

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЛЕСА»

---

**Е.В.Щербакова, А.В.Тибуков.**

## **ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА**

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом  
университета в качестве учебно-методического пособия  
для студентов по направлениям 35.03.01, 35.03.04, 35.03.10

3-е издание



Москва  
Издательство Московского государственного университета леса  
2009

УДК 528  
Б90

*Разработано в соответствии с Государственным образовательным стандартом ВПО 2000 г. Для направления подготовки 260100 и 260400 на основе примерной программы дисциплины «Инженерная геодезия»*

Рецензент: В.Д. Ломов, проф. каф.«Лесоводства и подсочки леса»

Работа подготовлена на кафедре геодезии и строительного дела

**Тахеометрическая съемка:**

T24 учебно-методическое пособие к лабораторным работам.– 3-е изд. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. – 42 с.

УДК528

## Введение

Целью лабораторных работ по теме "Тахеометрическая съемка" является изучение студентами методики выполнения полевых и камеральных работ по тахеометрической съемке, а также составление по материалам этой съемки топографического плана в масштабе 1:2 000 с сечением рельефа через 1 метр.

Для выполнения работы студенту выдается задание, содержащее исходные данные, журнал измерения углов, журнал тахеометрической съемки, ведомость вычисления координат, ведомость вычисления отметок точек теодолитно–высотного хода и абрис.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Студенту предлагается обработать результаты полевых геодезических измерений по прокладке замкнутого теодолитного хода, с точек которого произведена тахеометрическая съемка местности (рис. 1а). Ход привязан к полигонометрическим пунктам пп 7, пп 6, пп 11 (рис. 1б).

Для определения *координат точек* хода на каждой из них теодолитом 2Т–30 измерены правые по ходу горизонтальные углы, а стальной 20–метровой лентой измерены длины линий между точками.

Для определения *высотного положения точек* хода между ними измерены вертикальные углы.

Результаты полевых измерений по проложению теодолитно–высотного хода приведены в журнале измерения углов.

Результаты съемки местности с точек теодолитного хода даны в журнале тахеометрической съемки и абрисе.

Лабораторные работы следует начинать с изучения приборов и инструментов, используемых при тахеометрической съемке (теодолит 2Т–30, стальная 20-метровая лента, эккер, эклиметр, рейки, вешки). Только после этого можно приступить к обработке результатов полевых измерений в журнале измерения углов.

Данные, полученные в результате обработки журнала, используются затем для вычисления координат точек теодолитно-высотного хода в ведомости вычисления координат, а также для определения высот точек хода в ведомости вычисления отметок точек теодолитно-высотного хода.

По вычисленным координатам точки теодолитно-высотного хода наносят на лист чертежной бумаги с предварительно разбитой сеткой квадратов и в дальнейшем используют их для построения плана местности по обработанным данным журнала тахеометрической съемки и абрисам.

В результате выполнения лабораторных работ студент должен представить:

- оформленные журналы полевых измерений ("Журнал измерения углов", "Журнал тахеометрической съемки");
- "Ведомость вычисления координат";
- "Ведомость вычисления отметок точек теодолитно-высотного хода";
- топографический план в масштабе 1:2 000, вычерченный тушью и оформленный в соответствии с "Условными знаками" ГУГК, М., 1973 г.

Порядок выполнения задания представлен ниже.

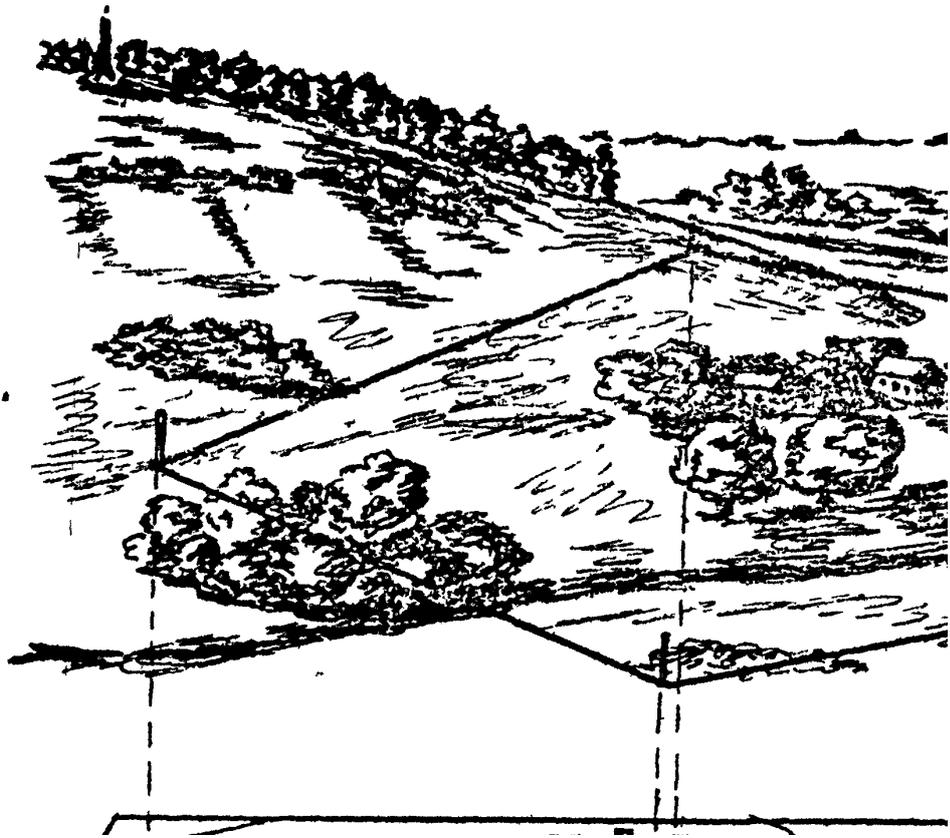


Рис. 1 а

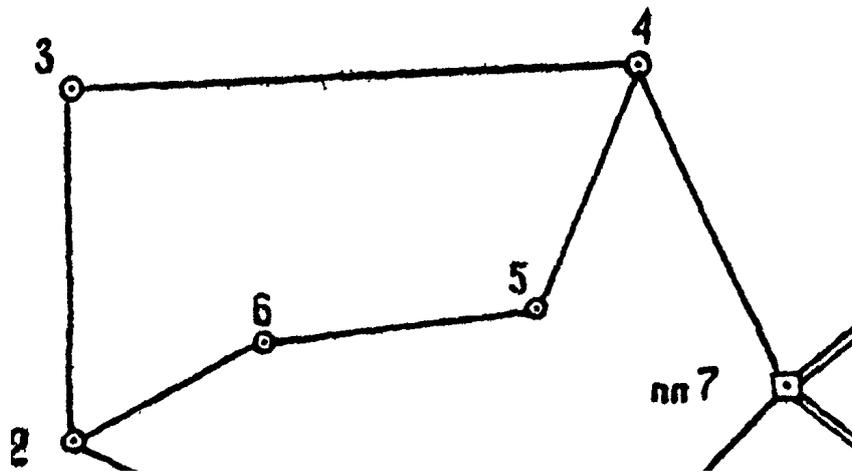


Рис. 1 б

## 1. ОБРАБОТКА ЖУРНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ

Страница журнала измерения углов, приведенная в табл. 1, содержит отсчеты, снятые по горизонтальному и вертикальному кругам теодолита в процессе измерения углов на точке пп 7 (рис. 1), а также результаты измерения длин линий между точками пп 7–1 и пп 7–4. По данным журнала студент должен вычислить значения горизонтальных углов на точках теодолитного хода, длины его сторон и вертикальные углы.

### 1.1. Вычисление горизонтальных углов

На точке пп 7, имеющей четыре направления, горизонтальные углы измерены способом *круговых приемов* при двух положениях трубы (КЛ и КП).

Первый полуприем выполнен при положении вертикального круга теодолита слева от трубы (при КЛ) с установкой нулевого отсчета лимба на точку пп 6, выбранную за начальное направление. Вращением алидады по часовой стрелке труба последовательно наводилась на точки пп 11, 1, 4, полученные при этом отсчеты по горизонтальному кругу  $51^{\circ}16'$ ,  $188^{\circ}03'$ ,  $318^{\circ}42'$  записаны в графе 4 журнала. Первый полуприем закончен на исходной точке пп 6.

Отсчет при замыкании не должен отличаться от первого более, чем на одну минуту.

В примере, рассмотренном в таблице 1, отсчеты, полученные на точке пп 6 в начале и в конце первого полуприема, одинаковые  $0^{\circ}00'$ . Для выполнения второго полуприема при КП труба поворотом вокруг своей оси на  $180^{\circ}$  переводится через зенит. Вращением алидады против часовой стрелки произведено визирование на точки в обратном порядке. Отсчеты по горизонтальному кругу  $180^{\circ}01'$ ,  $138^{\circ}43'$ ,  $8^{\circ}04'$ ,  $231^{\circ}17'$ ,  $180^{\circ}01'$ , полученные при этом, также записаны в графе 4. Как и в первом полуприеме, расхождения при замыкании на начальное направление (точку пп 6) не имеется.

Обработку результатов измерений рекомендуется производить в следующем порядке:

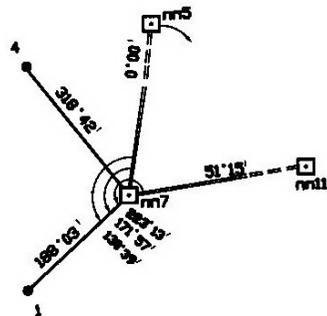
1. По отсчетам, полученным из двух полуприемов, на каждое направление найти средний отсчет, вычитая при этом из отсчетов при КП  $180^{\circ}$  (графа 5).

Например, на точку пп 6 среднее из отсчетов  $0^{\circ}00'$  (КЛ) и  $180^{\circ}01'$  (КП) получится  $0^{\circ}00,5'$ , на точку пп 11 –  $51^{\circ}16,5'$  и т.д.

## Страница из журнала измерения углов

Дата 7 августа 2006 г. Погода облачная Наблюдатель Петров Журналист Серов

№ станции	№, № точек визирования	Полуприем	Горизонтальный круг						№, № точек визирования	Полуприем	Вертикальный круг						
			Отсчеты		Угол из 1-го и 2-го полуприемов		Средний угол				Отсчеты		Место нуля		Вертикальный угол		
			о	'	о	'	о	'			о	'	о	'	±	о	'
1	2	3	4		5		6		7	8	9		10		11		
пп 7 i = 1,49 м	пп 6	КЛ	0	00	0	00,5			1 v = 1,60 м	КЛ	- 0	25	0	01	-	0	26
		КП	180	01	0	00,5	0	00			0	27					
	пп 11	КЛ	51	16					4 v = 1,60 м	КЛ	- 0	41	0	00	-	0	41
		КП	231	17	51	16,5	51	16			0	41					
	1	КЛ	188	03					4 v = 1,60 м	КЛ	- 0	41	0	00	-	0	41
		КП	8	04	188	03,5	188	03			0	41					
	4	КЛ	318	42					4 v = 1,60 м	КЛ	- 0	41	0	00	-	0	41
		КП	138	43	318	42,5	318	42			0	41					
пп 6	КЛ	0	00														
	КП	180	01	0	00,5												



Длины сторон	Стороны		
	пп 7 - 1	пп 7 - 4	
Прямое измерение	202,45	168,08	
Обратное измерение	202,37	168,04	
Средняя длина	202,41	168,06	
Угол наклона отрезка	-	3°30' на 55 м	
Поправка за наклон	-	-0,10	
Горизонтальное положение	202,41	167,96	

Вычисления  
проверил:

Иванов

2. Над первой строкой средних отсчетов записать и подчеркнуть отсчет на начальное направление, полученный как среднее из первого ( $0^{\circ}00,5'$ ) и последнего ( $0^{\circ}00,5'$ ) результатов в графе 5.

3. В графу 6 записать приведенные отсчеты на каждое направление, вычитая из каждого среднего отсчета подчеркнутый средний отсчет на начальное направление.

Например, на точке пп 6:  $0^{\circ}00,5' - 0^{\circ}00,5' = 0^{\circ}00'$ ;

на точке пп 11:  $51^{\circ}16,5' - 0^{\circ}00,5' = 51^{\circ}16'$  и т.д.

