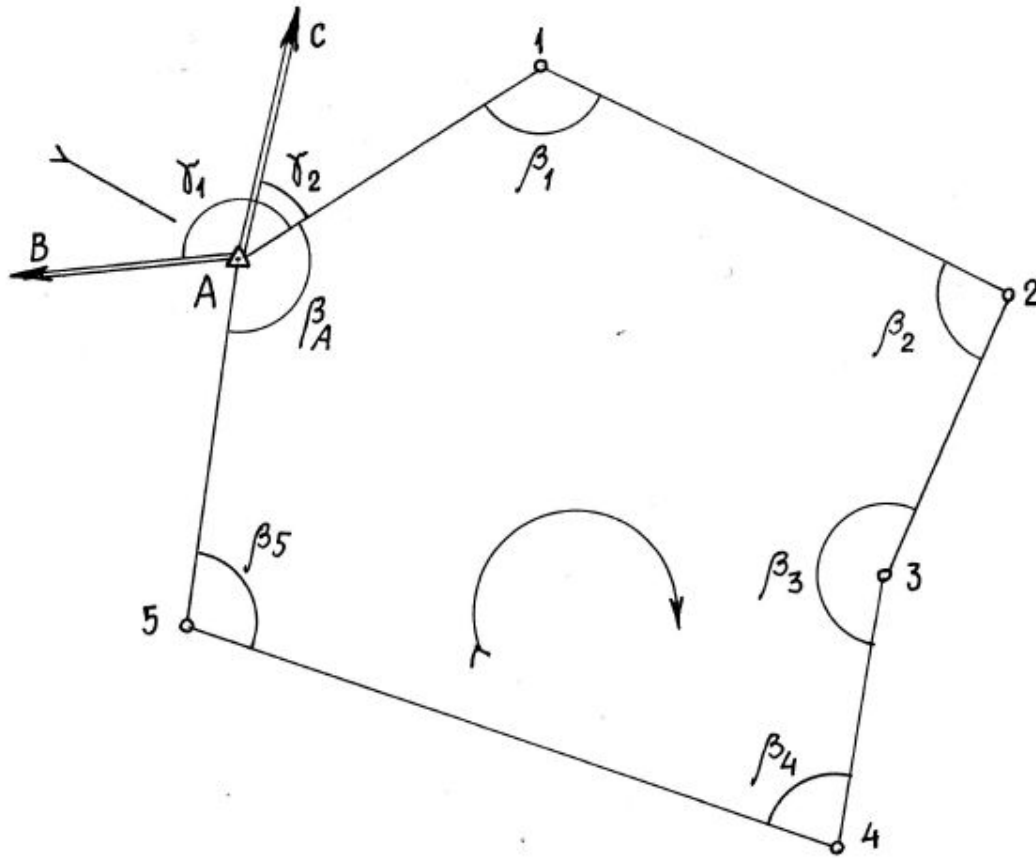


Лекция №11

Вычисления в замкнутом теодолитном ходе. Топографические съёмки. Техническое нивелирование

Общий вид замкнутого хода



Замкнутый теодолитный ход во многом является частным случаем разомкнутого теодолитного хода, полагая в последнем $X_H = X_K$, $Y_H = Y_K$, $H_H = H_K$. Одной из особенностей замкнутого хода является возможность контроля результатов полевых измерений, а также оценки точности без привлечения процедуры привязки к исходным геодезическим пунктам геодезической основы (геодезической опорной сети)

Теоретическая сумма углов замкнутого теодолитного хода

Теоретическая сумма горизонтальных углов в замкнутом теодолитном ходе может быть вычислена двумя способами:

- Для внутренних углов

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

- Для внешних углов

$$\sum \beta_{\text{ТЕОР}} = 180^{\circ} (n + 2)$$

Угловая невязка в этом случае может быть определена по формуле:

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{ИЗМ}} - \sum \beta_{\text{ТЕОР}}$$

Допустимая величина невязки определяется по формуле, используемой для разомкнутых ходов:

$$f_{\beta \text{доп}} = \pm 1' \sqrt{n}$$

Контрольное условие записывается в следующем виде:

$$f_{\beta} \leq f_{\beta \text{доп}}$$

При выполнении условия производится уравнивание углов с помощью поправок, вычисляемых по формуле:

$$v_{\beta i} = - \frac{f_{\beta}}{n}$$

При этом также, должно обеспечиваться условие:

$$\sum v_{\beta i} = - f_{\beta}$$

Вычисление исправленных значений горизонтальных углов производится по формуле:

$$\beta_{\text{ИСПР}} = \beta_{\text{ИЗМ}} + v_{\beta i}$$

После уравнивания должно выполняться следующее условие:

$$\sum \beta_{\text{ИСПР}} = \sum \beta_{\text{ТЕОР}}$$

Вычисление дирекционных углов по исправленным значениям горизонтальных углов происходит по той же формуле, что и для разомкнутого хода:

