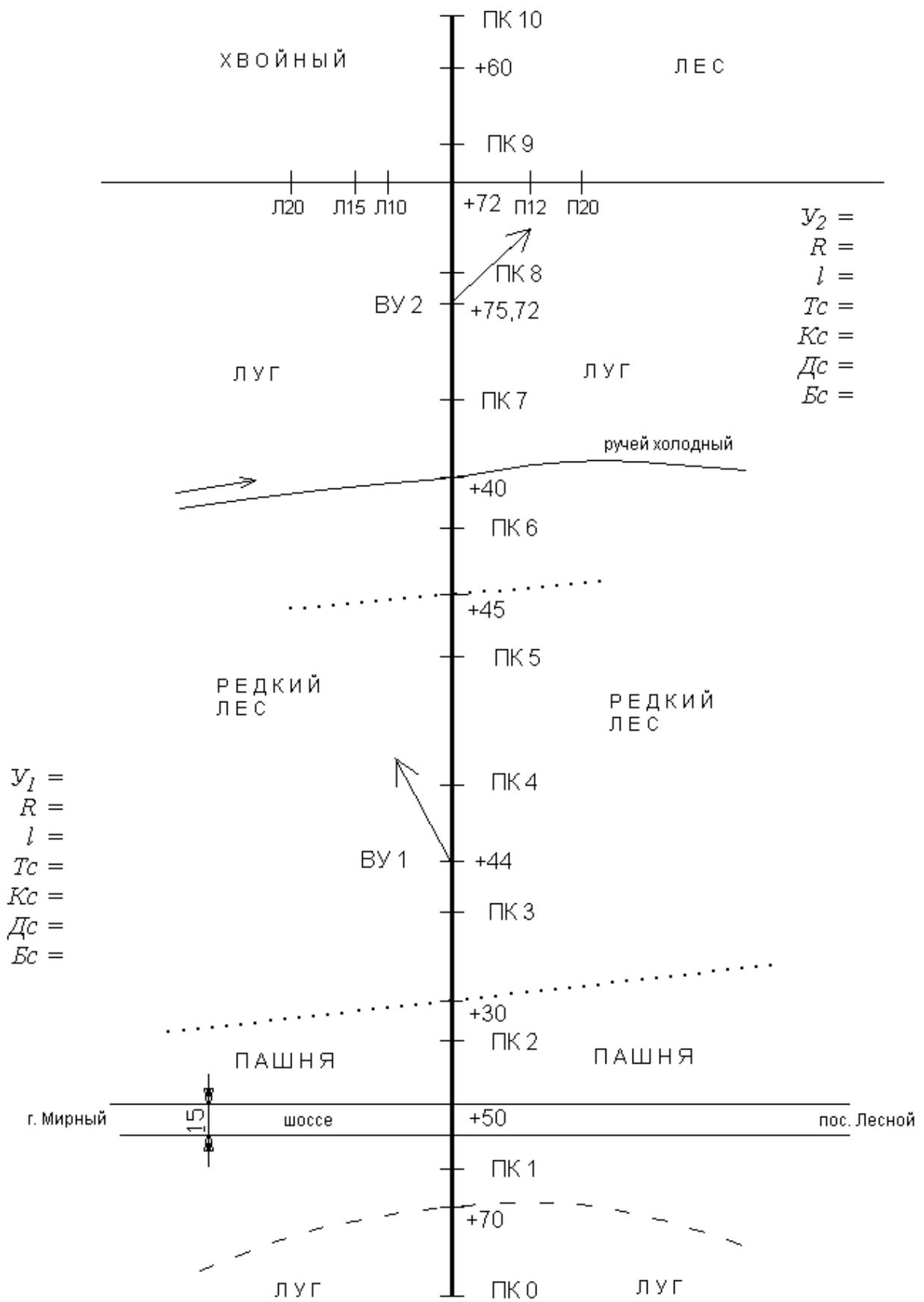


Рис. 13. Пикетажный журнал

Таблица 9

Отметки нивелирных реперов (Рп1 и Рп2) и дирекционные углы первой прямой вставки

Буква алфа- вита	Исходные данные	Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А–Б	Рп1	71,719	72,165	73,034	74,942	75,803	76,523	77,596	78,048	79,664	80,538
	Рп2	78,405	78,851	79,720	81,628	82,489	83,209	84,282	84,734	86,350	87,224
	Дир. угол	10°24′	20°32′	30°45′	43°15′	5°45′	60°45′	70°15′	80°46′	90°12′	100°37′
В–Г	Рп1	81,755	82,442	83,962	84,220	85,281	86,630	87,851	88,421	89,902	91,170
	Рп2	88,537	89,224	84,010	91,002	92,063	93,412	94,633	95,203	96,684	97,952
	Дир. угол	110°16′	121°16′	130°30′	142°47′	153°18′	160°33′	178°47″	184°13′	190°33′	220°47′
Д–Е	Рп1	91,230	93,066	94,003	94,905	95,345	96,237	97,503	98,669	100,136	100,759
	Рп2	97,932	99,768	100,705	101,607	102,047	102,939	104,205	105,371	106,838	107,461
	Дир. угол	210°15′	220°31′	230°45′	240°17′	251°32′	260°48′	273°22′	280°43′	290°45′	352°17′
Ж–З	Рп1	101,115	103,237	104,343	105,357	106,421	107,513	108,619	109,711	110,870	111,904
	Рп2	107,881	110,003	111,109	112,123	113,187	114,279	115,385	109,743	117,636	118,670
	Дир. угол	305°15′	310°30′	315°45′	320°15′	325°30′	330°45′	335°15′	340°30′	345°45′	350°15′
И–К	Рп1	71,820	72,271	73,136	74,821	75,243	76,178	77,475	78,521	79,212	80,305
	Рп2	78,538	78,989	79,854	81,539	81,961	82,896	84,193	85,239	85,930	87,023
	Дир. угол	15°15′	25°30′	35°48′	45°33′	55°18′	65°34′	76°48′	84°18′	95°37′	106°48′
Л–М	Рп1	81,548	52,841	58,003	56,913	51,007	60,331	62,834	67,913	61,024	63,517
	Рп2	88,298	59,591	64,753	63,663	57,757	67,081	69,584	74,663	67,774	70,267
	Дир. угол	115°22′	125°30′	134°46′	148°05′	154°31′	160°39′	175°45′	187°37′	193°41′	205°47′
Н–О	Рп1	64,918	65,801	66,038	67,712	68,201	69,558	70,031	47,954	48,003	49,138
	Рп2	71,644	72,537	72,764	74,438	74,927	76,284	76,757	54,680	54,729	55,834
	Дир. угол	217°42′	225°33′	254°07′	244°52′	253°22′	263°17′	275°45′	287°03′	297°27′	304°49′

