

ГЛАВА 9

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА УЧАСТКА МЕСТНОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

§ 40. Общие указания и содержание задания на выполнение работы

Цель работы: научиться выполнять обработку журналов угловых и линейных измерений при проложении теодолитно-высотных и тахеометрических ходов, уравнивание результатов измерений и вычисление плановых и высотных координат точек съемочной сети, обработку журналов тахеометрической съемки ситуации и рельефа, построение топографического плана участка местности и определение площадей земельных угодий различными способами.

Литература:

1. Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия: Учебник для вузов. М.: КолосС, 2006. Гл. 8 (8.1 – 8.5).
2. Поклаг Г.Г., Гриднев С.П. Геодезия: Учеб. пособие для вузов. М.: Академический Проект, 2008. § 97 – 101.
3. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500/ ГУГК. М.: Недра, 1989.
4. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500/ ГУГК. М.: Недра, 1989.

Приборы и принадлежности: микрокалькулятор, полярный планиметр ПП-М (или электронный планиметр PLANIX), линейка Дробышева ЛД-1 (ЛТ), тахеограф, геодезический транспортир, поперечный масштаб, циркуль-измеритель и др. чертежные принадлежности.

Содержание задания:

Для производства тахеометрической съемки участка землепользования создана сеть съемочного обоснования в виде замкнутого теодолитно-высотного и разомкнутого (диагонального) тахеометрического ходов (рис. 65). Привязка съемочной сети выполнена к исходным пунктам полигонометрии II разряда. В результате привязки получены координаты x , y , H точки 1 и дирекционный угол стороны 1–2 съемочной сети α_{1-2} (табл. 38).

Горизонтальные углы в ходах измерены теодолитом 4Т30П одним полным приемом (при КЛ и КП) с точностью 0,5'. Длины сторон в теодолитно-высотном ходе измерены стальной мерной лентой в прямом и обратном направлении с точностью 1:2000, в тахеоме-

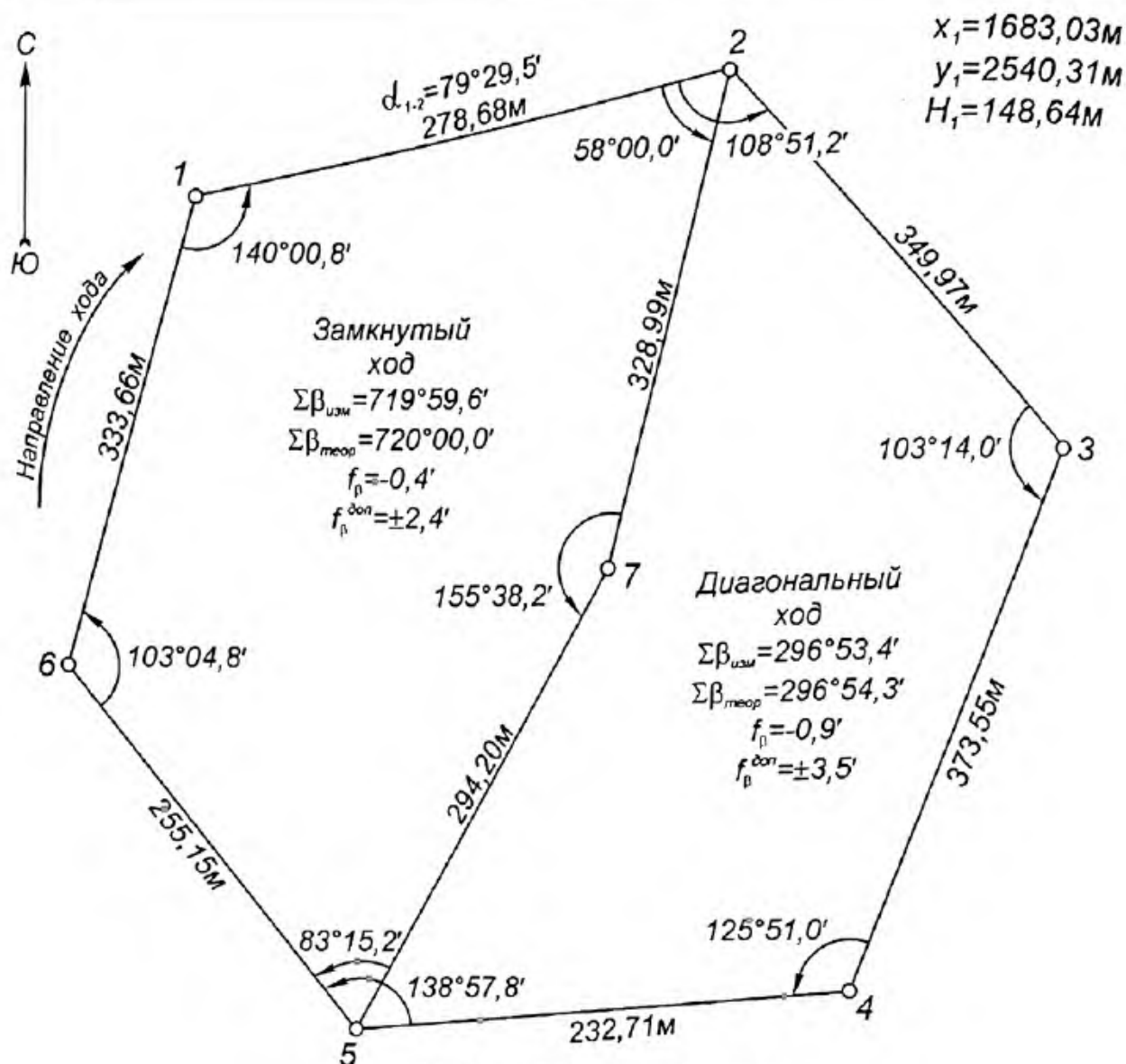


Рис. 65. Схема съемочной сети

трическом ходе — с помощью нитяного дальномера в прямом и обратном направлениях.

Для определения горизонтальных проложений длин сторон теодолитно-высотного хода теодолитом при одном положении зрительной трубы (при КЛ) измерены углы наклона сторон с точностью до $5'$; для этого визирование выполнялось на отсчет, равный высоте прибора, т. е. $i = V$.

Превышения между точками теодолитно-высотного и тахеометрического ходов определены методом тригонометрического нивелирования в прямом и обратном направлениях. Вертикальные углы измерены одним полным приемом (при КЛ и КП) с точностью $0,5'$; при этом визирование горизонтальной нитью сетки выполнялось на верхний обрез рейки ($V = 3,00\text{ м}$).

Съемка ситуации и рельефа выполнена теодолитом 4Т30П полярным способом. На точках диагонального хода съемка местности производилась сразу после выполнения измерений по прокладке тахеометрического хода. На каждой съемочной станции лимб

теодолита ориентировался нулевым делением на последующую станцию. При наборе пикетных (реечных) точек визирующее горизонтальной нитью сетки выполнялось на метку рейки, соответствующую высоте прибора ($i = V$).

Исходные данные и результаты полевых измерений при создании съемочной сети и съемке местности для каждого варианта задания приведены в приложении V. Абрисы съемки ситуации и рельефа представлены на рис. 66.

Требуется составить топографический план участка местности в масштабе 1:2000 и определить площади земельных угодий.