Приведенные отсчеты используют затем для вычисления любого угла, составленного двумя направлениями, как это показано на схеме в табл. 1.

**Пример.** По данным журнала (таблица 1) определить правый по ходу угол с вершиной в точке пп 7 между направлениями на точку пп 6 и точку 1.

$$\beta_{\text{пр}} = 360^{\circ} - (188^{\circ}03' - 0^{\circ}00') = 171^{\circ}57'.$$

Способом *круговых приемов* определены углы на точках теодолитного хода пп 7, 2 и 4 (рис. 1).

На пунктах 1, 3, 5, 6, имеющих по два направления, углы измерены *способом приемов* (табл. 2).

Страница журнала, помещенная в табл. 2, содержит результаты измерения углов на точках 1 и 2 теодолитного хода способом приемов. Каждый из указанных углов измерен дважды: при КЛ и КП. При этом в первом полуприеме (КЛ) труба сначала наведена на заднюю по ходу точку, затем на переднюю точку. Во втором полуприеме при КП визирование на точки хода производится в обратном порядке.

Так как лимб теодолита 2Т–30 оцифрован по часовой стрелке (рис. 2), то значение правого по ходу угла в полуприеме получают, вычитая из отсчета на заднюю точку отсчет на переднюю точку.

Если первый отсчет окажется меньше второго, то к нему нужно прибавить  $360^{\circ}$ .

Допустимое расхождение значений углов, полученных в полуприемах –  $1'$ .

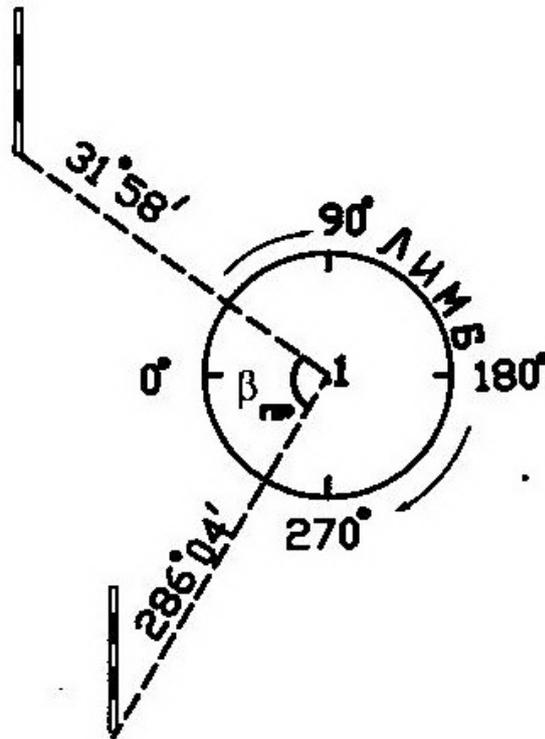


Рис. 2

**Пример.** В журнале измерения углов (табл. 2) вычислить измеренный на точке 1 правый по ходу угол

$$1 \text{ полуприем (КЛ)} \beta'_{\text{пр}} = 152^{\circ}17' - 46^{\circ}24' = 105^{\circ}53'.$$

$$2 \text{ полуприем (КП)} \beta''_{\text{пр}} = (360^{\circ} + 31^{\circ}58') - 286^{\circ}04' = 105^{\circ}54'$$

(рис. 2). Расхождение результатов, полученных в полуприемах, не превышает допустимой величины – 1', поэтому среднее из них является окончательным значением угла  $\beta_{\text{пр}} = 105^{\circ}53,5'$ .

### 1.2. Вычисление длин сторон теодолитного хода

Расстояния между точками теодолитного хода измерены стальной 20-метровой лентой в прямом и обратном направлении. Допустимое расхождение между результатами измерения одной стороны – 1/2000 или 5 см на каждые 100 метров длины линии.

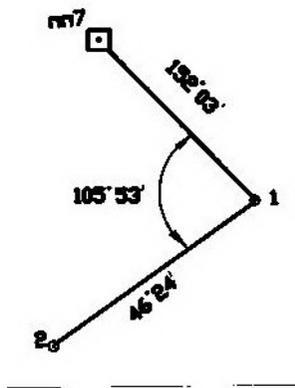
При выполнении данного условия за окончательный результат принимается среднее арифметическое из двух измерений линии.

**Пример.** При измерении стороны пп 7–1 (табл. 1) в прямом направлении получен результат 202,45 м, в обратном – 202,37 м. Расхождение между ними  $\Delta S$  равно 0,08 м, что составляет от всей длины линии  $S_{\text{ср}}$  величину, меньшую 1/2000.

## Страница из журнала измерения углов

Дата 7 августа 2006 г. Погода облачная Наблюдатель Петров Журналист Серов

№ станции	№, № точек визирования	Полуприем	Горизонтальный круг						Вертикальный круг									
			Отсчеты		Угол из 1-го и 2-го полуприемов		Средний угол		Отсчеты		Место нуля		Вертикальный угол					
			о	'	о	'	о	'	О	'	о	'	±	о	'			
1	2	3	4		5		6		7	8	9		10		11			
пп 7 i = 1,50 м	пп 7 2	КЛ	152	17	105	53	105	53,5	пп 7 v=1,80	КЛ	0	34	0	00,5	+	0	33,5	
			46	24							КП	-0						33
	пп 7 2	КП	31	58	105	54			2	v=1,80	КЛ	0	19	0	00,5	+	0	18,5
			286	04								КП	-0					
	1 3	КЛ	264	35	113	06	113	06	1	v=1,80	КЛ	-0	06	0	00,5	-	0	06,5
			151	29								КП	0					
	1 3	КП	109	03	113	06			3	v=1,80	КЛ	0	30	0	00	+	0	30
			355	57								КП	-0					



Длины сторон

	Стороны		
	1-2	2-3	
Прямое измерение	185,61	184,95	
Обратное измерение	185,53	185,01	
Средняя длина	185,57	184,98	
Угол наклона отрезка	-	-	
Поправка за наклон	-	-	
Горизонтальное положение	185,57	184,98	

Вычисления проверил:

Иванов

$$\frac{\Delta S}{S_{\text{ср}}} = \frac{0,08}{202,41} = \frac{1}{2530} < \frac{1}{2000}.$$

Следовательно, вероятнейшая длина линии равна среднему значению из двух измерений 202,41 м.

Так как топографический план является уменьшенной проекцией местности на горизонтальную плоскость, то для сторон теодолитного хода, имеющих угол наклона  $\nu$  больше  $1,5^\circ$ , необходимо вычислить *горизонтальное проложение*.

Пример. Определить горизонтальное проложение стороны теодолитного хода пп 7–4 (табл. 1), измеренной прямо и обратно ( $S_{\text{пр}} = 168,08$  м,  $S_{\text{обр}} = 168,04$  м), если известно, что на ее участке  $S_2$  длиной в 55 метров угол наклона  $\nu$  составляет  $3^\circ 30'$ . Схема линии дана на рис. 3.

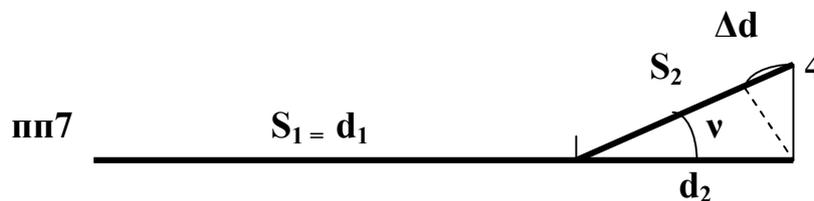


Рис. 3

$S$  – измеренная длина линии,  $S = S_1 + S_2$ ;

$S_1$  – горизонтальный участок линии;

$S_2$  – наклонный участок линии;

$d_2$  – горизонтальное проложение наклонного участка;

$d$  – горизонтальное проложение всей длины линии,  $d = d_1 + d_2$ ;

$\Delta d$  – поправка за наклон участка линии,  $\Delta d = S_2 - d_2$ .

Задача по определению горизонтального проложения линии решается в следующем порядке:

1. Проверить, допустимо ли расхождение между результатами измерения линии в прямом и обратном направлениях,

$$\frac{\Delta S}{S_{\text{ср}}} = \frac{168,08 - 168,04}{168,06} = \frac{1}{4200} < \frac{1}{2000}.$$

2. На участке с углом наклона  $\nu = 3^\circ 30'$  вычислить горизонтальное проложение  $d_2$

$$d_2 = S_2 \cdot \cos \nu = 55 \cdot \cos 3^\circ 30' = 55 \cdot 0,9981 = 54,90 \text{ м.}$$

3. Определить поправку  $\Delta d$  в длину линии  $S$  за наклон

$$\Delta d = S_2 - d_2 = 55 - 54,90 = 0,10 \text{ м.}$$

4. Ввести поправку  $\Delta d$  в длину линии, т.е. определить горизонтальное проложение линии пп 7–4

$$d = d_1 + d_2 = S_{cp} - \Delta d = 168,06 - 0,10 = 167,96 \text{ м.}$$

5. Результаты вычисления записать в журнал (табл. 1).

Поправку  $\Delta d$  можно определить по специально составленным таблицам.

### 1. 3. Вычисление вертикальных углов (углов наклона $v$ )

Вертикальные углы между точками теодолитного хода измерялись для определения высотного положения точек. При этом горизонтальная нить трубы наводилась на верх вехи, установленной на этих точках, при двух положениях трубы КЛ и КП.

В табл. 1 даны отсчеты по вертикальному кругу при измерении углов наклона с точки пп 7 на точки 1 и 4, на которых для этой цели были установлены вехи высотой в 1,60 м.

Обработку результатов измерения вертикальных углов начинают с определения *места нуля* на каждой станции (месте установки теодолита) по формуле:

$$MO = 0,5 (Л + П).$$

При вычислении  $MO$  следует помнить, что его значение должно быть близким к нулевому отсчету по вертикальному кругу.

Контролем правильности вычисления места нуля является его постоянство на всех станциях с отклонением от среднего значения не более двойной точности прибора (для теодолита 2Т–30 – 1').

Значение места нуля записывают в соответствующую графу "Журнала измерения углов".

Пример. При измерении вертикального угла с точки пп 7 на точку 1 (табл. 1) получены отсчеты по вертикальному кругу при КЛ  $-0^{\circ}25'$ , при КП  $0^{\circ}27'$ . Определить по данным отсчетам место нуля.

$$MO = 0,5 (-0\ 25 + 0\ 27) = 0\ 01$$

Углы наклона  $v$  для теодолита 2Т–30 вычисляют по формулам:

$$v = Л - MO ; \quad v = MO - П ; \quad v = 0,5 (Л - П).$$

**Пример.** Для отсчетов по вертикальному кругу, приведенных в предыдущем примере, определить угол наклона  $v$ , если  $MO = 0^{\circ}01'$ .

$$v = Л - MO = (-0^{\circ}25' - 0^{\circ}01') = -0^{\circ}26'.$$

Вычисленные углы наклона  $\nu$  записывают в графу журнала "Вертикальные углы".

## 2. ОФОРМЛЕНИЕ ВЕДОМОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ

В ведомости вычисления координат определяют местоположение точек теодолитного хода решением *прямой геодезической задачи*.

Если известны координаты  $X, Y$  точки пп 7, дирекционный угол или румб направления на точку 1, а также горизонтальное проложение до нее, то в соответствии с рис. 4 координаты точки 1 можно найти по формулам:

$$X_1 = X_{\text{пп}7} + \Delta X_{\text{пп}7-1};$$

$$Y_1 = Y_{\text{пп}7} + \Delta Y_{\text{пп}7-1};$$

где  $\Delta X_{\text{пп}7-1} = d \cdot \cos\alpha$ ;                      где  $\Delta Y_{\text{пп}7-1} = d \cdot \sin\alpha$ .

По этим формулам последовательно вычисляют координаты всех точек теодолитного хода, используя в качестве исходных данных координаты полигонометрического пункта 7 и дирекционные углы направлений пп 6 – пп 7, пп 11 – пп 7 из задания № 4, горизонтальные проложения и горизонтальные углы из журнала измерения углов.