$$\alpha_K = \alpha_{n-1} \pm 180^\circ \pm \beta_n$$

Однако, в случае с замкнутым теодолитным ходом выполняется следующее условие:

$$\alpha_K = \alpha_H$$

Вычисление приращений координат и оценка точности хода

Поскольку начальная и конечная точки замкнутого теодолитного хода совмещены, то теоретические суммы приращений координат, вычисленных из решения ПГЗ, должны быть равны нулю, т.е.:

$$\sum \Delta X_{TEOP} = 0; \sum \Delta Y_{TEOP} = 0$$

Следовательно, невязки будут определяться исходя из сумм приращений координат:

$$f_X = \sum \Delta X_{ВЫЧ} ; f_Y = \sum \Delta Y_{ВЫЧ}$$
$$f_{ABC} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2}.$$

Относительная невязка хода будет вычисляться по формуле:

$$f_{отн} = \frac{1}{\left(\sum \frac{d}{f_{АБС}} \right)}$$

Критерием качества работ является выполнение условия:

$$f_{отн} \leq f_{отн \dots доп}$$

При соблюдении данного условия выполняется уравнивание приращений координат:

$$v_{xi} = - \frac{f_X}{\sum d} d_i ; \quad v_{yi} = - \frac{f_Y}{\sum d} d_i$$

$$\sum v_{xi} = -f_X ; \quad \sum v_{yi} = -f_Y$$

Критерием правильности уравнивания приращений координат является выполнение условия:

$$\sum \Delta X_{ИСПР} = 0 ; \sum \Delta Y_{ИСПР} = 0$$

Координаты точек вычисляют последовательно по ходу по принятому ранее направлению с контрольным замыканием на начальную точку хода:

$$\begin{aligned} X_{НВЫЧ} &= X_{n-1} + \Delta X_{ИСПР} = X_{ИИСХ} \\ Y_{НВЫЧ} &= Y_{n-1} + \Delta Y_{ИСПР} = Y_{ИИСХ} \end{aligned}$$

Ведомость координат замкнутого теодолитного хода

№ № то- чек	Горизонтал- ные углы β (поправки)	Дирекцион- ные углы α	Горизон- тальные проложе- ния, м d	Приращения координат, м (поправки)		Координаты, м	
				ΔX	ΔY	X	Y
<i>A</i>		117°42'15,2"	77,348	(-0,005)	(-0,006)	4216,563	7018,427
<i>1</i>	(+3,1") 124°15'12"	173°27'00,1"	109,854	-35,960	+68,481	4180,598	7086,902
<i>2</i>	(+3,2") 90°40'14"	262°46'42,9"	64,090	-109,137	+12,531	4071,454	7099,424
<i>3</i>	(+3,3") 191°46'32"	251°00'07,6"	56,029	(-0,004)	(-0,005)	4063,394	7035,837
<i>4</i>	(+3,2") 85°09'36"	345°50'28,4"	142,786	-8,056	-63,582	4045,151	6982,855
<i>5</i>	(+3,1") 100°54'12"	64°56'13,3"	77,848	(-0,004)	(-0,005)	4183,590	6947,915
<i>A</i>	(+3,1") 127°13'55"	117°42'15,2"	$\sum d$ 527,955	-18,239	-52,977	4216,563	7018,427
<i>I</i>	$\sum \beta_{изм}$ 719°59'41"			+138,448	-34,927		
	$\sum \beta_{теор}$ 720°00'00"			(-0,005)	(-0,006)		
f_{β}	-19"			+32,978	+70,518		
$f_{\beta\ доп}$	$\pm 24"$			f_x +0,034	f_y +0,044		
				$f_{\Delta BC}$ 0,0556	$f_{отн} =$ $\frac{1}{9500}$		
				$f_{отн\ доп}$	$\frac{1}{7500}$		

Обработка ведомости высот

Оценка точности определения превышений в замкнутом теодолитном ходе может быть выполнена до высотной его привязки, т.е. до передачи высот на теодолитный ход. В схемах, включающих непосредственно в ход исходную точку с известной высотой, отдельная привязка по высотам не производится, а высоты передаются сразу же по ходу с точки на точку. Если же исходная точка находится в стороне от теодолитного хода, то передачу высоты необходимо выполнить отдельным (подходным) ходом.