Окончание табл. 9

Буква алфа- вита	Исходные данные	Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
П–Р	Рп1	44,129	124,751	111,348	112,821	113,917	114,001	115,788	116,024	117,339	118,718
	Рп2	50,871	131,493	118,090	119,563	120,659	120,743	122,530	122,766	124,081	125,460
	Дир. угол	308°44′	311°18′	316°03′	321°43′	326°18′	331°37′	335°08′	341°19′	348°32′	355°11′
С–Т	Рп1	119,020	120,348	121,517	122,004	123,817	124,015	125,174	126,078	127,208	128,502
	Рп2	125,724	127,052	128,221	128,708	130,521	130,719	131,878	132,782	133,912	135,206
	Дир. угол	12°13′	17°42′	32°31′	43°07′	52°46′	63°41′	71°48′	83°32′	92°45′	102°19′
У–Ф	Рп1	129,003	130,817	29,054	27,653	94,000	92,647	98,153	96,662	78,171	76,814
	Рп2	135,764	137,581	35,818	34,417	100,764	99,411	104,917	103,426	84,935	83,578
	Дир. угол	112°30′	121°40′	133°18′	144°47′	152°12′	163°18′	174°08′	182°19′	191°47′	201°07′
Х–Ц	Рп1	58,073	56,586	36,368	34,980	101,312	99,924	105,463	104,088	85,480	84,011
	Рп2	64,765	63,277	43,060	41,672	108,004	106,616	112,155	110,780	92,172	90,703
	Дир. угол	212°43′	224°18′	231°34′	244°15′	258°40′	282°19′	264°19′	271°30′	291°54′	303°19′
Ч–Ш	Рп1	65,482	64,113	40,299	38,824	105,243	103,871	109,394	107,922	89,415	88,032
	Рп2	72,258	70,889	47,075	45,600	112,019	110,647	116,170	114,698	96,191	94,808
	Дир. угол	307°45′	312°19′	317°03′	323°25′	327°03′	331°07′	337°18′	341°58′	348°17′	357°41′
Щ–Э	Рп1	69,318	67,857	29,548	28,184	36,857	35,377	40,782	113,581	120,890	124,825
	Рп2	76,037	74,573	36,264	34,900	43,573	42,093	47,498	120,297	127,606	131,541
	Дир. угол	3°21′	10°48′	17°19′	24°28′	33°18′	40°40′	47°47′	58°23′	63°01′	73°37′
Ю–Я	Рп1	34,087	58,003	95,154	101,821	154,031	33,078	41,521	28,991	44,905	71,734
	Рп2	40,839	64,755	101,906	108,573	160,783	39,830	48,273	35,743	51,657	78,486
	Дир. угол	98°47′	118°55′	194°01′	205°15′	313°44′	343°02′	20°20′	93°15′	74°45′	19°31′

Исходные данные для расчета элементов кривых

Первая кривая (поворот влево) ВУ №1 ПК 3+ 44,00 $R = 600$ м $l = 80$ м							Вторая кривая (поворот вправо) ВУ №2 ПК 7+75, 12 $R = 800$ м $l = 40$ м					
Вариант	Углы поворота трассы											
	А–Д	Е–И	К–Н	О–Т	У–Ч	Ш–Я	А–Д	Е–И	К–Н	О–Т	У–Ч	Ш–Я
1	18°48′	18°39′	18°27′	18°15′	18°03′	25°51′	16°42′	24°50′	13°48′	21°36′	15°25′	19°01′
2	19°47′	19°38′	19°26′	19°14′	19°05′	25°43′	17°41′	16°33′	23°41′	22°36′	14°29′	20°09′
3	20°51′	20°44′	20°33′	20°22′	20°11′	25°35′	19°52′	17°34′	24°47′	13°37′	21°27′	15°08′
4	21°53′	21°42′	21°34′	21°23′	21°15′	25°17′	20°56′	18°31′	16°25′	23°32′	22°24′	14°17′
5	22°55′	22°44′	22°33′	22°26′	22°13′	25°09′	15°55′	19°43′	17°25′	24°36′	13°26′	21°19′
6	17°52′	17°43′	17°32′	17°21′	17°17′	26°53′	14°58′	20°43′	18°27′	16°17′	23°21′	21°15′
7	16°54′	16°44′	16°36′	16°25′	16°13′	26°47′	21°52′	18°44′	19°34′	17°18′	24°22′	13°15′
8	23°56′	23°45′	23°34′	23°23′	23°12′	26°36′	22°51′	14°47′	20°31′	18°15′	16°05′	23°11′
9	24°53′	24°42′	24°31′	24°20′	24°11′	26°25′	13°51′	21°41′	15°37′	19°21′	17°07′	24°13′
10	15°53′	15°43′	15°31′	15°22′	15°10′	26°14′	23°54′	22°48′	14°36′	20°19′	18°03′	22°09′

Таблица 11

Журнал геометрического нивелирования

№ станции	№ пикетов и плюсовых точек	Отсчет по рейкам			Превышения		Средние превышения		Отметка горизонта инструмента	Отметки, м
		задние	передние	промежут.	+	-	+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Рп1	1725								50,000
	Право 60	6512								
							-1			
	ПК0		0225		1500		1500			
			5013		1499		1499			51,499
2	ПК0	2800							54,299	51,499
		7587								
	+70			1150						53,149
								-1		
	ПК1		1452		1348		1348			
			6240		1347		1347			52,846
3	ПК1	1830							54,676	52,846
		6617								
	+50			0605						54,071
								-2		
	ПК2		0220		1610		1610			
			5007		1610		1608			54,454
4	ПК2	0835								54,454
		5622								
								-2		
	ПК3		1615			0780		0782		
			6404			0782		0784		53,670
5	ПК3	2625								53,670
		7412								
								-2		
	ПК4		1225		1400		1398			
			6015		1397		1396			55,066
Постраничный контроль		43565	33416		11711	1562	5856	0782		
		10149			10149					
		5074,5			5074,5		5074			

Обработка пикетажного журнала. На рис. 13 показан пикетажный журнал по трассе.