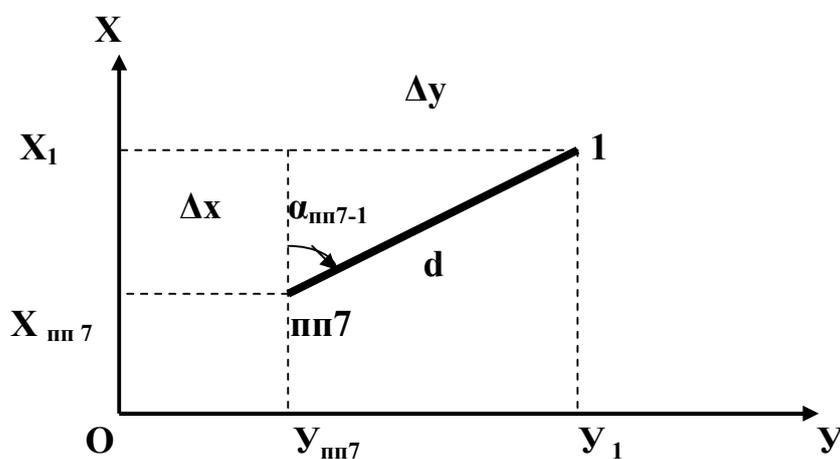


Рис. 4

Эти данные записывают в графы 1, 2 и 6 ведомости (табл.3).

В первой графе через строчку проставляют номера точек теодолитного хода основного и диагонального.

Во вторую графу напротив точки выписывают из журнала измерения углов среднее значение правого по ходу угла, измеренного на данной точке (на т. 1 –  $105^{\circ}53,5'$ , на т. 2 –  $113^{\circ}06,0'$  и т.д.).

В графу 6 выписывают длины линий, располагая их в строке между соответствующими номерами точек.

Обработку ведомости выполняют в следующем порядке:

1. Уравнивание углов основного и диагонального ходов (графы 2, 3).
2. Вычисление дирекционных углов и румбов (графы 4, 5).
3. Вычисление приращений координат основного и диагонального ходов (графы 7, 8).
4. Уравнивание приращений координат основного и диагонального ходов (графы 9, 10).
5. Вычисление координат точек (графы 11, 12).

### 2.1. Уравнивание углов основного теодолитного хода

Результаты геодезических измерений должны удовлетворять геометрическим требованиям. Так как *основной ход* образует замкнутый многоугольник, то теоретическая сумма его внутренних углов должна равняться

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^\circ(n - 2),$$

где  $n$  – число углов в многоугольнике.

Однако, из-за ошибок измерений сумма измеренных значений углов  $\Sigma\beta_{\text{изм}}$  отличается от теоретической на величину *невязки*

$$f_\beta = \Sigma\beta_{\text{изм}} - \Sigma\beta_{\text{теор}}.$$

Невязка не должна превышать допустимого значения

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

в противном случае углы следует перемерить.

Если же угловая невязка допустима, ее распределяют с обратным знаком между измеренными углами поровну

$$g_{\text{поправка}} = \frac{-f_\beta}{n}.$$

При этом проверяют, чтобы сумма поправок была равна невязке с противоположным знаком

$$[v] = -f_\beta.$$

При наличии угла с короткими сторонами в него вводят несколько большую поправку, так как на точность измерения такого угла оказывают

более сильное влияние ошибки центрирования теодолита и вех на точках визирования.

Поправки вычисляют до десятых долей минуты и записывают над каждым измеренным углом (см. табл. 3). Затем вычисляют *исправленные* углы, прибавляя поправки с учетом их знака к измеренным углам.

При правильном введении поправок сумма исправленных значений углов должна равняться теоретической.

## 2.2. Вычисление дирекционных углов и румбов

Для ориентирования теодолитного хода и определения координат его вершин на точке пп 7, кроме внутреннего угла основного хода, измерены *примычные* углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$ , составленные направлениями на пункты геодезической сети пп 6, пп 11 и начальной стороной хода пп 7–1 (рис. 5).

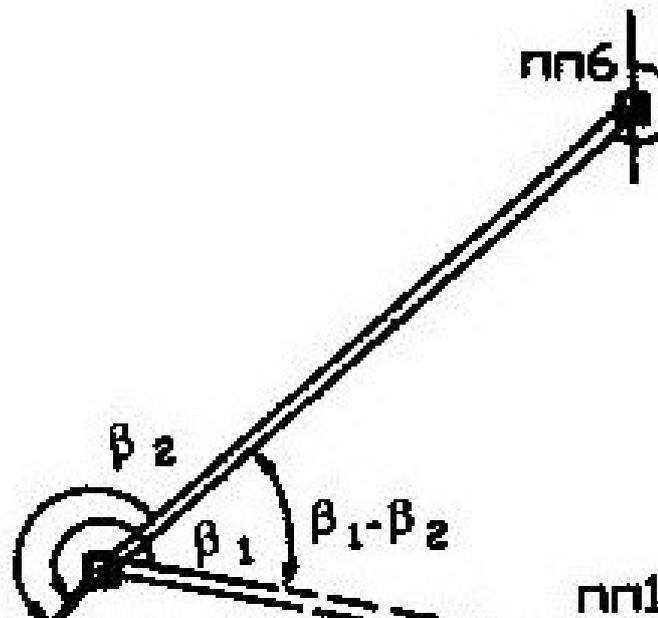


Рис. 5

Разность измеренных примычных углов  $\beta_1 - \beta_2$  (табл. 1) не должна отличаться от разности дирекционных углов  $\alpha_{11-7} - \alpha_{6-7}$  более чем на 1 мин.

**Пример.** В "Журнале измерения углов" (табл. 1) на точке пп 7 вычислены примычные углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  ( $\beta_1 = 223^\circ 13'$ ,  $\beta_2 = 171^\circ 57'$ ). Сравнить разность примычных углов  $\beta_1 - \beta_2$  с разностью дирекционных углов  $\alpha_{11-7} - \alpha_{6-7}$ , значения которых записаны в исходных данных задания № 4 ( $\alpha_{11-7} = 244^\circ 49,5'$ ,  $\alpha_{6-7} = 193^\circ 32,5'$ ).

$$\beta_1 - \beta_2 = 223^\circ 13' - 171^\circ 57' = 51^\circ 16';$$

$$\alpha_{11-7} - \alpha_{6-7} = 244^\circ 49,5' - 193^\circ 32,5' = 51^\circ 17';$$

$$(\beta_1 - \beta_2) - (\alpha_{11-7} - \alpha_{6-7}) = 51^\circ 16' - 51^\circ 17' = -1'.$$

Следовательно, примычные углы измерены с требуемой точностью.

По примычным углам  $\beta_1, \beta_2$  и исходным дирекционным углам  $\alpha_{11-7}, \alpha_{6-7}$  дважды вычисляют дирекционный угол начальной стороны теодолитного хода 7-1 по формуле

$$\alpha_{7-1} = \alpha_{11-7} + 180^\circ - \beta_{пр},$$

поясняемой рис. 6.

Для общего случая формула запишется следующим образом:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_{пр}.$$

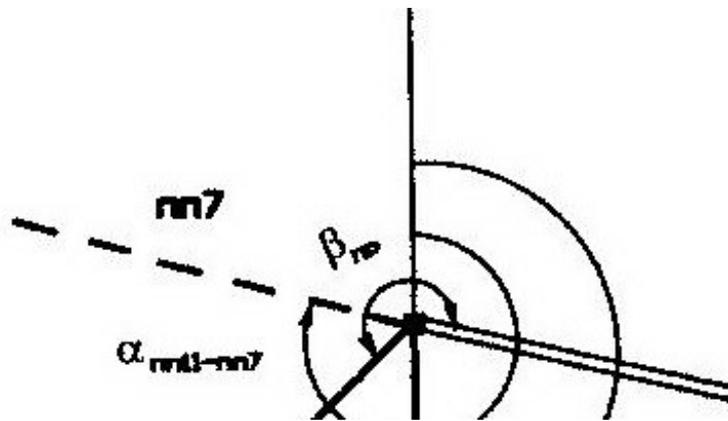


Рис. 6

Дирекционный угол последующей стороны теодолитного хода равен дирекционному углу предыдущей стороны **плюс**  $180^\circ$  и **минус** правый по ходу угол  $\beta_{пр}$  между предыдущей и последующей сторонами.

$$\alpha_{7-1} = \alpha_{6-7} + 180^\circ - \beta_2 = 193^\circ 32,5' + 180^\circ - 171^\circ 57' = 201^\circ 35,5';$$

$$\alpha_{7-1} = \alpha_{11-7} + 180^\circ - \beta_1 = 244^\circ 49,5' + 180^\circ - 223^\circ 13' = 201^\circ 36,5'.$$

Окончательным является среднее значение дирекционного угла

$$\alpha_{7-1} = 201^\circ 36' \text{ (см. табл. 3).}$$

Имея дирекционный угол начальной стороны  $\alpha_{7-1}$  и исправленные углы на точках хода, последовательно определяют дирекционные углы всех сторон теодолитного хода.

Если при этом вычисленное значение дирекционного угла окажется больше  $360^\circ$ , то от него нужно отнять  $360^\circ$ .

## Ведомость вычисления координат

№№ то- чек	Измерен- ные углы $\beta_{изм}$	Исправлен- ные углы, $\beta_{испр}$	Дирекцион- ные углы, $\alpha$	Румбы, R	Длины гори- зонтальных приложений, м	Приращения координат, м				Координаты, м			
						Вычисленные		Исправленные		X	Y		
						$\Delta x$	$\Delta y$	$\Delta x$	$\Delta y$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
пп 6			Вычисление дирекционного угла стороны пп 7-1										
		193°32,5'											
пп 7	171°57'												
		201°35,5'											
1													
пп11													
		244°49,5'											
пп 7	223°13'												
		201°36,5'	Среднее значение $\alpha_{пп7-1} = 201°36'$										
1													
пп 7			Основной ход									3385,15	4252,50
	-0,4		201°36,0'	юз 21°36,0'	202,41	-0,06	-0,05	-188,26	-74,56				
1	105°53,5'	105°53,1'				-188,20	-74,51			3196,89	4177,94		
	-0,4		275°42,9'	сз 84°17,1'	185,57	+18,48	-184,65	+18,43	-184,69				
2	113°06,0'	113°05,6'				-0,05	-0,04			3215,32	3993,25		
	-0,4		342°37,3'	сз 17°22,7'	184,98	+176,54	-55,25	+176,49	-55,29				
3	103°38,0'	103°37,6'				-0,08	-0,07			3391,81	3937,96		
	-0,4		58°59,7'	св 58°59,7'	275,84	+142,09	+236,43	+142,01	+236,36				
4	86°45,5'	86°45,1'				-0,04	-0,04			3533,82	4174,32		
	-0,4		152°14,6'	юв 27°45,4'	167,96	-148,63	+78,22	-148,67	+78,18				
пп 7	130°39,0'	130°38,6'								3385,15	4252,50		
			201°36,0'	юз 21°36,0'									
1	540°02,0'	540°00'			1016,76	+0,28	+0,24	0	0				
	$\Sigma\beta_{изм}$	$\Sigma\beta_{испр}$			L	$f_x$	$f_y$	$\Sigma\Delta x$	$\Sigma\Delta y$				
$\Sigma\beta_{теор} = 180^\circ(n-2) = 540^\circ$ $f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор} = +0^\circ02'$ $f_{\beta\partial on} = \pm 1\sqrt{n} = \pm 1'\sqrt{5} = \pm 2,2'$ ; $f_\beta =  2'  < f_{\beta\partial on} =  2,2' $						$f_{abc} = \pm\sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \pm 037$ $f_{отн} = \frac{f_{abc}}{L} = \frac{0,37}{1016,76} = \frac{1}{2750} < \frac{1}{2000}$							

Для контроля в конце хода повторно определяют дирекционный угол исходной стороны, его значение должно быть равно заданному ( $201^{\circ}36'$ ).

Переход от дирекционных углов к румбам осуществляют по формулам взаимосвязи дирекционных углов и румбов (рис. 7).