Теоретическая сумма превышений по замкнутому теодолитному ходу должна равняться нулю:

$$\sum h_{TEOP} = 0$$

Фактическая невязка будет определяться по формуле:

$$f_h = \sum h_{ВЫЧ}$$

Допустимая невязка вычисляется по формуле:

$$f_{hДОП} = \pm \frac{0,04 \sum d}{100 \sqrt{n}}, \text{ м}$$

При выполнении условия: $f_h \leq f_{hДОП}$

Вычисляются поправки в превышения и исправленные значения прев

$$v_{hi} = - \frac{f_h}{\sum d} d_i \quad \sum v_{hi} = -f_h \quad h_{ИСПР} = h_{ИЗМ} + v_{hi}$$

Ведомость высот замкнутого теодолитного хода

№№ точек	Горизонтальные проложения, м	Углы наклона	Превышения		Высоты точек, м	№№ точек
			вычисленные	исправленные		
A					111,65	A
1	77,348	-2°00,5'	-0,01 -2,70	-2,71	108,94	1
2	109,864	+1°16,3'	-0,01 +2,44	+2,43	111,37	2
3	64,090	+4°25,6'	-0,01 +4,96	+4,95	116,32	3
4	56,029	-3°38,8'	-0,00 -3,57	-3,57	112,75	4
5	142,776	+0°46,5'	-0,02 +1,93	+1,91	114,66	5
D	77,848	-2°12,4'	-0,01 -3,00	-3,01	<i>111,65</i>	D
	$\sum d = 528,033$ м		$f_h = +0,06$ м	$f_{hдоп} = \pm 0,09$ м		

Назначение и виды топографических съёмок

Съёмка – комплекс работ, которые выполняют на местности с целью получения оригинала топографической карты или плана, а также получения топографической информации в другом виде, например, цифровом.

В соответствии с назначением картографического материала съёмки могут быть контурными (ситуационными, горизонтальными, плановыми), если в результате получают контурный план. Если на карте или плане изображается и рельеф, то предшествующая этому съёмка называется топографической.