На протяжении 1 км трасса дважды меняет свое направление. Изменение направления трассы показано стрелками. В этих местах разбивают железнодорожные кривые, т.е. круговые кривые вместе с переходными кривыми. Для этого по заданным значениям углов поворота $У$, радиусам круговых кривых R и длинам переходных кривых l (см. табл. 10) вычисляют значения элементов железнодорожных кривых и рассчитывают пикетажное положение главных точек кривой (начало $НК$, середину $СК$ и конец $КК$). Все расчеты выполняют в ведомости расчета кривых.

Элементы железнодорожной кривой вычисляют по формулам:

$$T_c = T + T_p + m, \quad (20)$$

$$K_c = K + \mathbf{1}, \quad (21)$$

$$D_c = D + D_p = D + 2 \cdot T_p - 2 \cdot (0,5 \cdot \mathbf{1} - m), \quad (22)$$

$$B_c = B + B_p, \quad (23)$$

где T_c – тангенс железнодорожной кривой – расстояние от вершины угла до начала или до конца кривой; T – тангенс круговой кривой; T_p – приращение тангенса, вызванное смещением центра круговой кривой; m – приращение тангенса при устройстве переходной кривой; K_c – суммарная длина круговой и переходной кривых; K – длина круговой кривой; $\mathbf{1}$ – длина переходной кривой; D_c – суммарный домер для круговой и переходной кривой; D – домер круговой кривой; D_p – домер переходной кривой; B_c – суммарная биссектриса для круговой и переходной кривой; B – биссектриса круговой кривой; B_p – приращение биссектрисы круговой кривой, вызванное сдвижкой p ; p – величина сдвижки круговой кривой при устройстве переходной кривой.

Пикетажное положение главных точек кривой вычисляют по формулам:

$$ПК НК = ПК ВУ - T_c; \quad (24)$$

$$ПК КК = ПК НК + K_c; \quad (25)$$

$$ПК СК = ПК НК + K_c/2, \quad (26)$$

где $ПК ВУ$ – пикетажное положение вершины угла.

Контроль вычислений производят по формулам:

$$ПК КК = ПК ВУ + T_c - D_c; \quad (27)$$

$$ПК СК = ПК КК - D_c/2. \quad (28)$$

Пример вычисления элементов кривых и пикетажного положения главных точек кривых приведен в «Ведомости расчета кривых».

Вычисленные значения элементов кривой для первого угла поворота и значения пикетажного положения $НК$, $КК$, $СК$ наносят на схему, изображенную на рис. 14.

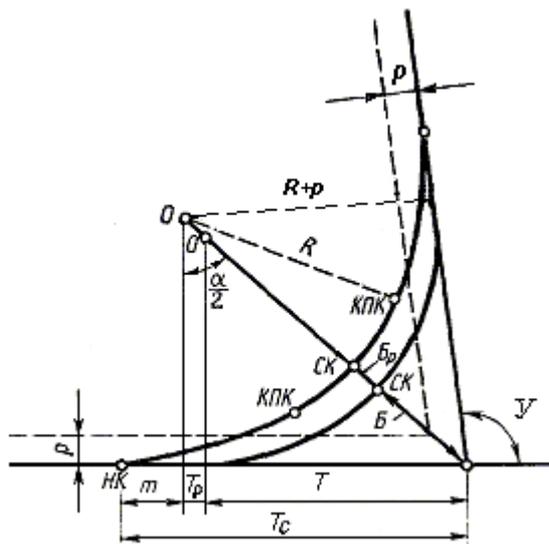


Рис. 14. Схема к расчету элементов железнодорожной кривой

Ведомость расчета кривых. Первая кривая (поворот влево).

Исходные данные: $R_1 = 500$ м, $l_1 = 100$ м, $Y_1 = 25^\circ 29'$.

1. Элементы кривых:

круговой: переходной:

$T = 133,06$ м

$T_p = 0,18$ м

$K = 222,38$ м

$m = 49,98$ м

$D = 3,74$ м

$B_p = 0,85$ м

$B = 12,62$ м

$D_p = 2T_p - 2(0,5l - m) = 2 \cdot 0,18 - 2(50 - 49,98) = 0,34$ м

2. Суммарные элементы железнодорожной кривой T_c , K_c , D_c , B_c :

T	133,06 м	K	222,38 м	D	3,74 м	B	12,62 м
$+T_p$	0,18 м	$+l$	100,00 м	$+D_p$	0,34 м	$+B_p$	0,85 м
$+m$	49,98 м	K_c	322,38 м	D_c	4,08 м	B_c	13,47 м
T_c	163,22 м						

Контроль: $2T_c - K_c = D_c$ $2 \cdot 163,22 - 322,38 = 4,06$ м.

3. Вычисление пикетажного положения главных точек кривой:

<i>ВУ</i>	<i>ПК 3 + 44,00</i>
$-T_c$	<i>ПК 1 + 63,22</i>
<i>НК</i>	<i>ПК 1 + 80,78</i>
$+K_c$	<i>ПК 3 + 22,38</i>
<i>КК</i>	<i>ПК 5 + 03,16</i>
<i>НК</i>	<i>ПК 1 + 80,78</i>
$+K_c / 2$	<i>ПК 1 + 61,19</i>
<i>СК</i>	<i>ПК 3 + 41,97</i>

Контроль:

<i>ВУ</i>	<i>ПК 3 + 44,00</i>
$-T_c$	<i>ПК 1 + 63,22</i>
	<i>ПК 5 + 07,22</i>
$-D_c$	4,06
<i>КК</i>	<i>ПК 5 + 03,16</i>
<i>ВУ</i>	<i>ПК 3 + 44,00</i>
$+D_c / 2$	2,03
<i>СК</i>	<i>ПК 3 + 41,97</i>

Значения T, K, D, B, T_p, m, B_p определяют по таблицам для разбивки кривых [7, 8].