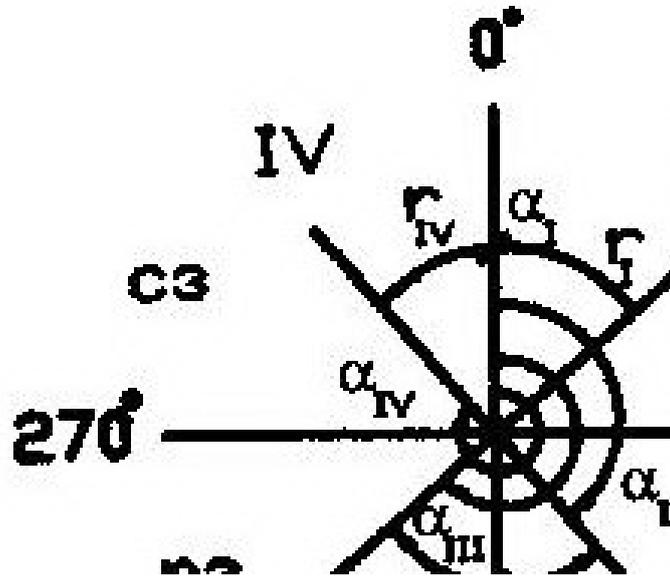


Рис. 7

**Пример** вычисления дирекционных углов и румбов сторон теодолитного хода.

$\alpha_{7-1}$	$  \begin{array}{r}  201^{\circ}36,0' \\  + \quad 180^{\circ} \\  \hline  381^{\circ}36,0' \\  - \quad 105^{\circ}53,1' \\  \hline  275^{\circ}42,9' \\  + \quad 180^{\circ} \\  \hline  455^{\circ}42,9' \\  - \quad 113^{\circ}05,6' \\  \hline  342^{\circ}37,3' \\  + \quad 180^{\circ} \\  \hline  522^{\circ}37,3' \\  - \quad 103^{\circ}37,6' \\  \hline  418^{\circ}59,7' \\  - \quad 360^{\circ} \\  \hline  58^{\circ}59,7' \\  + \quad 180^{\circ} \\  \hline  \end{array}  $	ЮЗ $21^{\circ}36'$ ;  СЗ $84^{\circ}17,1'$  СЗ $17^{\circ}22,7'$ ;  СВ $58^{\circ}59,7'$ ;
----------------	---	--

	238°59,7'	
	- 86°45,1'	
$\alpha_{4-7}$	152°14,6'	ЮВ 27°45,4';
	+ 180°	
	332°14,6'	
	- 130°38,6'	
Контроль $\alpha_{7-1}$	201°36,0'	ЮЗ 21°36'.

Вычисленные до десятых долей минуты значения дирекционных углов и румбов записывают в графы 4 и 5 ведомости, на строках между соответствующими точками.

### 2.3. Уравнивание углов диагонального хода

Уравнивание углов диагонального хода (табл. 4) производится по формулам, применяемым для разомкнутого хода:

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = \alpha_{\text{н}} - \alpha_{\text{к}} = 180^\circ n;$$

$$f_{\beta} = \Sigma\beta_{\text{изм}} - \Sigma\beta_{\text{теор}};$$

$$f_{\beta\text{доп}} = \pm 2' \sqrt{n},$$

где  $\alpha_{\text{н}}$  – дирекционный угол начальной стороны хода ( $\alpha_{3-4}$  табл. 3);

$\alpha_{\text{к}}$  – дирекционный угол конечной стороны хода ( $\alpha_{2-3}$  табл. 3);

$n$  – число углов хода, не включая примычные углы.

Пример. Для диагонального хода в табл. 4 вычислить теоретическую сумму углов

$$\begin{aligned} \Sigma\beta_{\text{теор}} &= \alpha_{\text{н}} - \alpha_{\text{к}} + 180^\circ \cdot n = 58^\circ 59,7' - 342^\circ 37,3' + 180^\circ \cdot 2 = 76^\circ 22,4' + 360^\circ = \\ &= 436^\circ 22,4'. \end{aligned}$$

### 2.4. Вычисление приращений координат

Приращения координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$  вычисляют по формулам прямой геодезической задачи (стр. 13) на электронных машинах или на микрокалькуляторах до сотых долей метров.

При вычислении приращений значения синусов и косинусов дирекционных углов или румбов выбирают из таблиц натуральных значений функций.

Знаки приращений координат определяют в зависимости от значения дирекционного угла или названия румба в соответствии с рис. 8.

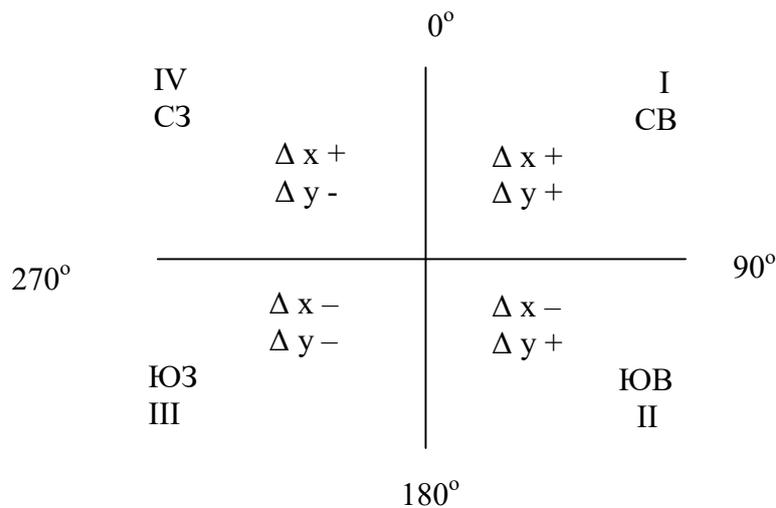


Рис. 8

На микрокалькуляторе определение приращений координат выполняют в следующем порядке:

1. Значение дирекционного угла выразить в градусах, т. е. перевести минуты в десятые доли градуса.

**Пример.**  $\alpha_{7-1} = 201^\circ 36,0' = 201^\circ + (36,0' : 60') = 201^\circ + 0,6^\circ = 201,6^\circ;$   
 $\alpha_{1-2} = 275^\circ 42,9' = 275^\circ + (42,9' : 60') = 275^\circ + 0,715^\circ =$   
 $= 275,175^\circ.$

2. Найти функцию  $\cos$  ( $\sin$ ) дирекционного угла и умножить ее на длину соответствующей стороны.

**Пример.** (Табл. 3)

$$\Delta x_{7-1} = 201,6^\circ \cdot \boxed{F} \boxed{\cos} \boxed{x} 202,41 = -188,20 \text{ м};$$

$$\Delta y_{7-1} = 201,6^\circ \cdot \boxed{F} \boxed{\sin} \boxed{x} 202,41 = -74,51 \text{ м}.$$

Для общего случая алгоритм вычисления приращений координат запишется в таком виде:

$$\Delta x = \alpha^\circ \boxed{F} \boxed{\cos} \boxed{x} d;$$

$$\Delta y = \alpha^\circ \boxed{F} \boxed{\sin} \boxed{x} d.$$

## 2.5. Уравнивание приращений координат основного хода

Вычисленные приращения координат записывают в графы 7 и 8 ведомости напротив соответствующих линий и проверяют сумму приращений координат (табл. 3).

Таблица 4

## Ведомость вычисления координат

№№ то- чек	Измерен- ные углы $\beta_{\text{изм}}$	Исправ- ленные углы,	Дирекци- онные углы, $\alpha$	Румбы, r	Длины гори- зонтальных приложений, м	Приращения координат, м				Координаты, м	
						Вычисленные		Исправленные		X	Y
						$\Delta x$	$\Delta y$	$\Delta x$	$\Delta y$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Диагональный ход											
3	+0,6		58°59,7'	св 58°59,7'							
4	55°53,0'	55°53,6'				-0,05	+0,06			3533,82	4174,32
	+0,6		183°06,1'	юз 3°06,1'	154,98	-154,75	-8,39	-154,80	-8,33		
5	110°14,5'	110°15,1'				-0,04	+0,06			3379,02	4165,99
	+0,6		252°51,0'	юз 72°51,0'	131,22	-38,69	-125,38	-38,73	-125,32		
6	232°02,0'	232°02,6'				-0,04	+0,06			3340,29	4040,67
	+0,6		200°48,4'	юз 20°48,4'	133,65	-124,93	-47,48	-124,97	-47,42		
2	38°10,5'	38°11,1'								3215,32	3993,25
			342°37,3'	сз 17°22,7'							
3											
	436°20,0'	436°22,4'			419,85	-318,37	-181,25				
	$\Sigma\beta_{\text{изм}}$	$\Sigma\beta_{\text{испр}}$			L	$\Sigma\Delta x_{\text{выч}}$	$\Sigma\Delta y_{\text{выч}}$				
$\Sigma\beta_{\text{теор}} = \alpha_{\text{н}} - \alpha_{\text{к}} + 180^\circ \cdot n$ $f_{\beta_{\text{доп}}} = \pm 2' \sqrt{n} = \pm 4'$ $f_{\beta} =  2,4'  < f_{\beta_{\text{доп}}} =  4' $ $f_{\beta} = \Sigma\beta_{\text{изм}} - \Sigma\beta_{\text{теор}} = -2,4'$			$\Sigma\Delta x_{\text{теор}} = x_2 - x_4 = 3215,32 - 3533,82 = -318,50$ $\Sigma\Delta y_{\text{теор}} = Y_1 - Y_4 = 3993,25 - 4174,32 = -181,07$ $f_x = \Sigma\Delta x_{\text{выч}} - \Sigma\Delta x_{\text{теор}} = +0,13$ $f_y = \Sigma y_{\text{выч}} - \Sigma y_{\text{теор}} = -0,18$ $f_{\text{абс}} = \pm \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \pm 0,22$ $f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{L} = \frac{0,22}{419,85} = \frac{1}{1900} < \frac{1}{1500}$								

В замкнутом ходе она должна быть равна нулю, однако, из-за погрешностей в измерениях длин линий хода имеют место невязки:

$$f_x = \Sigma \Delta x, f_y = \Sigma \Delta y.$$

**Абсолютная** или фактическая невязка определяется по формуле

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

Ее отношение к периметру  $L$  хода дает величину относительной невязки, допустимое значение которой не должно превышать  $1/2000$ :

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{L} \leq \frac{1}{2000}.$$

Если относительная невязка допустима, то невязку распределяют, вводя поправки в приращения координат с обратным знаком пропорционально длинам сторон по формуле:

$$g_i = \frac{-f_{xy}}{L} \cdot d_i.$$

**Пример.** В основном ходе (табл. 3) невязка  $f_x = +0,28$  м, вычислить поправки в приращения координат:

$$g_1 = \frac{-0,28 \text{ м}}{1016,56 \text{ м}} \cdot 202,41 \text{ м} = -0,06 \text{ м};$$

$$g_2 = \frac{-0,28 \text{ м}}{1016,56 \text{ м}} \cdot 185,75 \text{ м} = -0,05 \text{ м};$$

$$g_3 = \frac{-0,28 \text{ м}}{1016,56 \text{ м}} \cdot 184,98 \text{ м} = -0,05 \text{ м};$$

$$g_4 = \frac{-0,28 \text{ м}}{1016,56 \text{ м}} \cdot 275,84 \text{ м} = -0,08 \text{ м};$$

$$g_5 = \frac{-0,28 \text{ м}}{1016,56 \text{ м}} \cdot 167,96 \text{ м} = -0,04 \text{ м}. \quad [g_x] = -0,28 \text{ м}.$$

Поправки  $g$  вычисляют до сотых долей метра, записывают над приращениями координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$ .

Сумма поправок  $[g_x]$  и  $[g_y]$  должна равняться невязкам с обратным знаком

$$[g_x] = -f_x; \quad [g_y] = -f_y.$$

Прибавляя поправки к соответствующим приращениям, получают исправленные приращения координат, сумма которых в замкнутом ходе должна равняться нулю.

## 2.6. Уравнивание приращений координат диагонального хода

Невязки приращений координат в диагональном ходе вычисляются по формулам, применяемым для уравнивания координат точек в разомкнутых ходах:

$$f_x = \Sigma \Delta x - (x_k - x_n);$$

$$f_y = \Sigma \Delta y - (y_k - y_n),$$

где  $x_k, y_k$  – координаты конечной точки диагонального хода (т. 2);

$x_n, y_n$  – координаты начальной точки диагонального хода (т. 4).