По применяемым инструментам

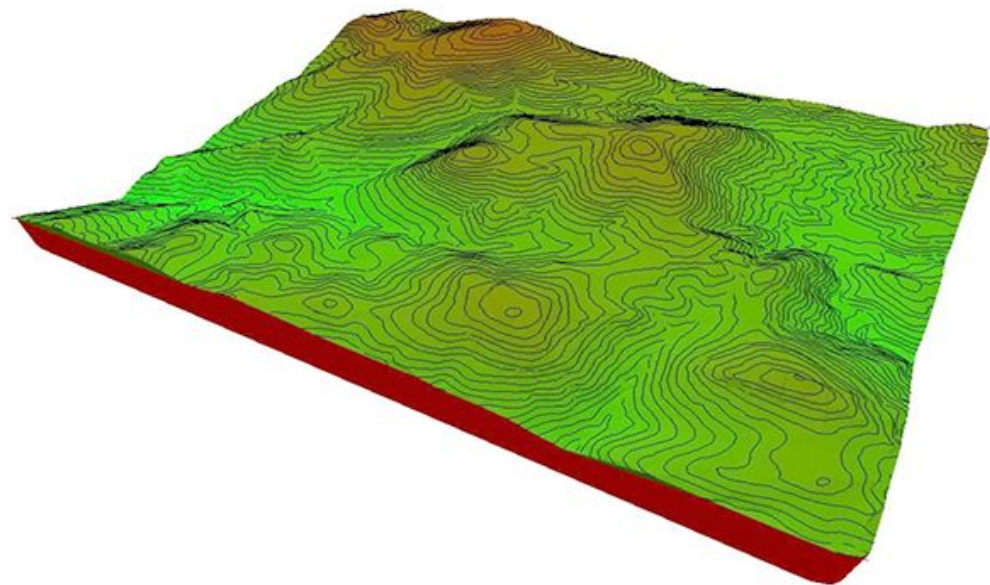
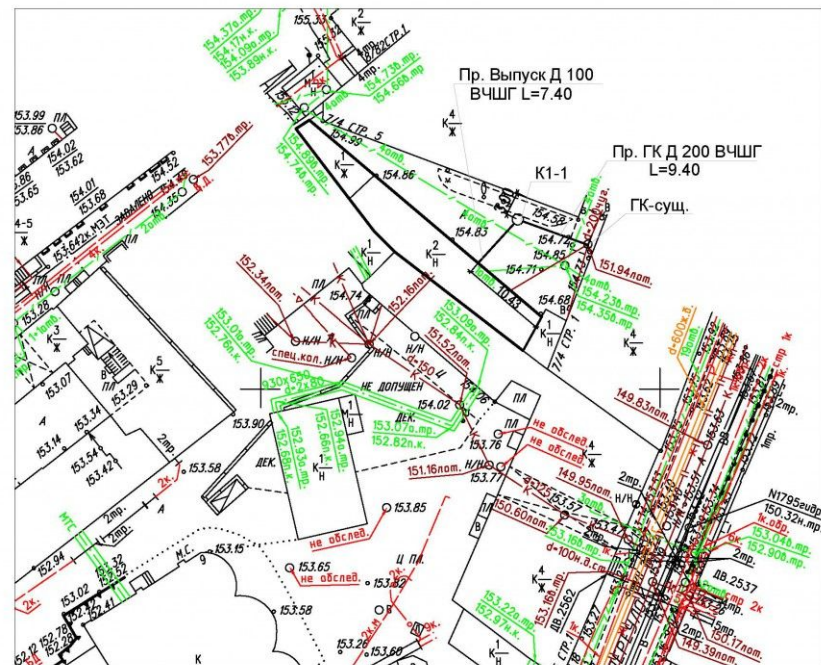
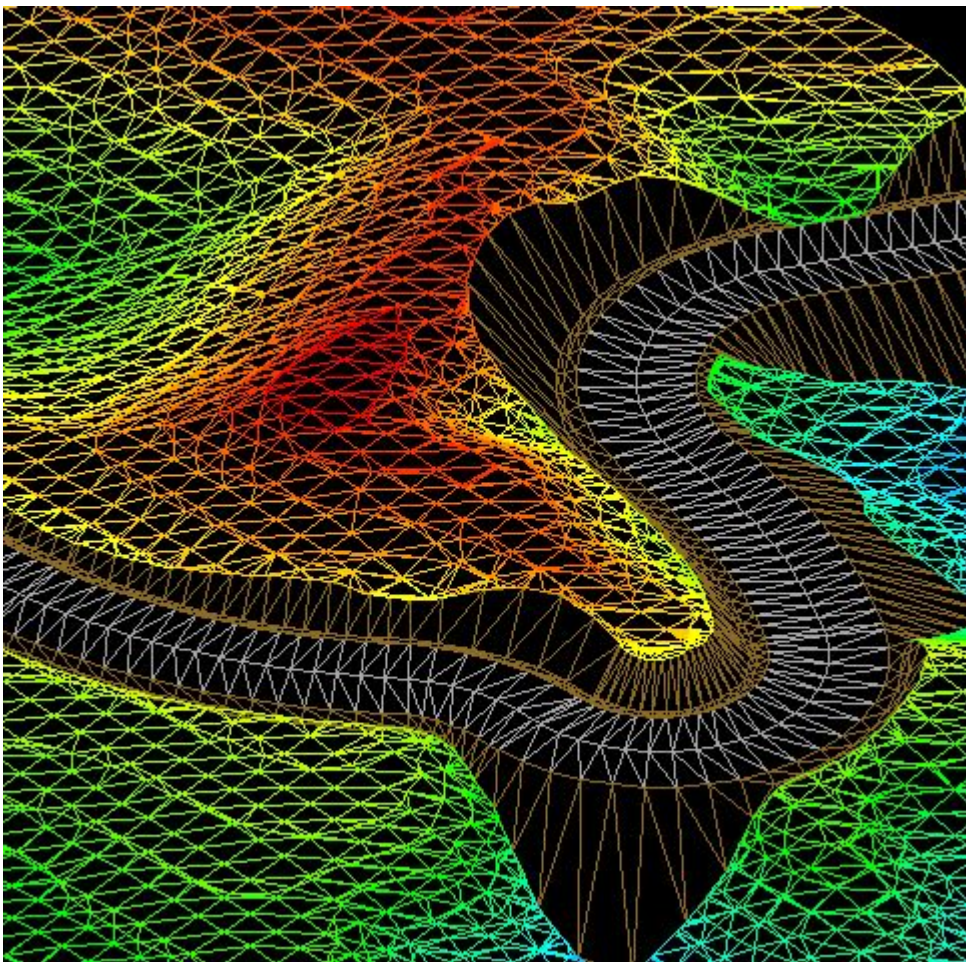
В зависимости от применяемых инструментов и методов производства работ различают экерную, буссольную, глазомерную, теодолитную, тахеометрическую, мензульную, высотную, фототеодолитную и аэрофотосъемку.

Понятие о цифровой модели местности (ЦММ)

Цифровая модель местности (ЦММ) представляет собой совокупность данных (плановых координат и высот) о множестве ее точек. Указанная совокупность может представлять собой отдельно цифровую модель рельефа (ЦМР) и цифровую модель контуров (ЦМК), т.е. ситуации местности. В последнем случае элементы ситуации могут быть заданы только плановыми координатами X и Y . Цифровая модель рельефа обязательно задается одновременно плановыми координатами и высотами H .

Цифровая информация о местности очень удобна для представления и хранения в электронном виде.