При отсутствии таблиц элементы кривых вычисляют по формулам:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{Y}{2}; \quad (29)$$

$$K = \frac{\pi R Y}{180^\circ}; \quad (30)$$

$$B = R \left(\operatorname{sec} \frac{Y}{2} - 1 \right); \quad (31)$$

$$D = 2T - K; \quad (32)$$

$$m = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1^2}{120R^2} \right); \quad (33)$$

$$\rho = \frac{1^2}{24R} \left(1 - \frac{1^2}{112R^2} \right); \quad (34)$$

$$T_p = \rho \operatorname{tg} \frac{Y}{2}; \quad (35)$$

$$B_p = \rho \operatorname{sec} \frac{Y}{2}. \quad (36)$$

Контроль правильности вычислений элементов кривых:

1) разность между удвоенной суммой тангенсов и суммой кривых должна равняться сумме домеров, т.е.

$$2 \sum T_c - \sum K_c = \sum D_c; \quad (37)$$

2) сумма прямых участков и сумма кривых должна равняться разности пикетажных значений конечной и начальной точек трассы, т.е. полной длине L :

$$\Sigma S + \Sigma K_c = L, \quad (38)$$

где ΣS – сумма прямых участков по трассе; ΣK_c – сумма кривых участков по трассе;

длину первого участка S_1 от $ПК0$ до $ПК НК$ вычисляют по формуле

$$S_1 = ПК НК1 - ПК0 ; \quad (39)$$

длину второго прямого участка S_2 между $ПК КК$, и $ПК НК_2$ вычисляют по формуле

$$S_2 = ПК НК_2 - ПК КК_1 ; \quad (40)$$

длину третьего прямого участка S_3 вычисляют по формуле

$$S_3 = ПК10 - ПК КК_2 ; \quad (41)$$

3) используя значения углов поворота $У$ и начального дирекционного угла a_n , вычисляют дирекционные углы и румбы прямых участков трассы по формуле

$$a_n = a_{n-1} \pm У, \quad (42)$$

где a_n, a_{n-1} – дирекционный угол соответственно последующей и предыдущей прямой вставки; $У$ – угол поворота трассы.

В приведенной формуле со знаком «плюс» берут правые углы поворота, а со знаком «минус» – левые.

Проверка общей длины трассы и определение дирекционных углов и румбов выполняется в ведомости вычисления и контроля участка трассы. Пример заполнения дан в табл. 12 и 13.

Таблица 12

Вычисление и контроль элементов участка трассы и профиля

Длины участков трассы			
прямых S	кривых K_c	площадок	уклонов
180,78	322,38	150	550
75,80	386,74		300
34,30			
$\Sigma S = 290,88$	$\Sigma K_c = 709,12$	$\Sigma_{нл} = 150 \text{ м}$	$\Sigma_{укл} = 850 \text{ м}$

$$\Sigma S + \Sigma K_c = 290,88 + 709,12 = S_{нл} + S_{укл} = 150 + 850 = 1000 \text{ м} = 1000,00 \text{ м.}$$

$$\text{Длина участка трассы } S_{общ} = ПК10 - ПК0 = 1000 \text{ м.}$$

Вычисление дирекционных углов α и румбов прямых участков трассы и проверка вычислений

Направление	a	Румбы	Контроль	
			Углы поворота	
			У левые	У правые
a_n $-Y_p$	$154^\circ 48'$	ЮВ: $25^\circ 12'$	$25^\circ 29'$	$24^\circ 54'$
a_{np} $+Y_2$	$129^\circ 19'$	ЮВ: $50^\circ 41'$		
a_k	$154^\circ 13'$	ЮВ: $25^\circ 47'$		

$$\Sigma Y_{л} = 25^\circ 29'$$

$$\Sigma Y_{пр} = 24^\circ 54'$$

$$a_k - a_n = 154^\circ 13' - 154^\circ 48' = -0^\circ 35'$$

$$\Sigma Y_{пр} - \Sigma Y_{л} = 24^\circ 54' - 25^\circ 29' = -0^\circ 35'$$

Обработка журнала геометрического нивелирования. Журнал геометрического нивелирования для участка, показанного на рис. 13, дан в табл. 11 и табл. П6 приложения.

На первой странице, для примера, приведена обработка результатов геометрического нивелирования.

Порядок вычислений, производимых в журнале следующий (приложение, табл. П6):

1. На каждой станции вычисляют превышения между связующими точками по черной и красной сторонам реек:

$$h_{ч} = a_{ч} - в_{ч} ; \quad (43)$$

$$h_{к} = a_{к} - в_{к} , \quad (44)$$

где $h_{ч}$ – превышение по черной стороне рейки; $h_{к}$ – превышение по красной стороне рейки; $a_{ч}$ – задний *отсчет* по черной стороне рейки; $в_{ч}$ – передний отсчет по черной стороне рейки; $a_{к}$ – задний отсчет по красной стороне рейки; $в_{к}$ – передний отсчет по красной стороне рейки.

В графе 3 и 4 журнала геометрического нивелирования отсчеты на связующие точки находятся: по черной стороне рейки вверху; по красной – внизу.

Вычисленные значения превышений записывают с соблюдением знаков в графы 6 и 7 журнала.

2. Вычисляют средние превышения и записывают их в графы 8 и 9 журнала. Если при вычислении средних превышений получается число, оканчивающиеся на 0,5 мм, то его следует округлить до ближайшего четного целого числа.

Например, на станции 1:

$$h_{\text{ч}} = 1725 - 0225 = +1500; \quad h_{\text{к}} = 6512 - 5013 = +1499;$$

$$h_{\text{ср}} = \frac{1500 + 1499}{2} = 1499,5 = 1500.$$

3. В конце каждой страницы журнала выполняют постраничный контроль. Для этого находят сумму всех задних отсчетов (графа 3) Σa , сумму всех передних отсчетов (графа 4) Σb , алгебраическую сумму вычисленных (графы 6 и 7) превышений $\Sigma h_{\text{выч}}$ и алгебраическую сумму средних превышений (графы 8 и 9) $\Sigma h_{\text{ср}}$. Если соблюдается равенство $\frac{\Sigma a - \Sigma b}{2} = \frac{\Sigma h_{\text{выч}}}{2} = \Sigma h_{\text{ср}}$, то вычисления на данной странице журнала произведены без ошибок.