Допустимая величина относительной невязки в диагональном ходе не должна превышать

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P} \leq \frac{1}{1500}.$$

Пример уравнивания приращений координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$  в диагональном ходе дан в табл. 4.

## 2.7. Вычисление координат точек теодолитного хода

Координаты точек теодолитного хода вычисляют по формулам прямой геодезической задачи, при этом за исходные принимают координаты точки пп 7, записанные в исходных данных задания № 4.

**Пример.**

X (таблица 3)

$X_7$ – задана	<u>3385,15</u>	пп 7
	<u>-188,26</u>	
$X_1 = X_7 + \Delta x_{7-1}$	3196,89	1
	<u>+18,43</u>	
$X_2 = X_1 + \Delta x_{1-2}$	3215,32	2
	<u>+176,49</u>	
$X_3 = X_2 + \Delta x_{2-3}$	3391,81	3
	<u>+142,01</u>	
$X_4 = X_3 + \Delta x_{3-4}$	3533,82	4
	<u>-148,67</u>	
$X_7 = X_4 + \Delta x_{4-7}$	3385,15	пп 7 Контроль

Аналогично вычисляют координаты Y.

Контролем правильности вычисления координат  $X$ ,  $Y$  точек теодолитного хода является получение в результате вычислений исходных координат точки пп 7.

Ведомость вычисления координат точек теодолитного хода заполняется в соответствии с образцом (табл. 3, 4) и сдается на проверку преподавателю.

### 3. ОФОРМЛЕНИЕ ВЕДОМОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОТМЕТОК ТОЧЕК ТЕОДОЛИТНО-ВЫСОТНОГО ХОДА

Высоты точек теодолитного хода вычисляют по формулам тригонометрического нивелирования с использованием углов наклона  $v$  и горизонтальных проложений из журнала измерения углов, а также – отметки  $H_7$  полигонометрического пункта 7 из исходных данных.

На рис. 9 пояснен способ тригонометрического нивелирования применительно к заданному ходу. На пункте пп 7, высота которого известна, теодолитом Т-30 измерен угол наклона  $v$  и горизонтальное проложение  $d_{7-1}$ .

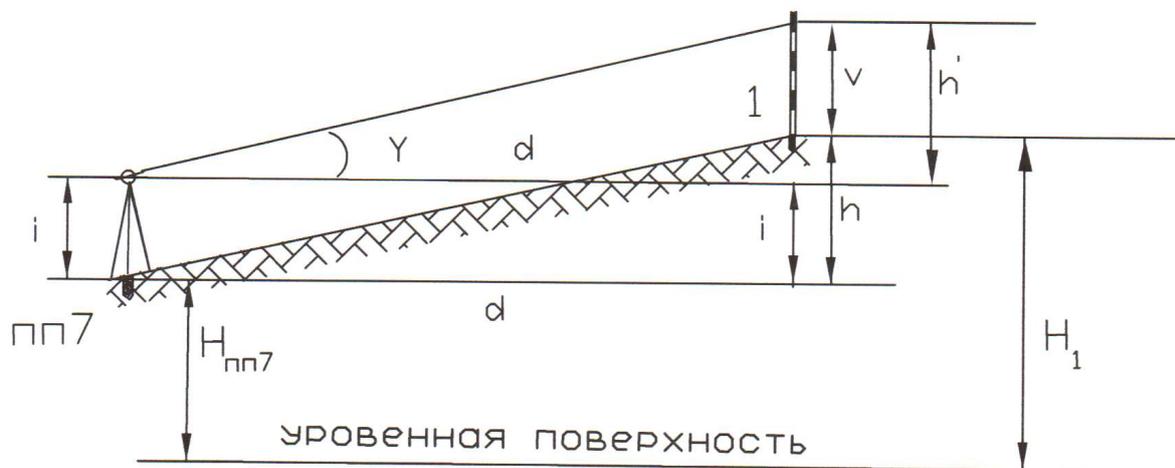


Рис. 9

Согласно чертежу

$$H_1 = H_7 + h_{1-7};$$

$$h_{1-7} = h' + i - v + f;$$

$$h' = d \cdot \operatorname{tg} v,$$

где  $i$  – высота прибора на станции (табл. 1);

$v$  – высота вехи, установленной на точке 1 (табл. 6);

$f$  – поправка за кривизну земли и рефракцию, которая вводится при  $d = 300$  м и более.

Величины  $h$  и  $h'$  вычисляют на микрокалькуляторах или с помощью таблиц натуральных значений функций до 0,01 м, при этом знак величины  $h'$  совпадает со знаком угла наклона  $v$ .

**Пример.** Из табл. 1 известно, что с пп 7 на точку 1 угол наклона  $v$  составляет  $-0^{\circ}26'$ , расстояние – 202,41 м. Определить превышение между точками, если  $i = 1,49$  м, а  $v = 1,60$  м.

$$h' = d \cdot \operatorname{tg} v = 202,41 \cdot 0,00756 = -1,53 \text{ м};$$

$$h = h' + i - v = -1,53 + 1,49 - 1,60 = -1,64 \text{ м}.$$

Превышения  $h$  основного и диагонального ходов выписывают в графы 3, 4 ведомости (табл. 5), проверяют расхождения между прямым и обратным превышениями. Превышения между двумя точками, полученные в прямом и обратном измерениях, должны отличаться не более 4 см на каждые 100 метров расстояния.

Если указанный допуск выдержан, то вычисляют средние превышения, оставляя у них знак прямого.

Так как основной ход замкнутый, то сумма превышений в нем должна равняться нулю, в диагональном же ходе – разности высот второй и четвертой точек основного хода.

Из-за погрешностей в измерениях вертикальных углов сумма превышений не равна указанной величине, а отличается от нее на величину невязки, которая не должна превышать допустимой величины

$$f_{h \text{ доп}} = \pm 20 \sqrt{L} \text{ см},$$

где  $L$  - длина хода в километрах.

Если невязка  $f_h$  допустима, то ее распределяют в превышения с обратным знаком пропорционально длинам линий.

Сумма поправок должна быть равна невязке с обратным знаком.

Прибавляя к средним превышениям поправки, получают исправленные превышения, по которым вычисляют отметки точек теодолитного хода.

Таблица 5

## Ведомость вычисления отметок точек теодолитно-высотного хода

№№ точек	Горизонтальные проложения	Превышения		Средние превышения	Поправки	Исправленные превышения	Отметки станции Н, м
		прямые	обратные				
1	2	3	4	5	6	7	8
Основной ход							
пп 7							153,65
	202,41	-1,64	+1,67	-1,66	-0,04	-1,70	
1							151,95
	185,57	+0,70	-0,66	+0,68	-0,03	+0,65	
2							152,60
	184,98	+1,31	-1,33	+1,32	-0,03	+1,29	
3							153,89
	275,84	-2,26	+2,29	-2,28	-0,05	-2,33	
4							151,56
	167,96	+2,09	-2,13	+2,11	-0,02	+2,09	
пп 7							153,65
$\Sigma (+h) = 4,11$ $\Sigma (-h) = 3,94$ $f_h = +0,17$ $f_{h_{дон}} = \pm 20\sqrt{L} = 20\sqrt{1} = \pm 20\text{см}$							
Диагональный ход							
4							151,56
	154,98	-0,78	+0,78	-0,78	+0,03	-0,75	
5							150,81
	131,22	-0,69	+0,69	-0,69	+0,03	-0,66	
6							150,15
	133,65	+2,45	-2,40	+2,42	+0,03	+2,45	
2							152,60
$\Sigma h_{изм} = +0,95$ $\Sigma h_{теор} = H_2 - H_4 = +1,04$ $f_h = \Sigma h_{изм} - \Sigma h_{теор} = -0,09$							

$$H_1 = H_7 + h_{1-7} \quad \underline{153,65 \text{ м}} - 1,7 \text{ м} = 151,95 \text{ м};$$

$$H_2 = H_1 + h_{2-1} \quad 151,95 \text{ м} + 0,65 \text{ м} = 152,60 \text{ м};$$

$$H_3 = H_2 + h_{3-2} \quad 152,60 \text{ м} + 1,29 \text{ м} = 153,89 \text{ м};$$

$$H_4 = H_3 + h_{4-3} \quad 153,89 \text{ м} - 2,33 \text{ м} = 151,56 \text{ м};$$

$$H_7 = H_4 + h_{7-4} \quad 151,56 \text{ м} + 2,09 \text{ м} = \underline{153,65 \text{ м}} \quad \text{Контроль}$$

Для контроля в конце хода снова вычисляют отметку пп 7, она должна равняться исходной.

#### 4. ОБРАБОТКА ЖУРНАЛА ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

При тахеометрической съемке плановое положение точек местности определяют полярным способом (в полярных координатах), высотное – тригонометрическим нивелированием посредством измерения вертикального угла.

В табл. 6 приведена страница тахеометрического журнала с результатами съемки местности, выполненной с точки 1 теодолитного хода.

После установки теодолита на станции визированием на точку пп 7 при КЛ ( $0^{\circ}34'$ ) и КП ( $- 0^{\circ}33'$ ) было определено место нуля вертикального круга ( $МО = 0^{\circ}00,5'$ ). Затем при КЛ нуль лимба горизонтального круга был ориентирован на заднюю точку хода – пп 7, выбранную за начальное направление. Вращением по часовой стрелке труба наводилась на съемочные пикетные точки 1, 2, 3, 4 и т. д. в соответствии с абрисом (рис. 10).

На каждую пикетную точку измерено расстояние по дальномеру, горизонтальный и вертикальный углы. Результаты измерения этих величин даны в графах 3, 4, 5 журнала.

Обработку тахеометрического журнала рекомендуется выполнять в следующем порядке.

1. Вычислить место нуля вертикального круга по формуле:

$$МО = 0,5 ( Л + П )$$

2. Определить углы наклона  $v = Л - МО$ ;

3. По формулам тригонометрического нивелирования определить превышения  $h$  на пикетные точки и горизонтальные проложения  $d$ :

$$h = h' + i - v;$$

$$h' = \frac{1}{2}S \cdot \sin 2v;$$

$$d = S \cdot \cos^2 v,$$

где  $i$  – высота прибора на станции;  
 $v$  – высота вехи на точке визирования;  
 $v$  – угол наклона;  
 $S$  – дальномерное расстояние.

Таблица 6

## Страница из тахеометрического журнала

Станция           1            
 Отметка станции 151,95 м  
 Нуль лимба ориентирован на пункт пп 7  
 Коэффициент дальномера 100

КЛ 0°34'  
 КП - 0°33'  
 М0 0°00,5'

Дата 16 августа 2006 г.  
 Высота инструмента 1,50 м  
 Наблюдатель Иванов  
 Журналист Ломова

Полуприем	№№ точек визирования	Наклонные расстояния	Отсчеты				Место нуля М0		Угол наклона $\nu$			Горизонтальное проложение, $d_m$	Превышение из таблицы		Высота знака	Превышение		Отметки пикетов $H_m$	№ точек визирования
			по горизонтальному кругу		по вертикальному кругу								±	$h'_m$		±	$h_m$		
			о	'	о	'	о	'	±	о	'		±	$h'_m$		±	$h_m$		
1	2	3	4		5		6		7			8	9		10	11		12	13
КЛ	1	108	28	08	1	46	0	00,5	+	1	45,5	108	+	3,32	i	+	3,32	155,3	1
	2	79	36	42	1	15	0	00,5	+	1	14,5	79	+	1,71	"	+	1,71	153,7	2
	3	84	52	26	1	08			+	1	07,5	84	+	1,65	"	+	1,65	153,6	3
	4	55	87	11	0	44			+	0	43,5	55	+	0,70	"	+	0,70	152,7	4
	5	50	294	53	-0	07			-	0	07,5	50	-	0,12	"	-	0,12	151,8	5
	6	74	308	37	-0	01			-	0	01,5	74	-	0,03	"	-	0,03	151,9	6
	7	75	315	02	0	02			+	0	01,5	75	+	0,03	"	+	0,03	152,0	7
	8	76	323	24	0	06			+	0	04,5	76	+	0,10	"	+	0,10	152,1	8
	9	78	327	06	0	14			+	0	13,5	78	+	0,32	"	+	0,32	152,3	9
	10	62	344	50	1	15			+	1	14,5	62	+	1,35	"	+	1,35	153,3	10