Последовательность выполнения задания:

1. Обработка журналов угловых и линейных измерений.
2. Вычисление плановых координат точек теодолитного и тахеометрического ходов.
3. Вычисление и увязка превышений и определение отметок точек съемочной сети.
4. Обработка журналов съемки.
5. Построение топографического плана местности. Определение площадей земельных угодий.

Результаты выполнения расчетно-графической работы представляют в виде отчета, включающего краткую пояснительную записку, схему съемочной сети, полевые журналы измерений, абрисы съемки, ведомости вычисления плановых и высотных координат точек съемочного обоснования, определения и увязки площадей земельных участков.

Ниже на примере рассмотрен порядок вычислительной обработки результатов измерений, составления топографического плана местности и определения площадей.

§ 41. Обработка результатов угловых и линейных измерений

Обработка результатов измерений ведется в журналах (табл. 39 и 40) и включает вычисление правых по ходу горизонтальных углов и горизонтальных проложений сторон теодолитно-высотного и тахеометрического ходов.

1. Значения правого по ходу горизонтального угла на каждой станции рассчитывают дважды (для KL и $KП$) как разность отсчетов на заднюю и переднюю точки (см. табл. 39 и 40). Значения угла по первому и второму полуприемам не должны отличаться более чем на $1'$, т. е. $\beta_{KL} - \beta_{KP} \leq 1'$. За окончательный результат принимают среднее значение угла.

2. В теодолитно-высотном ходе расхождения между результатами измерений длины каждой стороны мерной лентой в прямом и обратном направлениях не должны превышать $1/2000$ длины, т. е. 5 см на 100 м длины линии (см. табл. 39). Горизонтальные проложения сторон определяют как

$$d = D \cos v,$$

Таблица 38

Результаты угловых и линейных измерений
при тахеометрической съемке

$x_1 = 1683,03$ м; $y_1 = 2540,31$ м; $H_1 = 148,64$ м; $\alpha_{1-2} = 79^\circ 29,5'$

1000,00 м; $\beta_1=79^\circ29,5'$

2000,51 м; $H_1=148,64$ м; $\alpha_{1-2}=79^\circ29,5'$

Точки визир.	ГК β	$D(\underline{L})$, м	ВК		Точки визир.	ГК β	$D(\underline{L})$, м	ВК	
			$v(i=1)$	$V=3,00$ м				$v(i=1)$	$V=3,00$ м
Станция 1 $i=1,45$ м									
КЛ 6	347°48,0'	333,65	0°20'	+ 0°29,0'	24	92°08,0'	141,2	+ 0°31,5'	
2	207°47,0'	278,68	0°45'	+ 0°57,5'	25	116°59,0'	128,5	- 0°01,0'	
КП 6	167°48,5'			- 0°28,5'	26	65°54,0'	82,6	+ 0°12,5'	
2	27°48,0'			- 0°56,5'	27	92°54,0'	56,5	+ 0°16,5'	
Пикеты: лимб 0° на ст. 2 (при КЛ)					Станция 5 $i=1,55$ м				
1	8°33,0'	90,2	+ 0°50,0'		КЛ 4	327°41,0'	232,76	0°15'	+ 0°35,5'
2	51°58,0'	73,4	+ 0°44,5'		7	271°58,0'	294,2	0°45'	+ 1°12,5'
3	63°37,0'	156,5	+ 0°45,0'		6	188°43,0'	255,13	0°20'	+ 0°39,5'
4	94°34,0'	145,8	+ 0°23,0'		КП 4	147°41,5'			- 0°35,0'
5	125°33,0'	168,0	- 0°14,0'		7	91°59,5'			- 1°12,0'
6	142°38,0'	112,2	- 0°25,0'		6	8°44,0'			- 0°38,5'
7	108°51,0'	83,5	+ 0°12,5'		Пикеты: лимб 0° на ст. 6 (при КЛ)				
Станция 2 $i=1,47$ м					28	5°40,0'	106,2	+ 0°58,5'	
КЛ 1	83°47,0'	278,72	0°45'	- 0°19,5'	29	44°25,0'	137,5	+ 0°50,5'	
7	25°47,0'	328,9	0°15'	+ 0°30,5'	30	65°03,0'	115,5	+ 1°04,0'	
3	334°56,0'	350,01	0°10'	+ 0°16,5'	31	83°18,0'	100,6	+ 1°17,5'	
КП 1	263°47,5'			+ 0°20,5'	32	121°17,0'	64,0	+ 0°37,0'	
7	205°47,5'			- 0°29,5'	33	38°32,0'	68,8	+ 1°55,0'	
3	154°56,5'			- 0°16,0'	Станция 6 $i=1,50$ м				
Пикеты: лимб 0° на ст. 3 (при КЛ)					КЛ 5	195°41,5'	255,19	0°20'	+ 0°01,0'
8	3°14,0'	122,3	+ 0°54,5'		1	92°36,5'	333,69	0°20'	+ 0°04,0'
9	37°21,0'	174,0	+ 0°39,5'		КП 5	15°42,0'			0°00,0'
10	73°55,0'	168,2	- 0°02,0'		1	272°37,5'			- 0°03,0'
11	83°59,0'	132,8	- 0°27,5'		Пикеты: лимб 0° на ст. 1 (при КЛ)				
12	95°26,0'	66,5	- 0°20,0'		34	1°30,0'	124,2	+ 0°31,5'	
13	36°52,0'	74,4	+ 0°45,0'		35	23°15,0'	129,0	+ 0°49,5'	
Станция 3 $i=1,51$ м					36	44°54,0'	173,5	+ 1°07,0'	
КЛ 2	280°10,5'	349,93	0°10'	+ 0°13,5'	37	68°33,0'	113,6	+ 1°02,5'	
4	176°56,5'	373,58	0°25'	- 0°11,0'	38	98°44,0'	83,4	- 0°05,0'	
КП 2	100°12,5'			- 0°12,0'	39	63°45,0'	51,2	+ 0°39,0'	
4	356°58,5'			+ 0°12,0'	40	30°49,0'	82,2	+ 0°59,0'	
Пикеты: лимб 0° на ст. 4 (при КЛ)					Станция 7 $i=1,50$ м				
14	12°03,0'	94,7	- 0°32,5'		КЛ 2	64°41,0'	329,1	0°15'	+ 0°02,5'
15	11°12,0'	174,5	- 0°25,5'		5	269°03,0'	294,3	0°45'	- 0°36,5'
16	40°38,0'	166,0	+ 0°07,0'		КП 2	244°43,0'			- 0°01,0'
17	69°42,0'	173,4	+ 1°00,0'		5	89°04,5'			+ 0°37,5'
18	102°05,0'	137,3	+ 1°25,5'		Пикеты: лимб 0° на ст. 5 (при КЛ)				
19	77°42,0'	97,5	+ 1°04,0'		41	36°33,0'	88,5	- 0°38,5'	
20	40°45,0'	75,2	+ 1°05,0'		42	67°24,0'	120,2	- 1°01,0'	
Станция 4 $i=1,52$ м					43	119°24,0'	85,4	- 0°44,5'	
КЛ 3	65°33,0'	373,54	0°25'	+ 0°39,5'	44	166°23,0'	92,6	+ 0°19,0'	
5	299°42,0'	232,66	0°15'	+ 0°09,0'	45	220°31,0'	81,3	+ 0°01,5'	
КП 3	245°33,0'			- 0°38,5'	46	264°05,0'	91,5	- 1°13,0'	
5	119°42,0'			- 0°08,5'	47	328°32,0'	73,0	- 1°13,0'	
Пикеты: лимб 0° на ст. 5 (при КЛ)					Примечание: D — наклонное расстояние; $\underline{L}$ — дальномерное расстояние в тахеометрическом ходе				
21	3°50,0'	95,2	- 0°19,0'						
22	41°14,0'	129,5	+ 0°30,0'						
23	66°02,0'	124,0	+ 0°37,5'						