Пример постраничного контроля приведен на первой странице журнала геометрического нивелирования:

$$\Sigma a = 43565;$$

$$\Sigma b = 33416;$$

$$\Sigma h_{\text{выч}} = 10149;$$

$$\Sigma h_{\text{ср}} = 5074;$$

$$\frac{43565 - 33416}{2} = \frac{10149}{2} = 5074.$$

Вычисления, описанные в пп. 1–3, выполняются на каждой странице журнала геометрического нивелирования.

4. Проверка качества нивелирования на всем участке (между реперами № 1 и № 2). Для этого вычисляют практическую невязку нивелирного хода по формуле

$$f_h = \Sigma h_{\text{ср}} - (H_{\text{пнК}} - H_{\text{пнН}}), \quad (45)$$

где $\Sigma h_{\text{ср}}$ – сумма средних превышений на всех страницах журнала; $H_{\text{пнК}}$ – отметка конечного репера (№ 2); $H_{\text{пнН}}$ – отметка начального репера (№ 1).

Допустимую невязку определяют из выражения

$$f_{h_{\text{дон}}} = \pm 50\sqrt{L}, \quad (46)$$

где L – длина нивелирного хода, км.

Если $f_h \leq f_{h_{\text{дон}}}$, то её распределяют поровну на все станции со знаком, обратным знаку полученной невязки. Величина распределяемой невязки подписывается над средним превышением со своим знаком.

Пример. Пусть нивелирный ход состоит из 16 станций. В результате нивелирования трассы $f_h = +30$ мм; тогда величина вводимой поправки определяется по формуле

$$v_i = -\frac{f_h}{n}, \quad (47)$$

где n – число станций нивелирного хода.

В примере $v_i = -\frac{30}{16} = -1,875 \approx -2$ мм.

Так как $-2 \cdot 16 = -32$ мм то, следовательно, поправки на первые две станции берем по 1 мм, а на остальные по 2 мм.

Если $f_h = 8$ мм, то невязку можно распределить по 1 мм на каждую вторую станцию и т.д.

Под чертой (в графах 8 и 9) записываются исправленные средние превышения, на первой странице журнала они показаны выделенным шрифтом.

Алгебраическая сумма исправленных средних превышений должна быть точно равна разности отметок конечного и начального репера.

5. Вычисляют отметки всех связующих точек. По отметке репера №1 и исправленным средним превышениям хода последовательно вычисляют отметки связующих точек по формуле

$$H_n = H_{n-1} + h_n, \quad (48)$$

где H_n – отметка следующей связующей точки; H_{n-1} – отметка предыдущей связующей точки; h_n – исправленное среднее превышение между этими связующими точками.

Пример: $H_{рп1} = 50,000$ м;

$$H_{ГК0} = H_{рп1} + h = 50,000 + 1,499 = 51,499 \text{ м};$$

$$H_{ГК1} = H_{ГК0} + h = 51,499 + 1,347 = 52,846 \text{ м}.$$

Контролем вычислений по определению отметок связующих точек будет получение в конце журнала (станции 16) отметки репера № 2. Отметки точек записывают в графу 11 журнала геометрического нивелирования.

6. Вычисление отметок промежуточных точек. К вычислению отметок промежуточных точек можно приступить только в том случае, когда определены отметки связующих точек.

Для тех станций, где есть промежуточные точки (в том числе точки поперечника) нужно вычислить горизонт инструмента $ГИ$, записать его значения в графу 10 журнала нивелирования, а затем по горизонту инструмента вычислить отметки промежуточных точек на данной станции, которые записываются в графу 11 журнала.

Вычисления производят по формулам:

$$ГИ = H_a + a_u; \quad (49)$$

$$H_{пром} = ГИ - c, \quad (50)$$

где H_a – отметка задней на данной станции точки; a_u – отсчет по черной стороне рейки на эту точку; c – отсчет по рейке на промежуточной точке (или на точке поперечника); $H_{пром}$ – отметка промежуточной точки.

Пример. На станции 2:

$$ГИ = H_{ГКО} + a_u = 51,499 + 2,800 = 54,299 \text{ м.}$$

$$H_{ГКО+70} = ГИ - c = 54,299 - 1,150 = 53,149 \text{ м.}$$

На станции 3:

$$ГИ = H_{ГК1} + a_u = 52,846 + 1,830 = 54,676 \text{ м.}$$

$$H_{ГКО+50} = ГИ - c = 54,676 - 0,605 = 54,071 \text{ м.}$$

Построение продольного профиля по трассе. Продольный профиль составляется по данным пикетажного и нивелирного журналов, ведомостям расчета кривых и результатам вычислений и контроля элементов участков трассы и профиля. Продольный профиль строится на миллиметровой бумаге размером 297×600 мм в масштабе 1:10000 для горизонтальных расстояний и 1:200 – для вертикальных. Отметки точек на профиле записывают округленно до 0,01 м.

Оформление профиля выполняется простым карандашом. Образец продольного профиля на рис. 15.

Построение профиля рекомендуется выполнять в такой последовательности.

1. Разметка сетки профиля и вычерчивание колонки с указанием содержания граф. На рис. 16 приведены сетка и размеры граф по высоте (на профиле размеры не проставляют). При разметке сетки в первую очередь вычерчивается графа расстояний, нижняя линия которой должна совпадать с жирной (сантиметровой) линией миллиметровки.

2. Вычерчивание графы расстояний. В этой графе, пользуясь пикетажным журналом и журналом нивелирования, вертикальными линиями показывают все пикеты и промежуточные точки. Под шкалой расстояний подписываются номера пикетов. Расстояния до плюсовых точек и остатки пикетов вписываются вертикально с округлением до целых метров. Если на пикете две и более плюсовых точки, на профиле подписываются интервалы между ними. Сумма расстояний, вписанных в шкалу, в пределах одного пикета должна равняться 100 м.