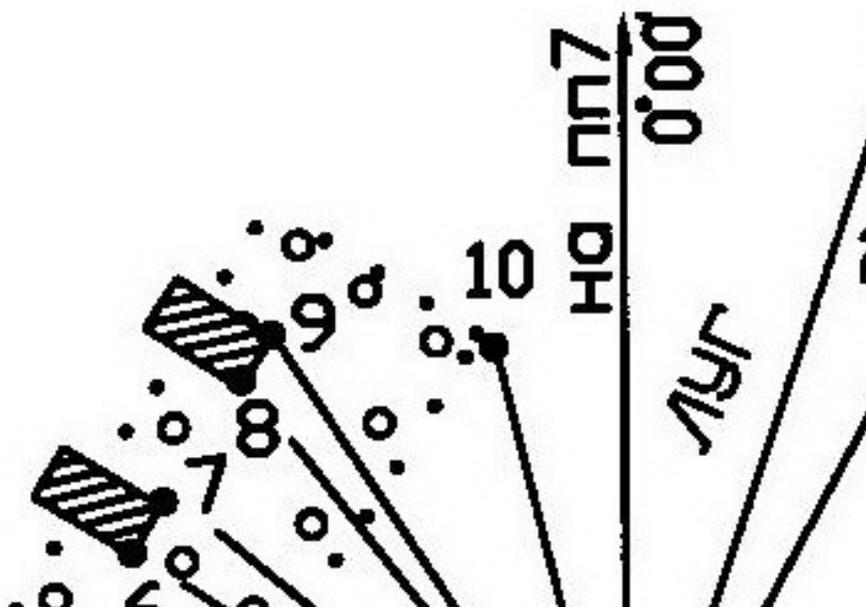


Рис. 10

Значения  $h'$  и  $d$  выбирают из "Тахеометрических таблиц" А.С. Никулина по дальномерному расстоянию  $S$  и вычисленному углу наклона  $v$ . Примеры пользования таблицами даны в их описании на страницах 8, 9.

Для упрощения вычислений величины  $h$  на рейке отмечают высоту теодолита  $i$ , на которую в дальнейшем при измерении вертикальных углов наводят среднюю горизонтальную нить трубы. Тогда в формуле превышений  $h = h' + i - v$ , величины  $i$  и  $v$  равны и, следовательно,  $h = h'$ .

4. Вычислить высоты пикетных точек, выбранных с первой станции (т. 1), прибавляя к отметке этой станции превышение между станцией и пикетом.

При вычислении высот пикетов, снятых со второй станции (т. 2), исходной отметкой будет отметка второй станции, т. е.

$$H_{\text{пикета}} = H_{\text{станции}} + h,$$

где  $H_{\text{станции}}$  – отметка станции (точки теодолитного хода) с которой измерен вертикальный угол на пикет;

$h$  – превышение между станцией и пикетом.

**Пример.** По данным табл. 6 вычислить высоту первой пикетной точки (точка визирования № 1).

Решение.

$$1. M0 = \underline{0^{\circ}34'} - 0^{\circ}33' = 0^{\circ}00,5' \text{ (графа 6, табл. 6).}$$

$$2. v = 1^{\circ}46' - 0^{\circ}00,5' = +1^{\circ}46,5' \text{ (графа 7).}$$

3. В “Тахеометрических таблицах” на странице, соответствующей дальномерному расстоянию  $S$  от станции до пикета (108 м), в пересечении столбика  $1^{\circ}$  и строки  $45'$  ( $v = 1^{\circ}45'$ ) дана величина  $h' = 3,30$  м. Для значения  $v = 1^{\circ}46'$ ,  $h' = 3,33$  м, следовательно, для  $v = 1^{\circ}45,5'$ ,  $h' = 3,32$  м (графа 9).

Так как при измерениях на пикет  $1 v = i$  (графа 10), то в соответствии с пояснениями  $h = h'$  (графа 11).

$$4. N_{\text{пикета}} = 151,95 + 3,32 = 155,27 \text{ м (графа 12).}$$

Отметка станции 151,95 выписана в тахеометрический журнал из ведомости теодолитно-высотного хода (табл. 5).

## 5. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА

### 5. 1. Построение сетки квадратов

Составление плана следует начинать с разбивки сетки квадратов  $40 \times 40$  см на листе чертежной бумаги форматом № 22. Для разбивки сетки используют металлическую линейку ЛБЛ или линейку Дробышева. Линейка ЛБЛ по всей длине имеет прорезы, расположенные через 8 см. На скошенном крае первой прорези нанесен штрих, пересечение штриха со скошенным краем является нулевым делением линейки. Скошенные края остальных прорезей представляют собой дуги окружностей радиусами 8, 16, 24, 32, 40 сантиметров, с центром в нулевой точке линейки. Скошенный край отверстия, подписанного Д-40, является дугой окружности, проведенной радиусом, равным (56, 57 см) диагонали квадрата  $40 \times 40$  см (рис. 11).

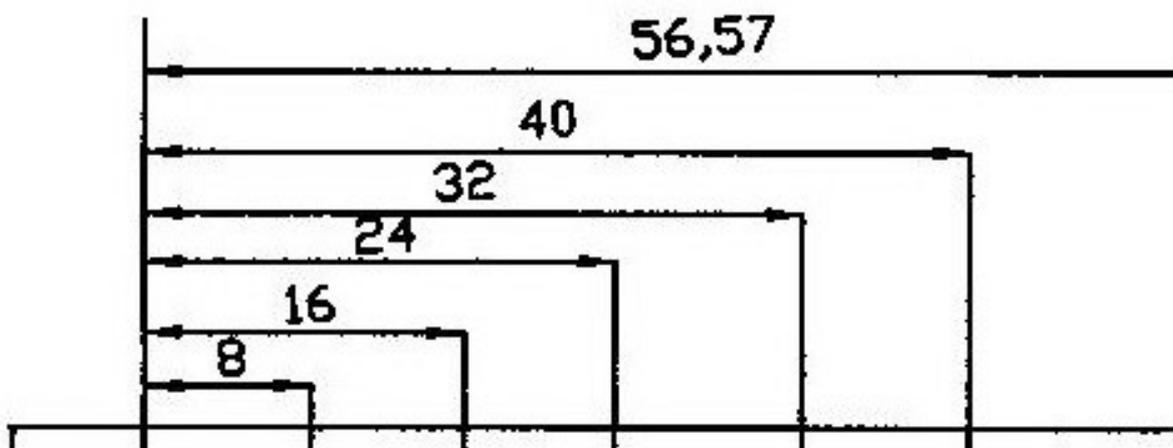


Рис. 11

В основе разбивки сетки с помощью линейки ЛБЛ лежат следующие геометрические построения (рис. 12):

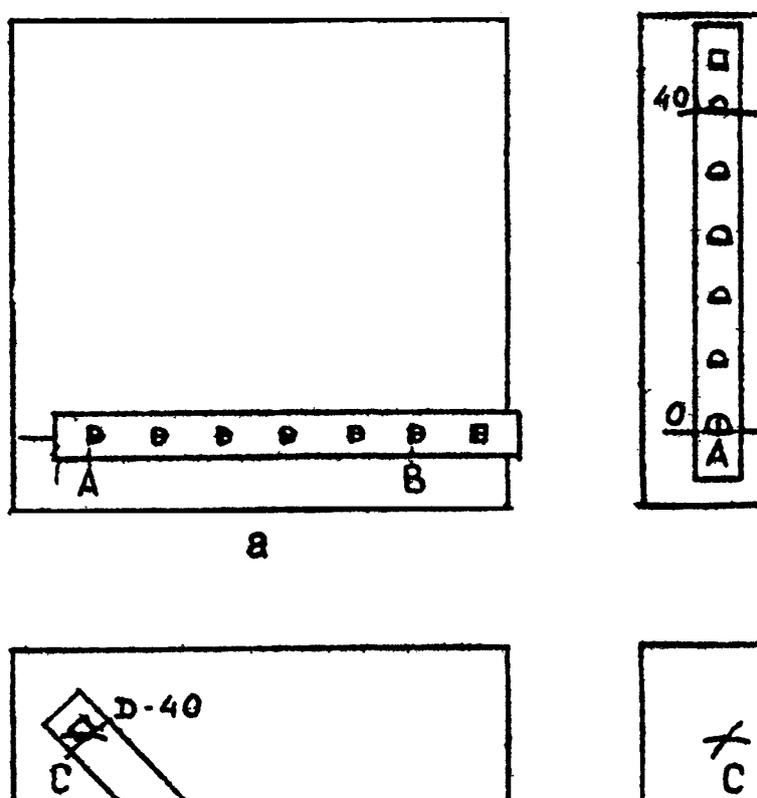


Рис. 12

1. Параллельно южной границе листа на расстоянии 8 см от нее провести карандашную линию.

2. Положить на линию линейку ЛБЛ так, чтобы линия была видна в прорезях линейки (рис. 12 а).

3. По скошенным краям нулевого и 40-го отверстия провести карандашом на линии штрихи, ограничивающие отрезок в 40 см (АВ).

4. Линейку уложить вдоль западного края листа так, чтобы нулевая точка совпала с точкой А отрезка АВ; по скошенному краю отверстия 40 провести дугу (рис. 12 б).

5. Нулевой штрих линейки совместить с точкой В, направить ее по диагонали будущего квадрата (рис. 12 в) и по скошенному краю отверстия Д-40 провести дугу, которая в пересечении с первой даст точку С квадрата.

6. Аналогично построить точку Д и проверить расстояние СД (рис. 12 г).

7. Стороны полученного квадрата ABCD линейкой Дробышева разделить на дециметровые отрезки. Одноименные деления на противоположных сторонах квадрата соединить тонкой карандашной линией, чтобы получить сетку дециметровых квадратов.

8. Измерителем проверить точность построения сетки. Сторона квадрата должна быть равна  $10 \text{ см} \pm 0,2 \text{ мм}$ .

## 5.2. Оцифровка сетки квадратов

При оцифровке сетки квадратов указывают абсциссы и ординаты горизонтальных и вертикальных линий сетки в системе плоских прямоугольных координат, исходя из условия, что в масштабе  $1 : 2000$  одному дециметру на плане соответствует 200 метров или 0,2 км на местности.

Оцифровать координатную сетку следует так, чтобы план снятого участка был расположен симметрично относительно краев листа. При этом нужно помнить, что ось абсцисс (X) в геодезии совпадает с направлением осевого меридиана.

Пример. Из ведомости вычисления координат точек теодолитного хода (табл. 3) известно, что точки основного хода имеют абсциссы:  $x_{\max} = 3,6 \text{ км}$ ,  $x_{\min} = 3,2 \text{ км}$ .

Для составления плана в масштабе  $1 : 2000$  оцифровать сетку квадратов по оси X так, чтобы точки  $x_{\max}$  и  $x_{\min}$  расположились симметрично относительно северного и южного краев листа. На рис. 13 представлена правильная оцифровка сетки квадратов для данного примера. Аналогично оцифрована сетка по оси Y.

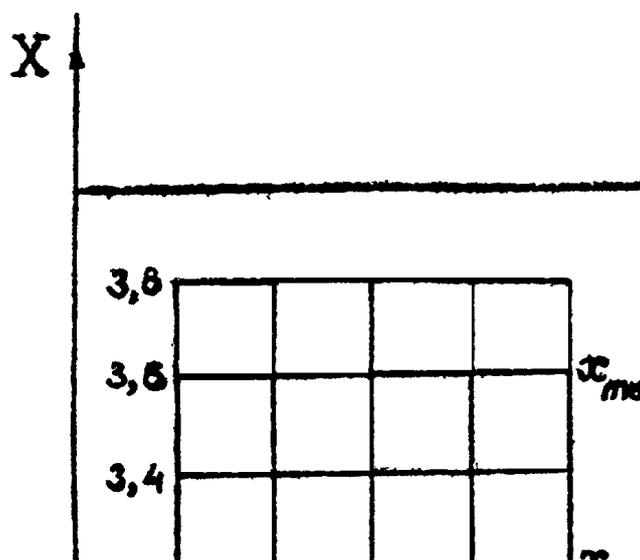


Рис. 13

### 5.3. Нанесение на план точек съемочного обоснования

Прежде чем наносить точку на план, нужно по значениям ее координат определить квадрат, в котором она должна находиться. Затем вычисляют разности абсцисс точки и южной стороны квадрата  $\Delta x$ . Например, абсцисса точки 1 равна 3385,15 м, значит точка 1 находится выше линии сетки с абсциссой 3,2 км или 3200 м на расстоянии  $\Delta x = 3385,15 - 3200 = 185,15$  м. Расстояние  $\Delta x$  откладывают в масштабе 1 : 2000 по западной и восточной сторонам квадрата (рис. 14), полученные точки соединяют линией, по которой от западной стороны квадрата откладывают в масштабе 1 : 2000 расстояние  $\Delta y$ , равное разности ординаты точки 1 и ординаты западной стороны квадрата  $\Delta y = 4252,5 - 4100 = 152,50$  м, таким образом получают положение на плане точки 1.