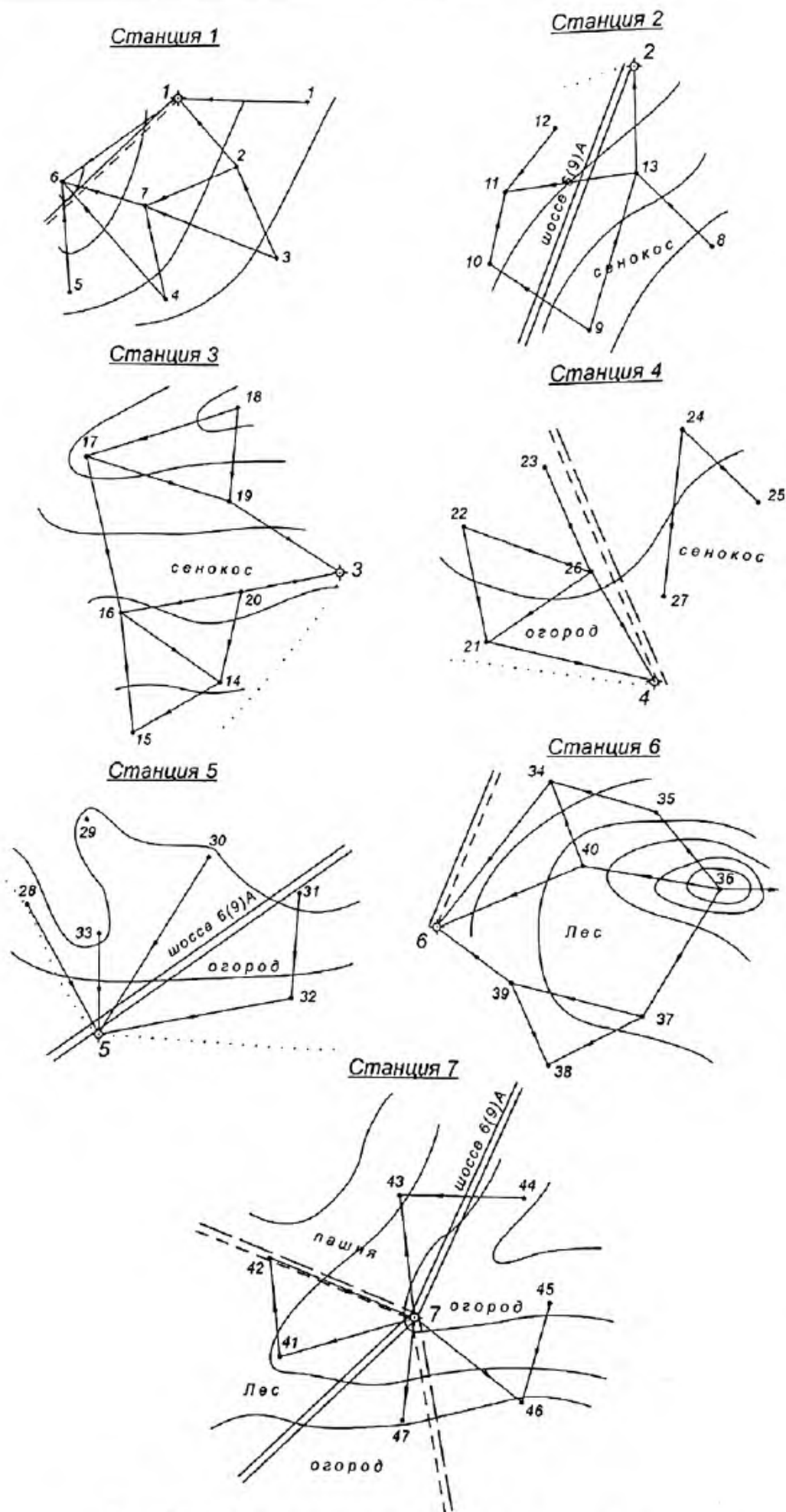


Рис. 66. Абрисы съемки ситуации и рельефа

где D — среднее значение измеренной длины стороны; v — среднее значение угла наклона линии, измеренного в прямом и обратном направлениях при одном положении зрительной трубы теодолита (КЛ) при $i = V$ (см. табл. 38).

3. В тахеометрическом ходе расхождения между результатами измерений длин линий нитяным дальномером в прямом и обратном направлениях не должны превышать $1/400$ длины линии (см. табл. 40). Горизонтальное проложение длин сторон рассчитывают по формуле

$$d = L \cos^2 v, \quad (72)$$

где L — среднее значение дальномерного расстояния; v — среднее значение угла наклона линии (при $i = V$).

На схеме съёмочной сети, ориентированной по сторонам света (см. рис. 65), у вершин ходов выписывают средние значения горизонтальных углов, а возле каждой стороны — ее горизонтальную длину.

§ 42. Вычисление плановых координат точек съёмочной сети

Целью вычислений является определение координат x , y точек теодолитно-высотного (замкнутого) ходов. Вычисления ведут в ведомости (табл. 41), в которую выписывают из журналов угловых и линейных измерений (см. табл. 39 и 40) средние значения измеренных горизонтальных углов и горизонтальных проложений линий, а также координаты начальной точки хода 1 и дирекционный угол первой стороны хода α_{1-2} (см. исходные данные).

Таблица 39

Журнал обработки угловых и линейных измерений
в теодолитно-высотном ходе

Точки		Полож. верт. круга	Отчеты по гориз. кругу		Угол $\beta_{кл}$, $\beta_{кп}$		Сред- ний угол β		Длины линий, м											
стояния	визиро- вания		°	'	°	'	°	'	сторона	угол накл. v	пря- мо об- ратно	сред- няя Длина D	гор. прол. $d=D\cos v$							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14							
1	6	КЛ	347	48,0	140	01,0	140	00,8	1—2	0°45'	<u>278,68</u> 278,72	278,70	278,68							
	2		207	47,0																
	6	КП	167	48,5	140	00,5														
	2		27	48,0																
2	1	КЛ	83	47,0	108	51,0	108	51,2	2—3	0°10'	<u>350,01</u> 349,93	349,97	349,97							
	3		334	56,0																
	1	КП	263	48,0	108	51,5														
	3		154	56,5																