3. Заполнение графы «Отметки Земли» (фактические). В эту графу вписывают отметки пикетов и плюсовых точек из журнала нивелирования.

4. Заполнение графы «ситуация». Из пикетажного журнала в эту графу заполняют всю ситуацию вдоль развернутого плана пути. Посередине графы проводят ось дороги (трассу), условно развернутую в прямую линию с указанием поворотов трассы стрелками.

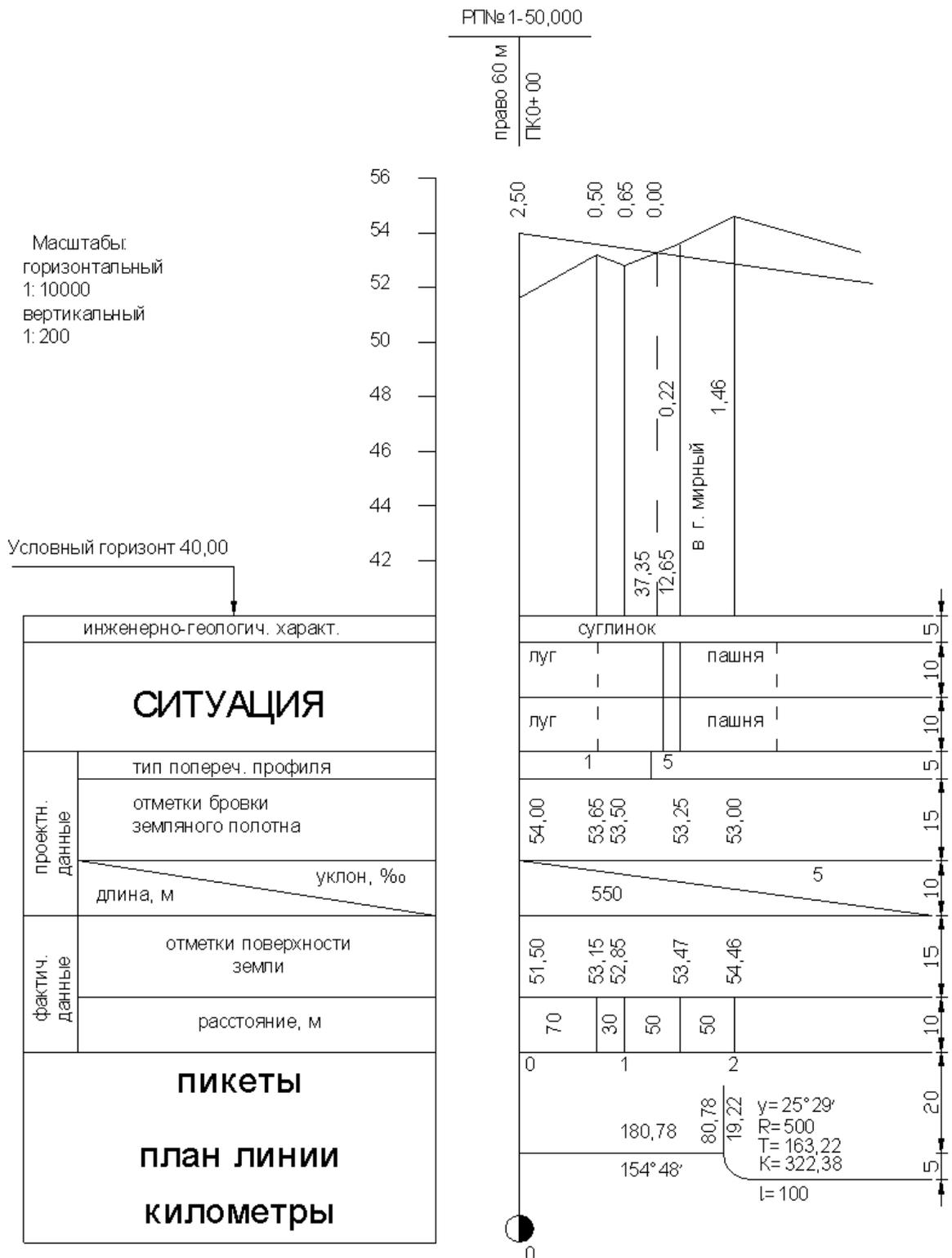


Рис. 16. Сетка и размеры граф продольного профиля

5. В графу «инженерно-геологическая характеристика» заносят данные по инженерной геологии. Чаще всего в эту графу записывают названия грунтов, подстилающих почвенно-растительный слой, на которых будет основано земляное полотно. В данной контрольной работе условно принимается суглинок.

6. Наколка профиля поверхности земли. Так называют построение профиля поверхности земли по фактическим отметкам. Для этого на всех пикетах и плюсовых точках через графу «расстояния» и выше графы «инженерно-геологическая характеристика» как от линии условного горизонта проводят тонко карандашом вертикальные линии произвольной длины. На этих линиях в заданном масштабе высот откладывают отметки точек поверхности земли.

При выборе отметки условного горизонта надо стремиться к тому, чтобы величины ординат находились в пределах от 4 до 12 см. Наколотые точки соединяются отрезками прямых линий. Лишние концы ординат стирают. Возле ординат вертикально подписывают названия ручьев, куда и откуда идут дороги, обозначенные в графе «ситуация». В двадцати миллиметрах над линией профиля показывают положение реперов, проводя вертикальные отрезки длиной около 20 мм, вдоль которых слева и справа записывают прямоугольные координаты репера относительно трассы. На горизонтальной черте сверху указывают номер репера и его отметку.

7. Нанесение на профиль проектных данных по плану линии. Ниже графы расстояний вычерчивается план линии (прямые и кривые участки трассы, их параметры). В начале вертикальными линиями от графы расстояний до черты плана обозначают точки начала и конца кривых. Вертикально, рядом с этими линиями, подписывают расстояния от предыдущего пикета и до следующего пикета.

Таким образом, план линии окажется разделенным на прямые и кривые участки линии.