Примеры ЦММ

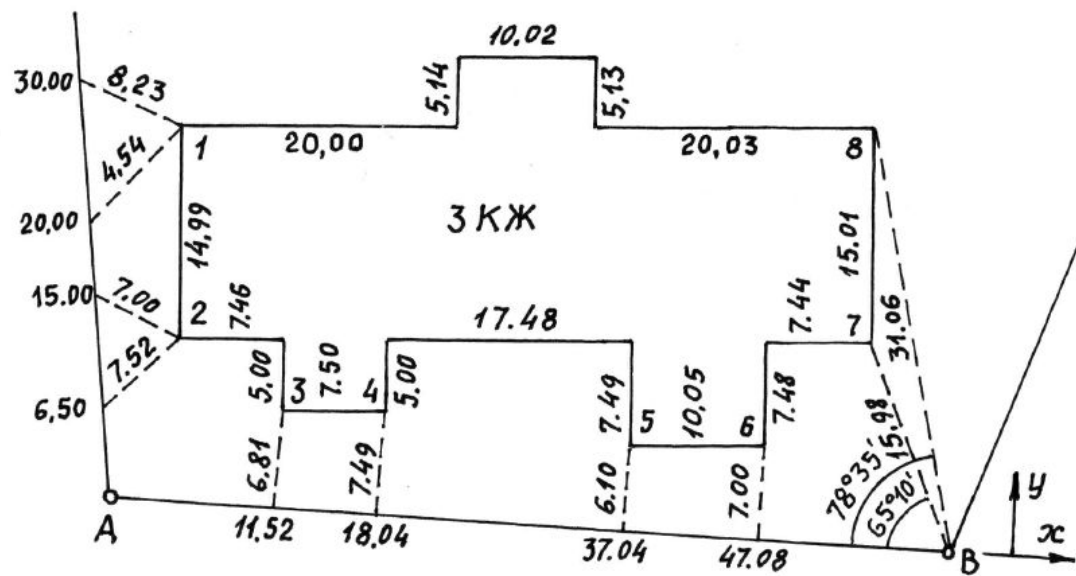
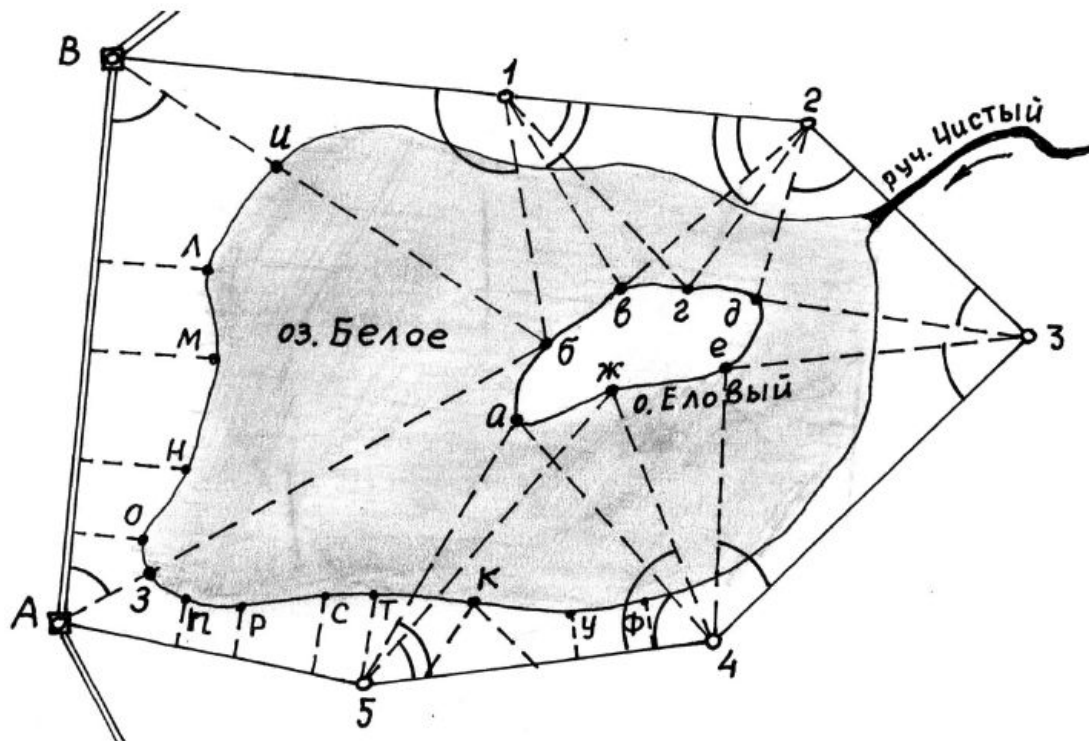


Теодолитная съёмка

В результате выполнения теодолитной съёмки получают плановое положение контуров и местных предметов. Теодолитная съёмка обычно производится сравнительно на небольших участках местности, изображаемых в последующем на топографических планах крупных масштабов. Геодезической основой для теодолитной съёмки являются теодолитные ходы, сгущаемые от пунктов Государственной геодезической сети 1-4 классов, а также пунктов сетей 1 и 2 разрядов.