Окончание табл. 39

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3	2	КЛ	280	10,5	103	14,0	103	14,0	3—4	0°25'	$\frac{373,58}{373,54}$	373,56	373,55
	4		176	56,5									
	2	КП	100	12,5	103	14,0							
	4		356	58,5									
4	3	КЛ	65	33,0	125	51,0	125	51,0	4—5	0°15'	$\frac{232,66}{232,76}$	232,71	232,71
	5		299	42,0									
	3	КП	245	33,0	125	51,0							
	5		119	42,0									
5	4	КЛ	327	41,0	138	58,0	138	57,8	5—6	0°20'	$\frac{255,13}{255,19}$	255,16	255,15
	6		188	43,0									
	4	КП	147	41,5	138	57,5							
	6		8	44,0									
6	5	КЛ	195	41,5	103	05,0	103	04,8	6—1	0°20'	$\frac{333,69}{333,65}$	333,67	333,66
	1		92	36,5									
	5	КП	15	42,0	103	04,5							
	1		272	37,5									

Таблица 40

Журнал обработки угловых и линейных измерений
в тахеометрическом ходе

Точки		Полож. верт. круга	Отчеты по гориз. кругу		Угол $\beta_{\text{кл}}$ $\beta_{\text{кп}}$		Сред- ний угол β		Длины линий, м									
стояния	визиро- вания		°	'	°	'	°	'	сторона	угол накл. v	пря- мо об- ратно	сред- няя длина L	гор. прол. $d=D\cos^2v$					
2	1	КЛ	83	47,0	58	00,0	58	00,0	2—7	0°15'	$\frac{328,9}{329,1}$	329,00	328,99					
	7		25	47,0														
	1	КП	263	47,5	58	00,0												
	7		205	47,5														
7	2	КЛ	64	41,0	155	38,0	155	38,2	7—5	0°45'	$\frac{294,3}{294,2}$	294,25	294,20					
	5		269	03,0														
	2	КП	244	43,0	155	38,5												
	5		89	04,5														
5	7	КЛ	271	58,0	83	15,0	83	15,2										
	6		188	43,0														
	7	КП	91	59,5	83	15,5												
	6		8	44,0														

Вычисления выполняют с точностью, соответствующей точности исходных данных: угловые величины определяют с точностью до 0,1', приращения координат и координаты — до 0,01 м. Каждый этап вычислений необходимо выполнять с обязательным контролем.

Вычисления в замкнутом и диагональном ходах выполняют раздельно в следующей последовательности.

Таблица 41

Ведомость вычисления плановых координат точек теодолитно-высотного и тахеометрического ходов

№ точек	Горизонтальные углы				Дирекционные углы сторон, α		Румбы			Мера линий $d, м$	Приращение координат, м						Координаты				№ точек
	Измер. $\beta_{изм}$		Испр. $\beta_{испр}$				назва ние	°	′		Вычисленные		Исправленные		±	x	±	y			
	°	′	°	′							±	Δx	±	Δy					±	Δx	
Теодолитно-высотный (замкнутый) ход																					
1					79	29,5	СВ	79	29,5	278,68	+50,83	+274,01	+50,88	+274,03	+	1683,03	+	2540,31	1		
2	108	+0,1 51,2	108	51,3	150	38,2	ЮВ	29	21,8	349,97	+205,01	+171,61	+104,95	+171,64	+	1733,91	+	2814,14	2		
3	103	+0,1 14,0	103	14,1	227	24,1	ЮЗ	47	24,1	373,55	+252,84	+274,98	+252,77	+274,95	+	1428,96	+	2985,98	3		
4	125	51,0	125	51,0	281	33,1	СЗ	78	26,9	232,73	+46,60	+228,00	+46,64	+227,99	+	1176,19	+	2711,03	4		
5	138	+0,1 57,8	138	57,9	322	35,2	СЗ	27	24,8	255,15	+202,66	+155,02	+202,70	+155,01	+	1222,83	+	2483,04	5		
6	103	+0,1 04,8	103	04,9	39	30,3	СВ	39	30,3	333,66	+257,44	+212,28	+257,50	+212,28	+	1425,53	+	2328,03	6		
1	140	00,8	140	00,8	79	29,5	СВ			$P = 1423,72 м$	$f_x = -0,12 м$	$f_y = -0,12 м$			+	1683,03	+	2540,31	1		
2					контроль						$f_{зам} = \sqrt{0,12^2 + 0,12^2} = 0,17 м$		контроль $\Sigma \Delta x_{зам} = 0$	контроль $\Sigma \Delta y_{зам} = 0$					2		
$\Sigma \beta_{зам} = 719^\circ 59,6'$		$\Sigma \beta_{зам} = 720^\circ 00,0'$									$f_{зам} = \frac{0,17}{1423,72} = \frac{1}{8400}$		$f_{зам} = \frac{1}{2000}$								
$f_R = -0,4'$																					
$f_{зам} = \pm 1' \sqrt{6} = 2,4'$																					
Тахеометрический (замкнутый) ход																					
1					79	29,5															
2	58	+0,3 00,0	58	00,3	201	29,2	ЮЗ	21	29,2	328,99	+306,13	+120,33	+306,14	+120,35	+	1733,91	+	2814,14	2		
7	155	+0,3 38,2	155	38,5	225	50,7	ЮЗ	45	50,7	294,59	+204,94	+211,08	+204,94	+211,09	+	1427,77	+	2693,99	7		
5	83	+0,3 15,2	83	15,5	322	35,2				$\Sigma d = 623,19 м$	$\Delta x_{зам} = 311,91 м$	$\Delta y_{зам} = 311,34 м$			+	1222,83	+	2483,04	5		
6					контроль					$\Delta x_{зам} = 311,04 м$	$\Delta y_{зам} = 311,30 м$				контроль	контроль					
$\Sigma \beta_{зам} = 296^\circ 53,4'$		$\Sigma \beta_{зам} = 296^\circ 54,3'$									$f_x = +0,01 м$	$f_y = -0,28 м$									
$f_R = -0,9'$											$f_{зам} = \sqrt{0,01^2 + 0,28^2} = 0,28 м$		контроль $\Sigma \Delta x_{зам} = \Sigma \Delta x_{зам}$	контроль $\Sigma \Delta y_{зам} = \Sigma \Delta y_{зам}$							
$f_{зам} = \pm 2' \sqrt{3} = 3,5'$											$f_{зам} = \frac{\Sigma d}{400 \sqrt{n}} = \frac{623,19}{400 \sqrt{4}} = 1,10 м$										

42.1. Замкнутый ход

1. Вычисляют угловую невязку полигона:

$$f_{\beta} = \sum \beta_{изм} - \sum \beta_{теор},$$

где $\sum \beta_{изм}$ — сумма внутренних измеренных углов полигона;
 $\sum \beta_{теор} = 180^{\circ}(n-2)$ — теоретическая сумма внутренних углов полигона; n — число углов полигона.

2. Сравнивают полученную невязку с допустимой:

$$f_{\beta}^{доп} = 1' \sqrt{n}.$$

Фактическая угловая невязка должна удовлетворять условию:

$$f_{\beta} \leq f_{\beta}^{доп}.$$

Если условие выполняется, то фактическую угловую невязку распределяют с обратным знаком поровну на все углы полигона. Поправка в каждый угол:

$$\delta_{\beta} = -\frac{f_{\beta}}{n}.$$

Поправки δ_{β} с округлением до $0,1'$ выписывают со своими знаками в ведомость над значениями соответствующих измеренных углов (см. табл. 41). При этом должно соблюдаться условие:

$$\sum \delta_{\beta} = -f_{\beta}.$$

3. Вычисляют исправленные горизонтальные углы как

$$\beta_{испр_i} = \beta_{изм_i} + \delta_{\beta}.$$

Контроль: $\sum \beta_{испр} = \sum \beta_{теор}.$

4. По дирекционному углу начальной стороны α_{1-2} и значениям исправленных углов полигона последовательно вычисляют дирекционные углы всех других сторон

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^{\circ} - \beta_{испр_i}^{прав}.$$

Контролем правильности вычислений является повторное получение дирекционного угла начальной стороны ($\alpha_{1-2} = 79^{\circ}29,5'$).