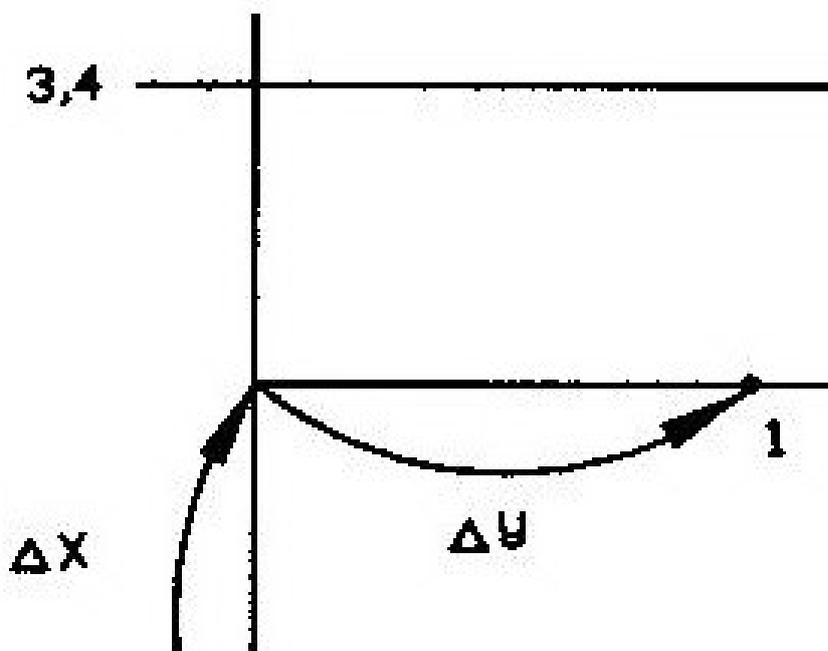


Рис. 14

После нанесения на план точек теодолитного хода необходимо проверить расстояния между ними. Расхождение в длине линии на плане не должно превышать 0,1 мм.

### 5.4. Нанесение на план пикетных точек

Пикетные точки наносят на план с помощью транспортира, измерителя и поперечного масштаба.

Чтобы определить положение пикетных точек на плане, нужно центр транспортира совместить с точкой теодолитного хода, с которой

производилась съемка местности, а нулевое деление транспортира направить на точку ориентирования нуля лимба теодолита при измерении горизонтальных углов на пикетные точки.

На рис. 15. рассмотрен пример нанесения пикетных точек, снятых с точки 1 теодолитного хода (табл. 6). В соответствии с записями тахеометрического журнала центр транспортира совмещен с точкой 1, а его нулевое деление направлено на точку пп 7.

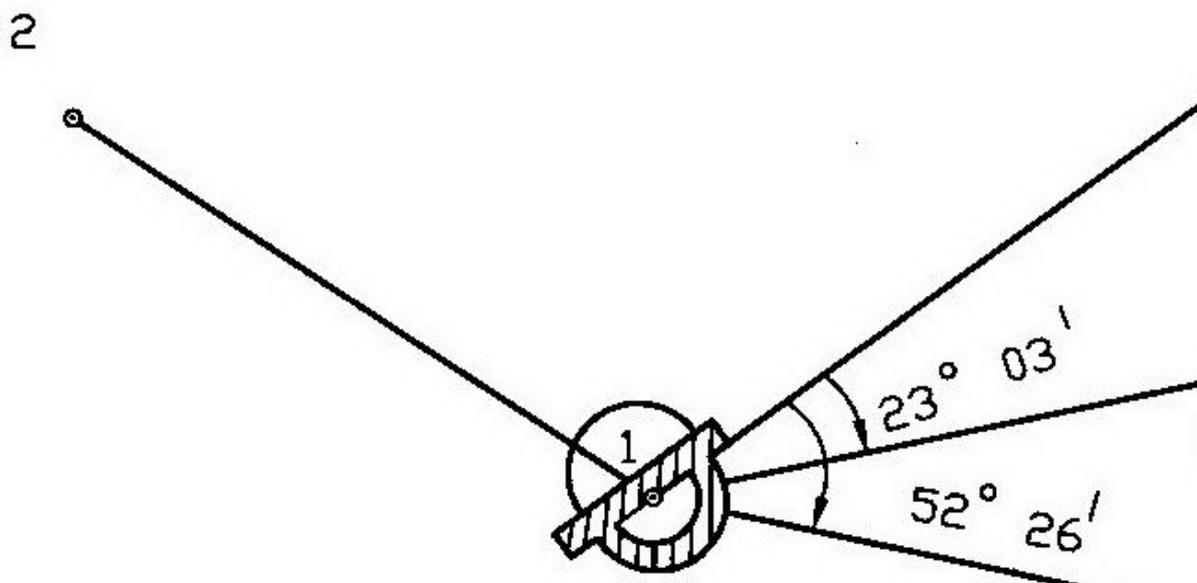


Рис. 15

От начального направления по часовой стрелке строят горизонтальный угол на пикетную точку ( $28^{\circ}08'$ ) и на полученном направлении с помощью поперечного масштаба и измерителя откладывают горизонтальное проложение  $d$  (108 м) от станции до пикета.

Все построения выполняются слабыми карандашными линиями, которые затем можно легко убрать ластиком. Пикетные точки подписываются дробным числом, в числителе которого стоит его номер, а в знаменателе – высота его до 0,1 м.

Полученные на плане пикетные точки соединяют сплошными или точечными линиями в соответствии с абрисом и таким образом воссоздают на плане контура объектов и границы угодий.

### 5.5. Нанесение на план результатов теодолитной съемки

В равнинных районах часто ограничиваются определением планового положения точек местности без определения их высот. Такая съемка называется плановой теодолитной.

При теодолитной съемке ситуацию снимают различными способами: полярным, способом перпендикуляров или прямоугольных координат, способом угловой и линейной засечки. Примеры на каждый из них представлены в абрисе задания.

**Полярный** способ ничем не отличается от способа, применяемого при тахеометрической съемке, разница заключается лишь в том, что при теодолитной съемке на пикетные точки не измеряются вертикальные углы для определения высот точек.

На план точки, снятые этим способом, наносятся так же, как пикетные точки при тахеометрической съемке.

Способ **перпендикуляров** или прямоугольных координат обычно применяется для съемки контура или объекта, вытянутого вдоль стороны теодолитного хода (рис. 16).

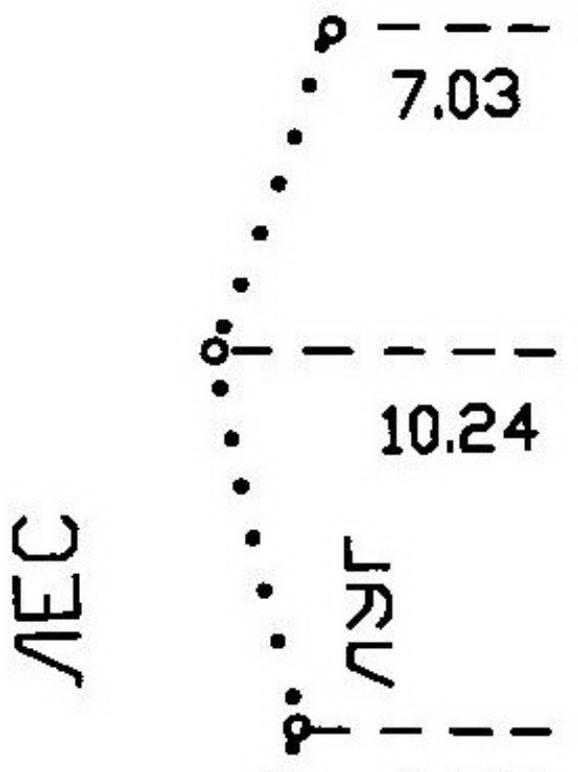


Рис. 16

В таком случае сторона теодолитного хода (1-2) условно принимается за ось X с началом отсчета в одной из точек (т. 1).

В выбранной условной системе определяют на местности координаты (X, Y) всех контурных точек промерами, выполняемыми с помощью ленты и рулетки. По этим промерам точки контура наносят на план (рис. 16). От начальной точки вдоль стороны теодолитного хода

откладывают измерителем в масштабе плана первый отрезок – координату  $X$  (61,87 м), от полученной точки по перпендикуляру – координату  $Y$  (8,75 м). Таким образом находят на плане положение первой точки контура, а затем и всех остальных, последовательно соединяя их, строят сам контур.

Способ *линейной засечки* позволяет с большей точностью определить положение точки местности, расположенной на расстоянии 10 – 20 метров (длине рулетки) от стороны теодолитного хода.

На стороне хода выбирают две точки  $a$  и  $b$ , от которых рулеткой измеряют расстояние до определяемой точки (рис. 17).

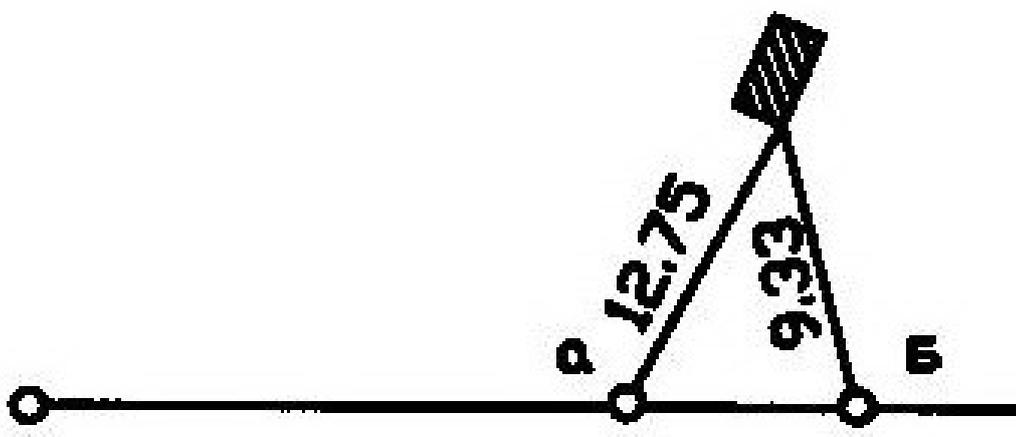


Рис. 17

На плане точки строят с помощью циркуля и измерителя. Сначала, откладывая вдоль стороны теодолитного хода от начальной точки расстояния  $1a$  и  $1b$  в масштабе плана, находят положение точек  $a$  и  $b$ . Затем из точки  $b$  проводят дугу радиусом 9,33 м, из точки  $a$  – дугу радиусом 12,75 м, в масштабе плана, точка пересечения двух дуг определяет положение снимаемой точки.

Способ *угловой засечки* применяют в тех случаях, когда до снимаемой точки невозможно непосредственно измерить расстояние. В таком случае с точек теодолитного хода на определяемую точку теодолитом измеряют горизонтальные углы (рис. 18). Положение искомой точки на плане определяют с помощью транспортира, которым откладывают соответствующие углы на плане, в пересечении полученных направлений находят снятую точку.

### 5.6. Рисовка горизонталей на плане

После составления контурной части плана приступают к рисовке горизонталей. Рисовку горизонталей производят по отметкам пикетных

точек, снятых тахеометрическим способом, и по структурным линиям (водораздельным, водосливным), приведенным в абрисе.