Прямые проводятся в виде горизонтальных линий, кривые обозначаются дугами, обращенными выпуклостью вверх или вниз в зависимости от того, в какую сторону поворачивает трасса. Выпуклость кверху указывает поворот направо, книзу поворот налево. Внутри дуги выписывают 4 элемента кривой: угол поворота V , радиус R , тангенс T_c и кривую K_c . Пятый элемент, длина переходной кривой l подписывается над дугой при повороте трассы вправо и под дугой при повороте трассы влево. На каждом прямом участке подписываются сверху их длины, снизу – румбы или дирекционные углы, соответствующих направлений.

8. Вычерчивание графы «километры». Километровые указатели проводятся в виде вертикальной линии длиной 3 см от графы расстояний вниз. На конце указателя вычерчивают кружок диаметром 5 мм, правая половина которого закрашивается.

9. Нанесение на продольный профиль проектной линии. На продольный профиль наносится проектная линия бровки земляного полотна. Величины уклонов проектной линии земляного полотна и соответствующие им расстояния принять следующими: между ПК0 и ПК5+50 уклон $i = -5 ‰ (-0,005)$; между ПК5+50 и ПК7 – $i = 0 ‰$; между ПК7 и ПК10 – $i = +16 ‰ (+0,016)$.

Проектные длины заносятся в графу «Проектные данные – уклоны», в которой отдельные элементы проектного профиля разделяют вертикальными линиями. Линия уклона в этой графе проводится либо горизонтально по середине (если уклон нулевой), либо наклонно из левого верхнего угла в правый нижний (спуск), либо из левого нижнего в правый верхний (подъем).

Посередине элемента над линией подписывается величина уклона в промиллях, а под линией – её длина. Границы элементов проектирования (переломы профиля) заплюсовываются относительно пикетов, т.е. вертикально подписываются расстояния до предыдущего и последующего пикетов.

10. Вычисление проектных отметок (отметок бровки земляного полотна) и вычерчивание проектного профиля. Первую отметку бровки земляного полотна принять на 2,5 м выше отметки земли ПК0 (в учебных целях).

Проектные отметки всех последующих точек определяют по формуле

$$H'_n = H'_{n-1} \pm i d, \quad (51)$$

где H'_n – определяемая проектная отметка; H'_{n-1} – известная проектная отметка предыдущей точки; i – проектный уклон; d – расстояние между точкой, в которой определяют отметку, и предыдущей точкой.

Знак плюс подставляется при вычислении отметок точек на подъеме, минус – на спуске. При нулевом уклоне проектные отметки точек одинаковые.

Пример. $H'_{нк0} = 54,00$ м;

$$H'_{нк0+70} = H'_{нк0} - i d = 54,00 - 0,005 \cdot 70 = 53,65 \text{ м};$$

$$H'_{нк1} = H'_{нк0} - i d = 54,00 - 0,005 \cdot 100 = 53,50 \text{ м}.$$

При вычислении отметок бровки земляного полотна, чтобы избежать ошибок, вначале определяют отметки перелома профиля, а затем пикетов и плюсовых точек. При этом отметки переломов профиля вычисляются дважды.

По проектным отметкам перелома профиля наносится проектная линия.

Для контроля расчетов выполняется проверка разности проектных отметок (превышений) между конечной и первой точками профиля (табл. 14).

Таблица 14

Проверка разности превышений между конечной и первой точкой профиля

Длина уклонов d	Уклоны, ‰		Превышение		Отметки H' , м.
	+	–	+	–	
550		–5		2,75	$H'_{нк0} = 54,00$ м.
300	+16		4,80		$H'_{нк5+50} = 54,00 - 2,75 = 51,25$ м $H'_{нк10} = 54,25 + 4,80 = 56,05$ м

$$\Sigma_h = +4,8 \quad \Sigma_h = -2,75 \quad H'_{нк10} - H'_{нк0} = 56,05 - 54,00 = +2,05$$

$$\Sigma_h = +2,05$$

11. Вычисление рабочих отметок. Рабочими отметками называют разность между отметкой бровки земляного полотна и отметкой земли. Она показывает высоту насыпи (если проектная линия идет выше поверхности земли) или глубину выемки (если проектная линия ниже земли). Рабочие отметки насыпи подписываются над проектной линией, выемки – под проектной линией.

12. Вычисление расстояний до точек нулевых работ. Точки пересечения линии профиля земли с проектной линией называются точками нулевых работ (рис. 17), так как рабочая отметка в них равна нулю. Такие точки на профиле отмечают ординатами (на образце штриховыми линиями). Горизонтальное расстояние до точек нулевых работ вычисляют по формуле

$$x = \frac{a}{a + b} d, \quad (52)$$

где a и b – рабочие отметки соответственно предыдущей и последующей соседних с нулевой точек профиля; d – расстояние между ними.

Пример. $a = 0,65$; $b = 0,22$; $d = 50$ м; $x = \frac{0,65}{0,65 + 0,22} 50 = 37,35$ м.

Расстояние от точки нулевых работ до следующей точки профиля будет равно $d - x = 50 - 37,35 = 12,65$ м.

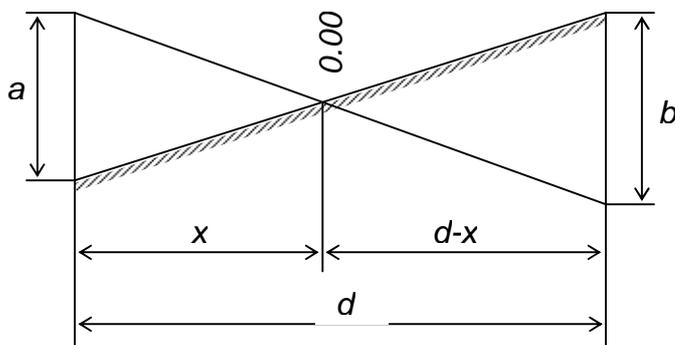


Рис. 17. Схема вычисления расстояния до точки нулевых работ.

13. Нанесение на профиль условных обозначений переездов, раздельных пунктов, искусственных сооружений и т.д. На представленном участке трасса пересекает ручей. В этом месте надо показать искусственное сооружение – водопропускную трубу. Знак трубы может быть в виде прямоугольника или окружности. В надписи над ней указывается размер отверстия трубы в метрах и месторасположения оси трубы в пикетаже.