По найденным значениям дирекционных углов сторон вычисляют румбы сторон в зависимости от четверти, в которой находится данное направление.

5. По горизонтальным проложениям длин и дирекционным углам (румбам) сторон вычисляют приращения координат по формулам прямой геодезической задачи:

$$\Delta x = d \cos \alpha(r); \quad \Delta y = d \sin \alpha(r).$$

Знаки приращений координат определяют с учетом четверти, в которой лежит данное направление, т. е. по дирекционному углу стороны. Вычисленные значения приращений координат со своими знаками заносят в ведомость.

6. Вычисляют невязки в приращениях координат как

$$f_x = \sum \Delta x; \quad f_y = \sum \Delta y,$$

а затем абсолютную линейную невязку

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.$$

7. Выполняют оценку точности угловых и линейных измерений по относительной невязке полигона

$$f_{отн} = \frac{f_{abc}}{P} = \frac{1}{P : f_{abc}} = \frac{1}{N},$$

где P — периметр полигона; N — знаменатель относительной невязки.

Вычисленную относительную невязку сравнивают с допустимой

$$f_{отн}^{доп} = \frac{1}{2000};$$

при этом должно выполняться условие

$$f_{отн} \leq f_{отн}^{доп}.$$

8. Распределяют невязки f_x и f_y по вычисленным приращениям координат пропорционально длинам сторон с обратным знаком. Поправки в приращения координат определяют по формулам:

$$\delta_{x_i} = -\frac{f_x}{P} d_i; \quad \delta_{y_i} = -\frac{f_y}{P} d_i.$$

Вычисленные поправки в сантиметрах записывают в ведомости над соответствующими вычисленными приращениями координат (см. табл. 41). При этом должны соблюдаться условия:

$$\sum \delta_x = -f_x; \quad \sum \delta_y = -f_y.$$

9. По вычисленным приращениям координат и поправкам находят исправленные приращения координат:

$$\Delta x_{испр_i} = \Delta x_i + \delta_{x_i}; \quad \Delta y_{испр_i} = \Delta y_i + \delta_{y_i}.$$

$$\text{Контроль:} \quad \sum \Delta x_{испр} = 0; \quad \sum \Delta y_{испр} = 0.$$

10. По исправленным приращениям координат начальной точки последовательно вычисляют координаты всех точек полигона:

$$x_{i+1} = x_i + \Delta x_{испр_i}; \quad y_{i+1} = y_i + \Delta y_{испр_i}.$$

Окончательный контроль: получение координат начальной точки 1 хода.

42.2. Диагональный (тахеометрический) ход

Диагональный ход (см. рис. 65), проложенный между точками 2 и 5 основного полигона, уравнивают как ход между двумя исходными пунктами (точками с известными координатами x , y) и двумя ис-

ходными сторонами (сторонами 1–2 и 5–6 с известными дирекционными углами). При этом сохраняется та же последовательность вычислений, что и при обработке результатов в полигоне.

1. Угловую невязку диагонального хода вычисляют по формуле:

$$f_{\beta} = \sum \beta_{изм}^{прав} - [\alpha_{нач} - \alpha_{кон} \mp 180^{\circ}(N+1)],$$

где N — число сторон диагонального хода; $\alpha_{нач} = \alpha_{1-2}$; $\alpha_{кон} = \alpha_{5-6}$.

Допустимая угловая невязка в диагональном ходе:

$$f_{\beta}^{доп} = 2'\sqrt{n},$$

где $n = N+1$ — число углов в ходе, включая примычные.

При этом должно соблюдаться условие

$$f_{\beta} \leq f_{\beta}^{доп}.$$

2. Распределение угловой невязки, вычисление дирекционных углов диагонального хода производят по тем же правилам, что и при обработке полигона.

Контроль: получение исходного дирекционного угла конечной стороны (α_{5-6}).

3. Вычисляют приращения координат так же, как и в основном полигоне. Невязки в приращениях координат вычисляют как:

$$f_x = \sum \Delta x_{выч} - \sum \Delta x_{теор}; \quad f_y = \sum \Delta y_{выч} - \sum \Delta y_{теор},$$

где $\sum \Delta x_{выч}$, $\sum \Delta y_{выч}$ — суммы вычисленных приращений координат по диагональному ходу; $\sum \Delta x_{теор} = x_{кон} - x_{нач}$; $\sum \Delta y_{теор} = y_{кон} - y_{нач}$ — теоретические суммы приращений координат в диагональном ходе.

4. Вычисляют абсолютную линейную невязку в диагональном ходе

$$f_{абс} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \quad (73)$$

Абсолютную линейную невязку сравнивают с допустимой, определяемой для тахеометрического хода из выражения

$$f_{абс}^{доп} = \frac{\sum d}{400\sqrt{N}},$$

где $\sum d$ — длина диагонального хода от начальной (т. 2) до конечной точки (т. 5).

Условие: $f_{абс} \leq f_{абс}^{доп}$.

5. Распределяют невязки в приращениях координат f_x и f_y , а затем вычисляют исправленные приращения координат и координат точек диагонального хода так же, как и в полигоне.

Окончательный контроль: получение исходных координат конечной точки диагонального хода (т. 5).

§ 43. Вычисление превышений и высот точек теодолитно-высотного и тахеометрического ходов

Вычисление превышений между точками ходов выполняется в журнале высотного обоснования съемочной сети (табл. 42). Из исходных данных для каждой стороны хода в журнал выписывают значения отсчетов по вертикальному кругу ($KЛ$ и $KП$), высоты прибора i на станции и высоты визирования $V = 3,00$ м. Из табл. 40 и 41 выписывают значения горизонтальных проложений сторон d .

Вычисления выполняют в следующем порядке.

1. Для каждого направления рассчитывают значение места нуля ($МО$) вертикального круга теодолита как

$$МО = \frac{KЛ + KП}{2}.$$

Контролем правильности измерений вертикальных углов служит постоянство $МО$, колебания которого не должны превышать $\pm 1'$.

Вычисляют значения вертикальных углов по одной из формул:

$$v = \frac{KЛ - KП}{2}; \quad v = KЛ - МО = МО - KП.$$

3. Для каждой стороны вычисляют значение приведенного превышения с точностью до 0,01 м:

$$h_0 = d \operatorname{tg} v. \quad (74)$$

Затем с учетом высоты прибора i и высоты визирования на рейку V рассчитывают окончательное превышение

$$h = h_0 + i - V. \quad (75)$$

4. Сравнивают значения прямого и обратного превышений для каждой стороны, которые могут отличаться по абсолютной величине не более чем на 4 см на каждые 100 м горизонтального расстояния. Если условие выполняется, то за окончательное значение принимается среднее и ему придается знак прямого хода.