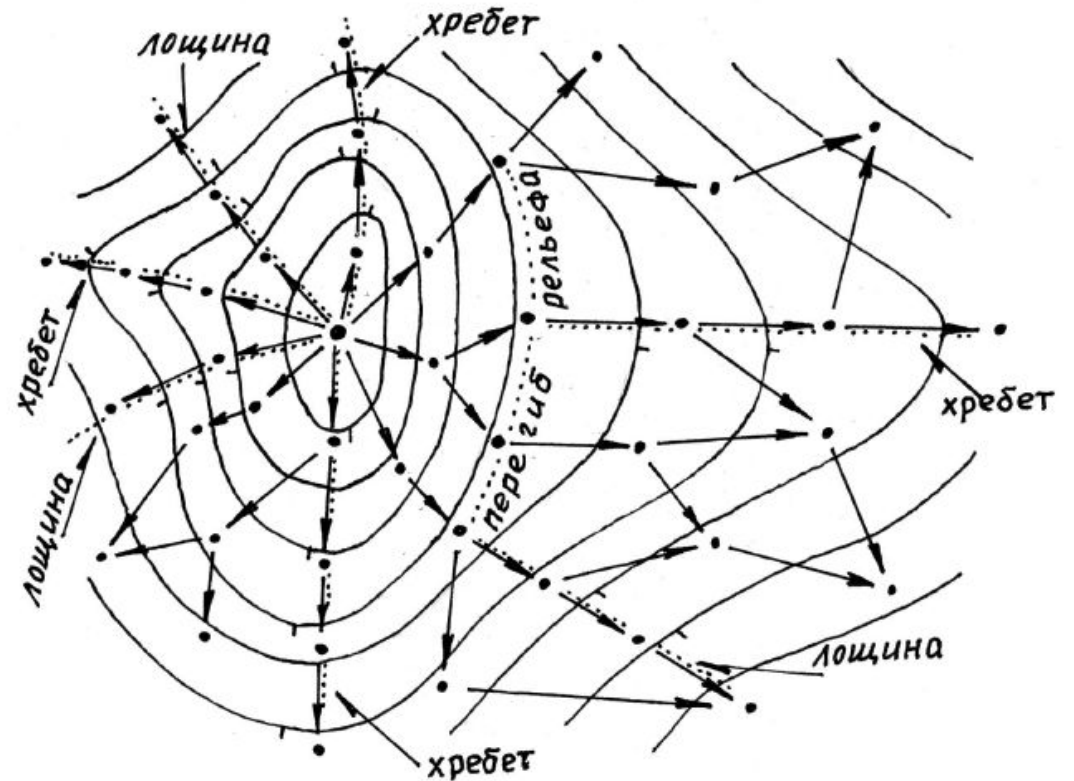
Теодолитная съёмка ситуации выполняется способами угловой и линейной засечек, полярных координат, перпендикуляров, обхода, створов и комбинированными способами.

Способы теодолитной съёмки



Тахеометрическая съёмка

В результате выполнения тахеометрической съёмки плановые координаты и высоты точек местности получают одновременно, при использовании одного и того же прибора. **Тахео** – означает «быстро»