Построение поперечного профиля. Поперечный профиль (рис. 18) располагается на миллиметровке правее продольного профиля и строится в одинаковом масштабе расстояний и высот – 1:200. Для поперечного профиля вычерчивают и заполняют две графы: «расстояния» и «отметки земли».

Вначале строится графа расстояний, где горизонтально подписываются расстояния между соседними точками поперечника, взятые из пикетажного или нивелирного журнала.

Затем в графу отметок земли выписываются из журнала нивелирования отметки точек поперечника с округлением до сантиметров. По отметкам выполняют наколку точек поперечного профиля поверхности земли. За линию условного горизонта принимают верх графы отметок земли.

Поперечный профиль на ПК8+72

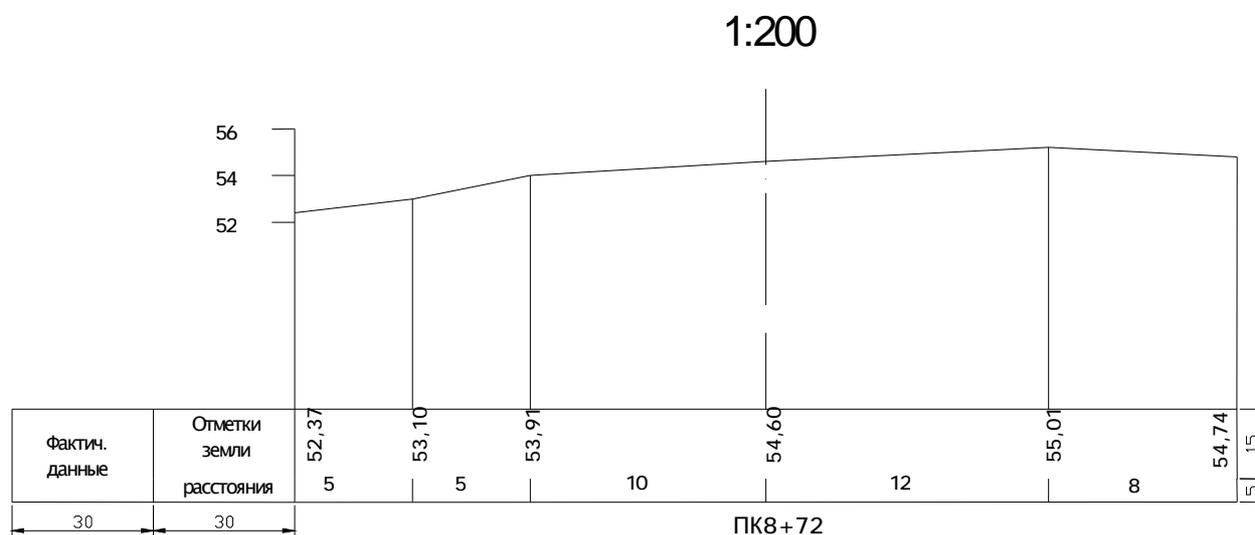


Рис. 18. Образец оформления поперечного профиля

Материалы, подлежащие сдаче по контрольной работе 2

1. Пояснительная записка.
2. Обработанный журнал геометрического нивелирования (приложение, табл. П6).
3. Ведомость расчета кривых (приложение, табл. П7).
4. Продольный и поперечный профили трассы дороги.
5. Ведомости вычисления и контроля элементов участка трассы и профиля (приложение, табл. П8, П9, П10).
6. Схема элементов кривой для угла поворота 1 с указанием размеров (T , K , R , m , B_p) и пикетажного положения главных точек кривой ($НК$, $КК$, $СК$) (см. рис. 14).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инженерная геодезия / Под ред. проф. Л.С. Хренова. – М.: Высш. шк. 1985.
2. Инженерная геодезия / Под ред. проф. С.М. Матвеева. – М.: 1999.
3. Макарова, С.В. Обработка материалов и построение плана тахеометрической съемки на основе теодолитно-высотного хода: Методическое пособие к расчетно-графической работе / С.В. Макарова. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2001.
4. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000; 1:1000; 1:500. – М.: Недра, 1989.
5. Никулин, А.С. Тахеометрические таблицы / А.С. Никулин. – М.: Недра, 1976.
6. Багратуни, Г.В. Инженерная геодезия / Г.В. Багратуни, В.Н. Ганьшин и др. – М.: Недра, 1984.
7. Ганьшин, В.Н. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых / В.Н. Ганьшин, Л.С. Хренов. – М.: Недра, 1985.
8. Власов, Д.Н. Таблицы для разбивки кривых на железных дорогах / Д.Н. Власов, В.Н. Логинов. – М.: Транспорт, 1968.
9. Алаев, Г.С. Обработка материалов нивелирования трассы: Методические указания на выполнение расчетно-графической работы / Г.С. Алаев, С.В. Макарова, В.А. Анисимов. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2000.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Контрольная работа 1. Обработка материалов и построение плана тахеометрической съемки на основе теодолитно-высотного хода	4
Задание 1. Обработка ведомости вычисления координат точек теодолитно-высотного хода.....	4
Методические указания по выполнению задания 1	10
Задание 2. Обработка журнала тахеометрической съемки	15
Методические указания по выполнению задания 2	16
Задание 3. Накладка на план речных точек	20
Материалы, подлежащие сдаче по контрольной работе 1.....	24
Контрольная работа 2. Обработка материалов геометрического нивелирования трассы.....	26
Материалы, подлежащие сдаче по контрольной работе 2.....	47
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	48

Учебное издание

Анисимов Владимир Александрович
Макарова Светлана Васильевна

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Методическое пособие

Редактор *А.А. Иванова*
Технический редактор *О.В. Сенчихина*
Корректор *А.А. Иванова*

План 2003 г. Поз. 6.4.
ИД № 05247 от 2.07.2001 г. ПЛД № 79-19 от 19.01.2000 г.
Сдано в набор 28.03.2003 г. Подписано в печать 17.12.2003.
Формат 60×84¹/₁₆. Бумага тип. № 2. Гарнитура «Arial». Печать RISO.
Усл. печ. л. 2,9. Зак. 256. Тираж 275 экз. Цена 50 р.

Издательство ДВГУПС
680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47.