Увязка (уравнивание) превышений и вычисление отметок точек съемочной сети выполняется отдельно для замкнутого и диагонального ходов в специальной ведомости (табл. 43). Для этого из табл. 42 в ведомость заносят значения прямых, обратных и средних превышений и горизонтальных проложений сторон ходов; из исходных данных выписывают отметку начальной точки (т. 1).

Журнал высотного обоснования съемочной сети

Сторо- ны Обо- значения	Теодолитно-высотный (замкнутый) ход												Тахеометрический (диагональный) ход			
	1-2	2-1	2-3	3-2	3-4	4-3	4-5	5-4	5-6	6-5	6-1	1-6	2-7	7-2	7-5	5-7
<i>КЛ</i>	+0°57,5'	-0°19,5'	+0°16,5'	+0°13,5'	-0°11,0'	+0°39,5'	+0°09,0'	+0°35,5'	+0°39,5'	+0°01,0'	+0°04,0'	+0°29,0'	+0°30,5'	+0°02,5'	-0°36,5'	+1°12,5'
<i>КП</i>	-0°56,5'	+0°20,5'	-0°16,0'	-0°12,0'	+0°12,0'	-0°38,5'	-0°08,5'	-0°35,0'	-0°38,5'	-0°00,0'	-0°03,0'	-0°28,5'	-0°29,5'	-0°01,0'	+0°37,5'	-1°12,0'
<i>МО</i>	+0,5'	+0,5'	+0,2'	+0,8'	+0,5'	+0,5'	+0,2'	+0,2'	+0,5'	+0,5'	+0,5'	+0,2'	+0,5'	+0,8'	+0,5'	+0,2'
<i>v</i>	+0°57,0'	-0°20,0'	+0°16,2'	+0°12,8'	-0°11,5'	+0°39,0'	+0°08,8'	+0°35,2'	+0°39,0'	+0°00,5'	+0°03,5'	+0°28,8'	+0°30,0'	+0°01,8'	-0°37,0'	+1°12,2'
<i>d, м</i>	278,68	278,68	349,97	349,97	373,55	373,55	232,71	232,71	255,15	255,15	333,66	333,66	328,99	328,99	294,20	294,20
$h_0 = dtg v, м$	+4,62	-1,62	+1,65	+1,30	-1,25	+4,24	+0,60	+2,38	+2,89	+0,04	+0,34	+2,80	+2,87	+0,17	-3,17	+6,18
<i>i, м</i>	1,45	1,47	1,47	1,51	1,51	1,52	1,52	1,55	1,55	1,50	1,50	1,45	1,47	1,50	1,50	1,55
<i>V, м</i>	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
$h = h_0 + i - V, м$	+3,07	-3,15	+0,12	-0,19	-2,74	+2,76	-0,88	+0,94	+1,44	-1,46	-1,16	+1,25	+1,34	-1,33	-4,67	+4,73
<i>h_{ср}, м</i>	+3,11		+0,16		-2,75		-0,91		+1,45		-1,20		+1,34		-4,70	

Таблица 43

Ведомость увязки превышений в высотных ходах

№ то- чек	Превышения h , м			Гориз. проложе- ние d , м	Поправка δ_h , м	Испр. пре- вышения $h_{испр.}$, м	От- метка точки H , м	№ то- чек
	$h_{пр}$	$h_{обр}$	$h_{ср}$					
Замкнутый (теодолитно-высотный) ход								
1	+3,07	-3,15	+3,11	278,68	+0,02	-3,13	148,64	1
2	+0,12	-0,19	+0,16	349,97	+0,03	+0,19	151,77	2
3	-2,74	+2,76	-2,75	373,55	+0,03	-2,72	151,96	3
4	-0,88	+0,94	-0,91	232,71	+0,02	-0,89	149,24	4
5	+1,44	-1,46	+1,45	255,15	+0,02	+1,45	148,35	5
6	-1,16	+1,25	-1,20	333,66	+0,02	-1,18	149,82	6
1							148,64	1
			$f_h = -0,14$ м $f_h^{гон} = \pm 0,30$ м	$P =$ 1823,72 м	$\Sigma \delta_h =$ +0,14 м Контроль	$\Sigma h_{испр} =$ 0,00 м Контроль	Кон- троль	
Диагональный (тахеометрический) ход								
2	+1,34	-1,33	+1,34	328,99	-0,03	+1,31	151,77	2
7	-4,67	+4,73	-4,70	294,20	-0,03	-4,73	153,08	7
5							148,35	5
			$\Sigma h_{ср} = -3,36$ м $\Sigma h_{теор} = -3,42$ м $f_h = +0,06$ м $f_h^{гон} = \pm 0,18$ м	$\Sigma d =$ 623,19 м	$\Sigma \delta_h =$ -0,06 м Контроль	$\Sigma h_{испр} =$ -3,42 м Контроль	Кон- троль	

Вычисления выполняют в следующей последовательности.

43.1. Замкнутый ход

1. Вычисляют высотную невязку хода:

$$f_h = \Sigma h,$$

где Σh — сумма средних превышений точек в ходе.

2. Вычисляют допустимую высотную невязку хода по формуле:

$$f_h^{дон} = \frac{0,04P}{\sqrt{N}}, \text{ см} \quad (76)$$

где P — периметр хода, м; N — число сторон (превышений) в ходе.
В рассматриваемом примере (см. табл. 43)

$$f_h = \Sigma h = -0,14 \text{ м}; \quad f_h^{дон} = \frac{0,04 \cdot 1823,72}{\sqrt{6}} = 30 \text{ см} = 0,30 \text{ м}.$$

3. Если фактическая высотная невязка хода допустима, т. е. выполняется условие

$$f_h \leq f_h^{дон},$$

196 то ее распределяют с обратным знаком пропорционально длинам сторон.

Поправки в превышения рассчитывают с округлением до 0,01 м по формуле:

$$\delta_{h_i} = -\frac{f_h}{P} d_i, \quad (77)$$

где d_i — горизонтальное проложение соответствующей стороны.

Например, для стороны 1–2 поправка в превышение:

$$\delta_{h_1} = -\frac{-0,14}{1823,72} \cdot 278,68 = +0,02 \text{ м.}$$

Вычисленные поправки выписывают в соответствующий столбец ведомости (см. табл. 43).

Сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком, т. е.

$$\sum \delta_{h_i} = -f_h.$$

4. Вычисляют исправленные превышения как

$$h_{испр_i} = h_i + \delta_{h_i}.$$

Контроль: $\sum h_{испр} = 0.$

5. Зная отметку начальной точки ($H_1 = 148,64$ м) и исправленные превышения, последовательно рассчитывают отметки всех точек хода по формуле:

$$H_i = H_{i-1} + h_{испр_i},$$

где H_i, H_{i-1} — отметки соответственно последующей и предыдущей точек хода.

Окончательный контроль: повторное получение отметки начальной точки хода ($H_1 = 148,64$ м).

(43.2. Диагональный (тахеометрический) ход ✓)

Превышения в диагональном ходе (см. рис. 65), проложенном между точками 2 и 5 полигона, увязывают как в ходе между двумя исходными пунктами (точками с известными отметками H_2 и H_5). При этом сохраняется последовательность вычислений, принятая при увязке превышений в замкнутом ходе.