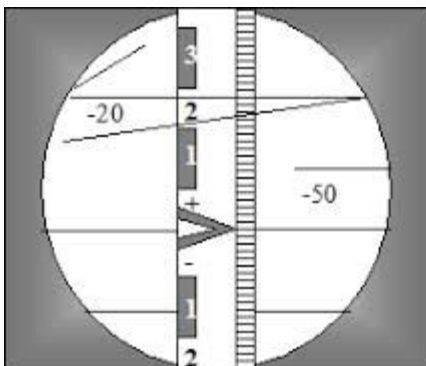


Выбор точек для тахеометрической съёмки

Оборудование, применяемое при тахеометрической съёмке

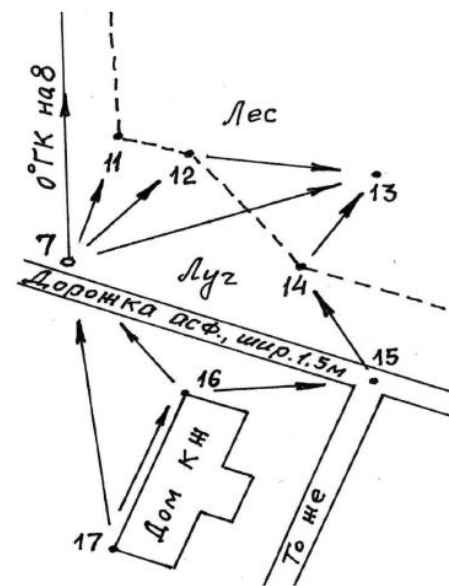
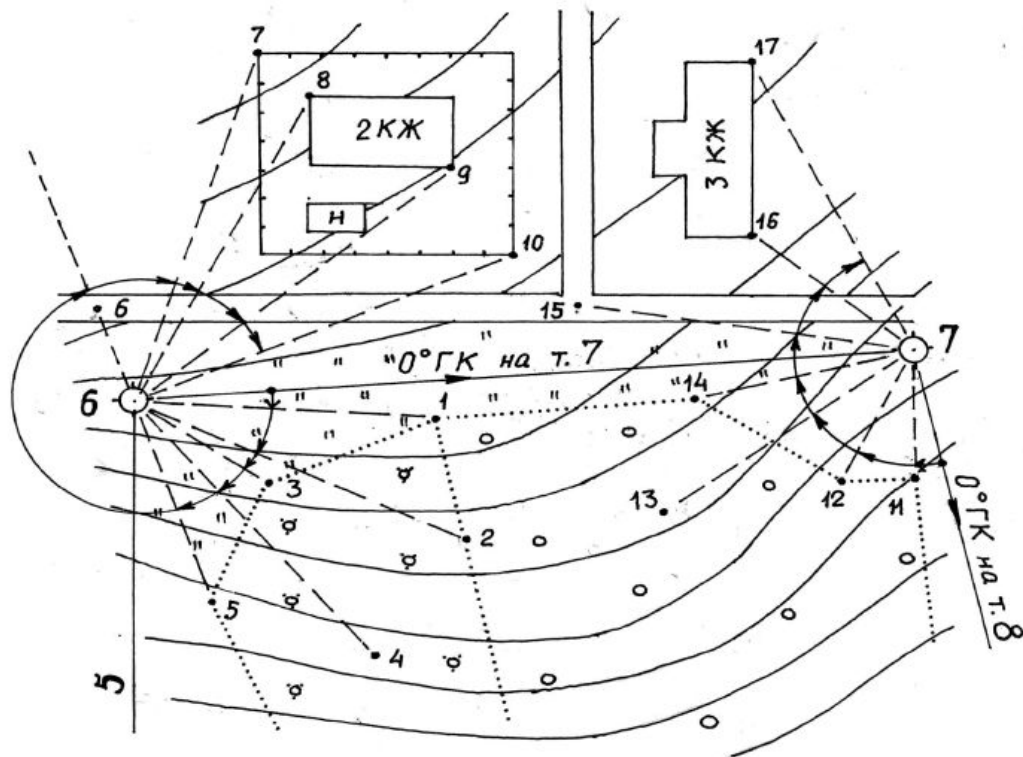


Теодолит-
тахеометр типа
Theo-010A Delta

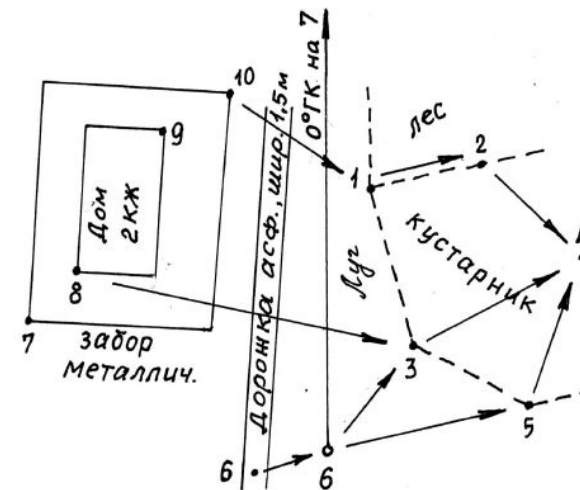


Trimble M3

Схема работы на станции тахеометрической съёмки



Абрис тахеометрической съёмки на станции 7



Абрис тахеометрической съёмки на станции 6

Пример ведомости тахеометрической съёмки

Журнал тахеометрической съёмки

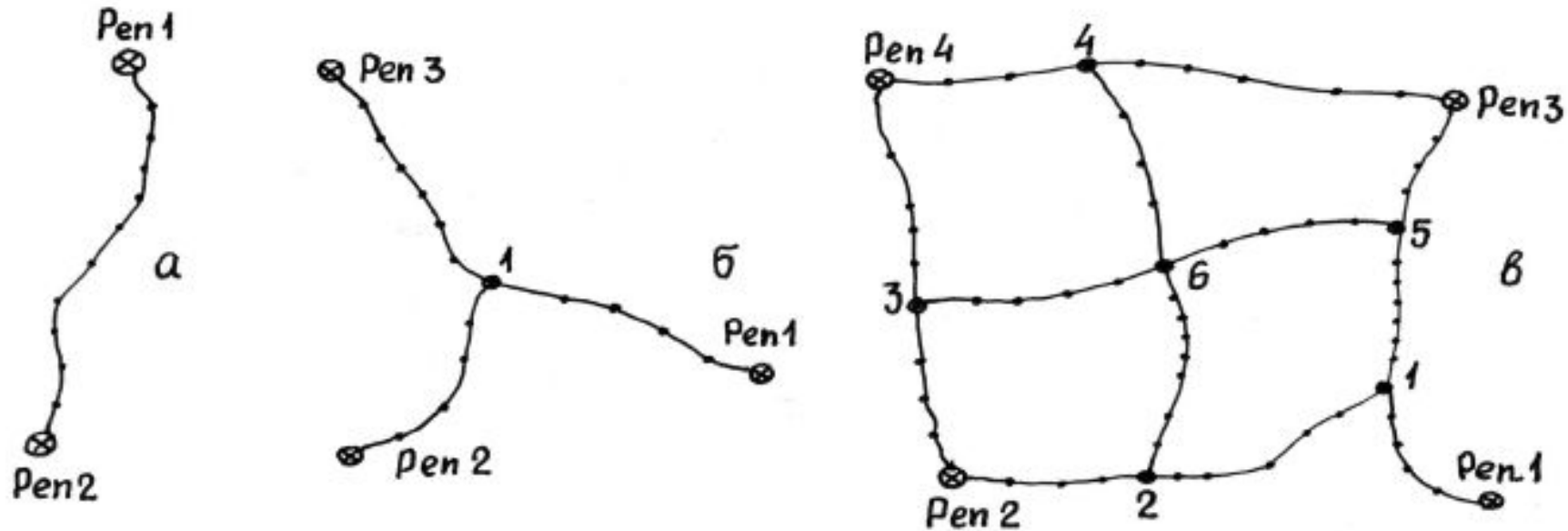
№ № точ- чек	Дально- мер, <i>kl</i> , м	Отсчеты		Угол накло- на, <i>v</i>	Гориз. пролож. <i>d</i> , м	Превы- шение, <i>h</i> , м	Высота, <i>H</i> , м	Примечания
		ГК	ВК					
Станция 6		0°ГК на точку 7			<i>i</i> = 1,46 м	<i>MO</i> = -0°02'	<i>H</i> ₆ = 79,78 м	
1	45,3	10°10'	-0°36'	-0°34'	45,3	-0,45	79,3	Граница леса куст. и луга
2	57,2	32°05'	-1°02'	-1°00'	57,2	-2,04	77,7	Гр. леса и куст. <i>V</i> = 2,5 м
3	24,9	45°00'	-2°43'	-2°41'	24,8	-1,16	78,6	Гр. куст. и луга
4	58,5	60°03'	-3°28'	-3°26'	58,3	-4,04	75,7	Куст. <i>V</i> = 2,0 м
5	37,9	82°40'	-5°54'	-5°52'	37,5	-3,85	75,9	Гр. куст. и луга
6	14,4	255°24'	+6°38'	+6°40'	14,2	+1,66	81,4	Дорожка
7	61,6	291°16'	+3°22'	+3°24'	61,4	+3,65	83,4	Забор(угол)
8	56,2	301°42'	+3°00'	+3°02'	56,0	+2,96	82,7	Дом(угол)
9	63,0	330°45'	+1°00'	+1°02'	63,0	+1,13	80,9	Дом(угол)
10	63,3	342°36'	+0°22'	+0°24'	63,3	+0,45	80,2	Забор(угол)
Станция 7		0°ГК на точку 8			<i>i</i> = 1,52 м	<i>MO</i> = -0°01'	<i>H</i> ₇ = 76,64 м	
11	24,3	20°04'	-3°48'	-3°47'	24,2	-1,60	75,0	Гр.леса и луга
12	27,3	46°11'	-2°07'	-2°06'	27,3	-1,00	75,6	То же
13	49,8	75°18'	+0°38'	+0°39'	49,8	+0,59	77,2	Лес, <i>V</i> =1,5 м
14	36,6	94°56'	+2°26'	+2°27'	36,5	+1,56	78,2	Гр.леса и луга
15	53,4	118°39'	+3°11'	+3°12'	53,2	+2,97	79,6	Пересеч. дорожек
16	32,2	144°30'	+4°49'	+4°50'	32,0	+2,71	79,4	Угол дома
17	55,6	174°23'	+3°49'	+3°50'	55,4	+3,7	80,4	То же

Техническое нивелирование

С помощью технического нивелирования определяют высоты пунктов съёмочного обоснования, нивелируют профили для линейных сооружений, геофизические профили, поверхности местности сравнительно большой площади.

Ходы геометрического нивелирования прокладывают между двумя исходными реперами в виде одиночных ходов, между тремя и более исходными реперами в виде разветвлённых систем нивелирных ходов с одной или несколькими узловыми точками. Замкнутые нивелирные ходы, опирающиеся только на один исходный репер прокладывают только в исключительных случаях.

Виды ходов геометрического нивелирования



Допустимые длины ходов

Характеристика хода	Допустимая длина хода (км) при высоте сечения рельефа (м)		
	0,25 м	0,50 м	1,00 м
Между двумя исходными пунктами	2	8	16
Между исходным пунктом и узловой точкой	1,5	6	12
Между двумя узловыми точками	1	4	8

Допустимые длины ходов высотного обоснования определяются как высотой сечения рельефа, заданной для топографической съёмки, так и характеристиками самих ходов

Техническое нивелирование выполняется также при инженерных изысканиях для проектирования строительства с целью получения информации о рельефе местности. При проектировании различных линейных сооружений (дорог, трубопроводов, ЛЭП, каналов и т. п.) техническое нивелирование называется продольным или нивелированием трассы. Часто при проектировании строительства производят техническое нивелирование площади по квадратам, либо другим методом.

**Продолжение в следующей
лекции
Спасибо за внимание**