1. Вычисляют высотную невязку диагонального хода:

$$f_h = \sum h - \sum h_{теор} = \sum h - (H_{кон} - H_{нач}), \quad (78)$$

где $\sum h_{теор}$ — теоретическая сумма превышений в ходе; $H_{кон} = H_5$, $H_{нач} = H_2$ — отметки соответственно конечной и начальной точек хода.

2. Вычисляют допустимую высотную невязку диагонального хода по формуле:

$$f_h^{доп} = \frac{0,04 \sum d}{\sqrt{N}}, \text{ см.} \quad (79)$$

где $\sum d$ — длина диагонального хода, м; N — число сторон (превышений) в ходе.

Проверяют соблюдение условия

$$f_h \leq f_h^{\text{дон}}.$$

В дальнейшем распределение высотной невязки, вычисление исправленных превышений и отметок точек диагонального хода выполняют так же, как и в замкнутом ходе.

Окончательный контроль: повторное получение отметки конечной точки хода ($H_{\text{кон}} = H_s$).

§ 44. Обработка журнала тахеометрической съемки

Из исходных данных в журнал тахеометрической съемки (табл. 44) для каждой станции выписывают значения ее отметки H , высоты прибора i , высоты визирования на рейку V , места нуля вертикального круга теодолита $МО$, направление ориентирования лимба и отсчеты по теодолиту, взятые на пикетные (расчетные) точки: по горизонтальному и вертикальному кругам и нитяному дальномеру.

Обработка журнала включает вычисление углов наклона линий визирования, горизонтальных расстояний до пикетных точек, превышений и отметок пикетных точек (см. табл. 44).

1. Угол наклона линии визирования на пикетную точку вычисляют по формуле

$$v = КЛ - МО.$$

2. Горизонтальное расстояние до пикетной точки вычисляют с точностью до 0,1 м как

$$d = L \cos^2 v,$$

где L — дальномерное расстояние.

3. Превышение пикетной точки над станцией вычисляют с точностью до 0,01 м по формулам:

$$h = dtg v \quad \text{или} \quad h = \frac{L}{2} \sin 2v. \quad (80)$$

При этом знак превышения определяется знаком угла наклона.

4. Отметки пикетных точек вычисляют как

$$H_{\text{пик}i} = H_{\text{ст}} + h_i.$$

§ 45. Построение топографического плана участка местности. Определение площадей земельных угодий

Составление плана выполняют в следующей последовательности:

1. Построение координатной сетки.
2. Нанесение на план точек съемочной сети.
3. Нанесение на план пикетных точек.
4. Составление и оформление плана.

Построение координатной сетки. Координатную сетку со сторонами квадратов 10×10 см вычерчивают остро отточенным каран-

Журнал тахеометрической съемки

№ точек визирования	Отсчеты по угломерным кругам		Дальномер. расстояние $L=Kl$, м	Угол накло- на ν	Горизонт. проложение $d=L\cos^2\nu$, м	Пре- вышен- ие h , м	Отметки точек H , м	Примеч.
	горизонталь- ному	вертикаль- ному						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станция 1 $H_1=148,64$ м $i=1,45$ м $V=i$ $MO=0^\circ00,5'$ Лимб ориентирован на ст. 2 при КЛ								
т. 2	0°00'							
1	8°33'	+0°50,0'	90,2	+0°49,5'	90,2	+1,30	149,94	пашня
2	51°58'	+0°44,5'	73,4	+0°44,0'	73,4	+0,94	149,58	пашня
3	63°37'	+0°45,0'	156,5	+0°44,5'	156,5	+2,03	150,67	пашня
4	94°34'	+0°23,0'	145,8	+0°22,5'	145,8	+0,95	149,59	пашня
5	125°33'	-0°14,0'	168,0	-0°14,5'	168,0	-0,71	147,93	дорога
6	142°38'	-0°25,0'	112,2	-0°25,5'	112,2	-0,83	147,81	лощина
7	108°51'	+0°12,5'	83,5	+0°12,0'	83,5	+0,29	148,93	пашня
т. 2	0°01'							
Станция 7 $H_7=153,08$ м $i=1,50$ м $V=i$ $MO=0^\circ00,5'$ Лимб ориентирован на ст. 5 при КЛ								
т. 5	0°00'							
41	36°33'	-0°38,5'	88,5	-0°39,0'	88,5	-1,00	152,08	хребет
42	67°24'	-1°01,0'	120,2	-1°01,5'	120,2	-2,15	150,93	дорога
43	119°24'	-0°44,5'	85,4	-0°45,0'	85,4	-1,12	151,96	пашня
44	166°23'	+0°19,0'	92,6	+0°18,5'	92,6	+0,50	153,58	сенокос
45	220°31'	+0°01,5'	81,3	+0°01,0'	81,3	+0,02	153,10	сенокос
46	264°05'	-1°13,0'	91,5	-1°13,5'	91,5	-1,96	151,12	сенокос
47	328°32'	-1°13,0'	73,0	-1°13,5'	73,0	-1,56	151,52	огород
т. 5	359°59'							

дашем твердостью не менее $2T(H)$ на листе ватмана формата А1 при помощи линейки Дробышева ЛД-1 (ЛТ).

При правильном построении сетки 5×5 квадратов должны выполняться следующие условия:

— вершины малых квадратов должны лежать на диагоналях большого квадрата или на линиях, параллельных им;

— расхождения между диагоналями малых квадратов не должны превышать 0,2 мм.

Линии координатной сетки подписывают в соответствии с масштабом 1:2000 с расчетом, чтобы участок съемки расположился в середине листа. Координаты линии сетки должны быть кратными

200 м (0,2 км) и подписываются в километрах. При этом надо помнить, что значения абсцисс возрастают с юга на север (снизу вверх), а ординат — с запада на восток (слева направо).

Нанесение на план точек теодолитно-высотного и тахеометрического ходов производят по их вычисленным координатам (см. ведомость, табл. 41). Для контроля нанесение каждой точки на план рекомендуется выполнять дважды: относительно юго-западной и северо-восточной вершин квадрата, в пределах которого располагается данная точка.

Правильность нанесения на план точек съемочной сети обязательно проверяют: по длинам сторон ходов, по горизонтальным углам в ходах и по дирекционным углам сторон.

Нанесение на план пикетных точек выполняют от сторон и точек согласно результатам измерений (см. журнал тахеометрической съемки, табл. 44) и абрисам съемки (см. рис. 66).

Нанесение пикетных точек на план рекомендуется производить полярным способом с помощью *тахеографа*. Тахеограф (рис. 67) представляет собой круговой транспортир с линейкой из прозрачного материала, по окружности которого нанесены деления через $30'$ ($0,5^\circ$), причем оцифровка делений выполнена против хода часовой стрелки. Вдоль нулевого радиуса расположена миллиметровая шкала линейки с начальным штрихом в центре круга, в котором закреплена игла.

Для нанесения пикетной точки центр круга тахеографа совмещают с точкой станции на плане. Затем поворотом диска совмещают

начальное направление на плане с отсчетом, равным полярному углу на пикетную точку; по линейке откладывают в масштабе плана соответствующее полярное расстояние и накладывают пикет. Около нанесенных на план пикетов подписывают их номера и отметки.

Составление и оформление плана. По мере накладывания пикетных точек на план по ним в соответствии с абрисами съемки и примечаниями в полевом журнале вычерчивают предметы местности, контуры и заполняют их условными знаками.

Для изображения рельефа выполняют интерполирование горизонталей по высотам пикетов и станций с учетом заданной высоты сечения рельефа ($h = 0,5$ м). Интерполирование горизонталей может осуществляться аналитическим и графическим способами или «на глаз» (см. гл. 7). При выполнении данного задания рекомендуется использовать в равной мере все три способа интерполирования.

Следует иметь в виду, что интерполирование горизонталей выполняют только по линиям, показанным на абрисах стрелками (см. рис. 66).

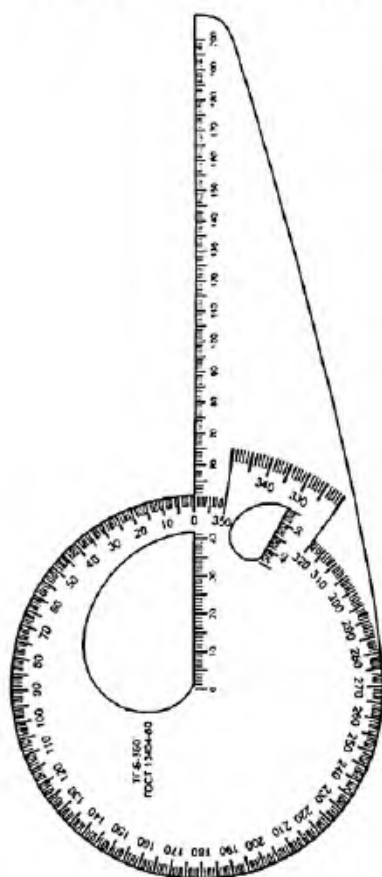


Рис. 67. Тахеограф

Пример оформления топографического плана участка местности приведен на рис. 68.

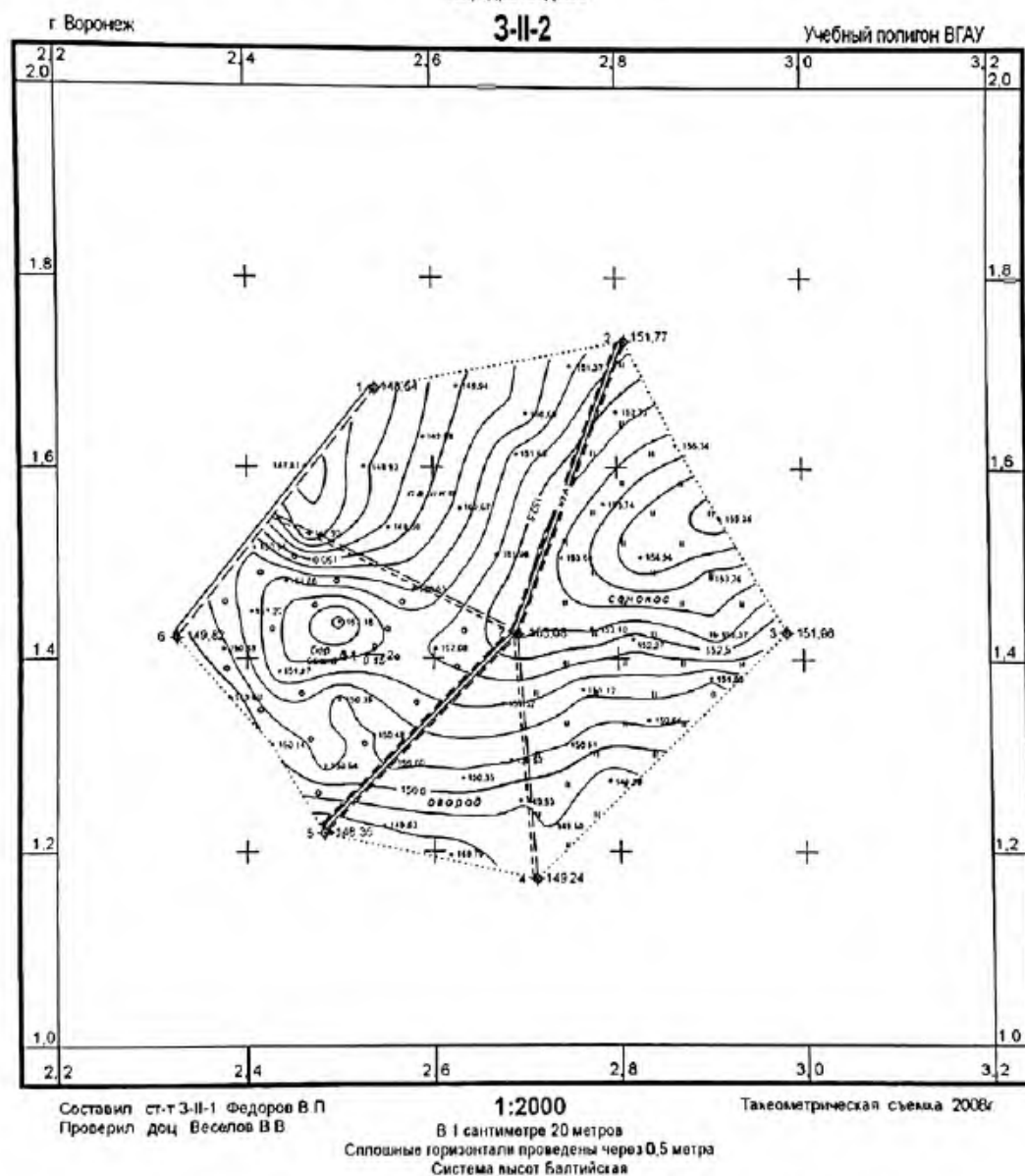


Рис. 68. Топографический план участка местности

Для определения площадей земельных угодий необходимо использовать различные способы: аналитические (по координатам, по результатам измерений длин линий и углов на местности), механический и графический.

Подробно вопросы измерения площадей различными способами рассмотрены в расчетно-графической работе № 2 «Составление плана части землепользования по результатам теодолитной съемки и определение площадей земельных угодий» (см. гл. 4).

После вычисления и уравнивания площадей составляют экспликацию земельных угодий.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем состоит сущность тахеометрической съемки?
2. В каких случаях целесообразно применение тахеометрической съемки?
3. Назовите типы тахеометров.
4. Чем достигается быстрота измерений при тахеометрической съемке?
5. Назовите недостатки тахеометрической съемки.
6. Назовите виды съёмочного обоснования при тахеометрической съемке.
7. Изложите основные требования к проложению тахеометрических ходов.
8. Изложите порядок работы на станции при съемке ситуации и рельефа.
9. От каких факторов зависит необходимое количество пикетных точек при тахеометрической съемке?
10. По каким формулам определяют превышения методом тригонометрического нивелирования?
11. По какой формуле определяют допустимую высотную невязку в тахеометрическом ходе?
12. Как распределяется высотная невязка в тахеометрическом ходе?
13. Что служит контролем правильности уравнивания высот в замкнутых и разомкнутых ходах?
14. Какие принадлежности используются при построении плана тахеометрической съемки?
15. Изложите способы интерполирования горизонталей.