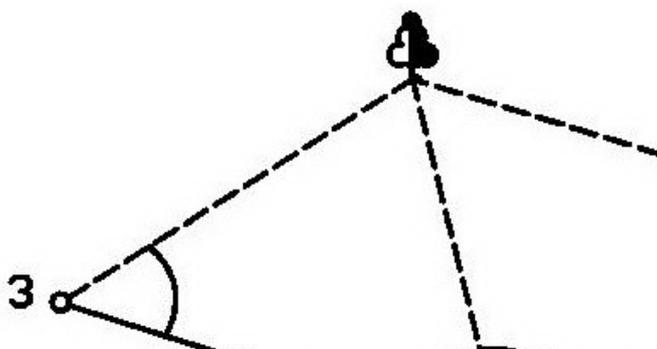


Рис. 18

Положение горизонталей находят на плане графическим интерполированием, которое выполняют с помощью восковки с проведенными на ней параллельными линиями, или производят его на глаз. Полученные при интерполировании точки с одинаковыми высотами соединяют плавными кривыми линиями – горизонталями.

Рисовку рельефа рекомендуется начинать с проведения небольших замкнутых горизонталей, изображающих вершину, или с проведения горизонталей вдоль основных структурных линий, принимая во внимание следующую закономерность в изображении рельефа горизонталями: при изображении хребта выпуклая часть горизонталей направлена в сторону понижения склона; при изображении лоцины – в сторону его повышения (рис. 19 а, б).

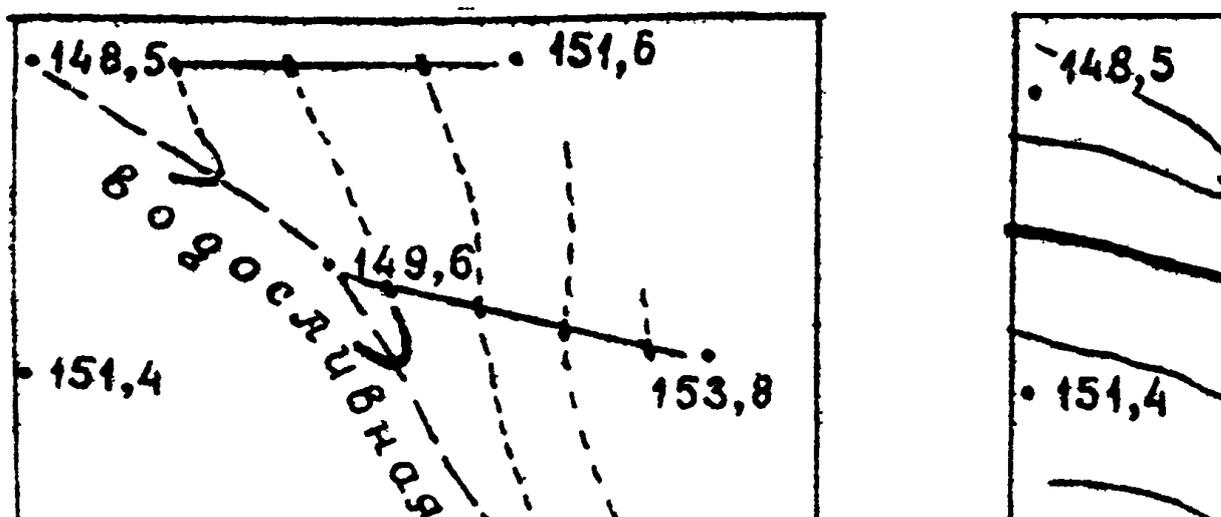


Рис. 19

## 6. ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПЛАНА

Составленный топографический план вычерчивают тушью в строгом соответствии с "Условными знаками" (рис. 20 ).

Пункт геодезической сети (пп 7)	–	условный знак	1;
точки теодолитного хода	–	"-	5;
пикетные точки	–	"-	267а;
сетка квадратов	–	"-	12;
границы контуров и угоний	–	"-	296;
лесной массив	–	"-	297;
кустарник	–	"-	320;
луговая растительность	–	"-	325;
пашня	–	"-	333
горизонтالي	–	"-	266.

Сначала на плане тушью подписывают точки теодолитного хода и пикеты. Подписи выполняют чертежным пером, располагают их параллельно северной и южной границам листа. Размеры подписей и шрифты заданы в условных знаках.

Горизонтали вычерчивают коричневой тушью, используя при этом кривоножку или чертежное перо. Горизонтали кратные 5 сечениям утолщают и подписывают так, чтобы верхняя часть цифр была направлена в сторону повышения рельефа. В отдельных местах проставляют бергштрихи, указывающие направление ската.

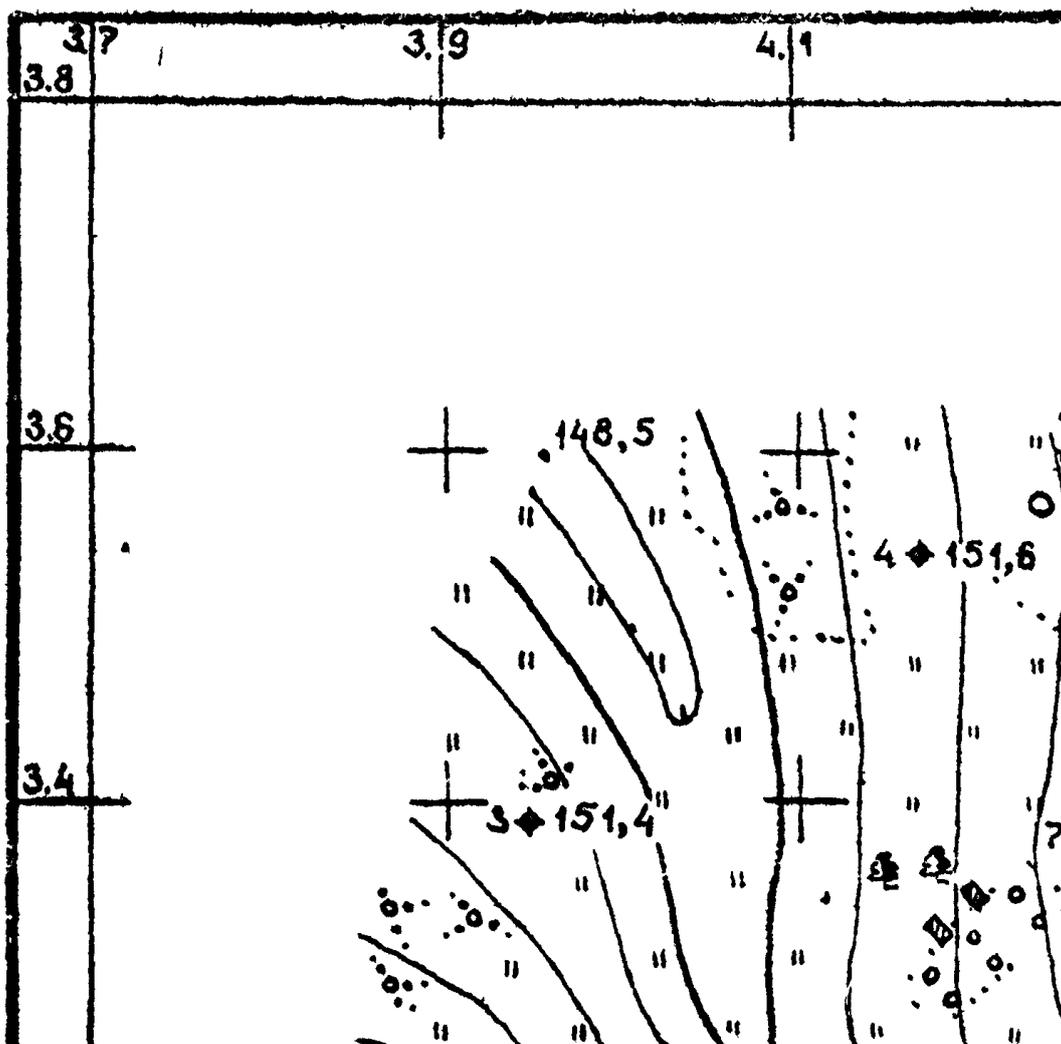
Условный знак леса и сада вычерчивают кронциркулем, выдерживая диаметры кружков и толщину линий, соответствующие образцу.

Прежде чем заполнить условным знаком контуры луга или сада, в пределах их границы необходимо сделать карандашом разграфку сетки со стороны квадрата в 5 мм. После вычерчивания знака сетку стирают.

Оформление рамки плана производят по образцу, приведенному на вкладыше условных знаков.

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЛЕСА  
КАФЕДРА ГЕОДЕЗИИ И СТРОИТЕЛЬНОГО ДЕЛА

ОМСКАЯ ОБЛ.



Работу выполнил  
Студент ЛХ-16  
Соколов Г.А.

1 : 2000  
В 1 сантиметре 20 метров  
Сплошные горизонталы проведены через 1 м  
Система высот Балтийская

Тахеометрическая  
съёмка 2006 г.

Рис. 20

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее учебное пособие поможет студентам самостоятельно освоить методику расчетов координат теодолитного хода и квалифицированно вычертить топографический план участка, используя «Условные знаки». Выполнив данную работу, студенты приобретут необходимые практические навыки для камеральной обработки полевых геодезических материалов. Полученные знания пригодятся студентам при прохождении летней практики по геодезии.

## Список использованной литературы

1. В.И. Федоров, П.И. Шилов. Инженерная геодезия – Москва, «Недра», 1982.
2. С.Е. Баршай, В.Ф. Нестеренок, Л.С. Хренов. Инженерная геодезия. – Минск, 1976, – 166 с.
3. Никулин. Тахеометрические таблицы
4. Руководство по топографическим съемкам в масштабах 1:5000; 1:2000; 1:1000; 1:500. Высотные сети.

## Оглавление

	Стр.
СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОБРАБОТКА "ЖУРНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ".....	6
1.1. Вычисление горизонтальных углов.....	6
1.2. Вычисление длин сторон теодолитного хода.....	9
1.3. Вычисление вертикальных углов (углов наклона).....	12
2. ОФОРМЛЕНИЕ ВЕДОМОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ....	13
2.1. Уравнивание углов основного теодолитного хода .....	14
2.2. Вычисление дирекционных углов и румбов.....	15
2.3. Уравнивание углов диагонального хода.....	19
2.4. Вычисление приращений координат.....	19
2.5. Уравнивание приращений координат основного хода.....	20
2.6. Уравнивание приращений координат диагонального хода..	23
2.7. Вычисление координат точек теодолитного хода.....	23
3. ОФОРМЛЕНИЕ ВЕДОМОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОТМЕТОК ТЕОДОЛИТНО-ВЫСОТНОГО ХОДА.....	24
4. ОБРАБОТКА ЖУРНАЛА ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ.....	27
5. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА.....	30
5.1. Построение сетки квадратов.....	30
5.2. Оцифровка сетки квадратов.....	32
5.3. Нанесение на план точек съемочного обоснования.....	33
5.4. Нанесение на план пикетных точек.....	33
5.5. Нанесение на план результатов теодолитной съемки.....	34
5.6. Рисовка горизонталей.....	36
6. ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПЛАНА.....	38
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	40
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	40
ОГЛАВЛЕНИЕ .....	41

*Учебное издание*

**Щербакова Елена Викторовна**  
**Тибуков Алексей Викторович**

**ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА**

*Под редакцией авторов*  
*Компьютерный набор и верстка Р.В. Дьяконовой*

По тематическому плану внутривузовских изданий учебной литературы на 2009 г., доп.

Подписано в печать                      Формат 60x90 1/16. Бумага 80 г/м<sup>2</sup>  
Гарнитура «Таймс». Ризография. Усл. печ. л. 2,5.  
Тираж 500 экз.    Заказ № \_\_\_\_\_.

Издательство Московского государственного университета леса.  
141005, Мытищи-5, Московская обл., 1-я Институтская, 1, МГУЛ.  
E-mail: [izdat@mgul.ru](mailto:izdat@mgul.ru)

## РЕЦЕНЗИЯ

на учебно-методическое пособие к лабораторным работам

на тему:

«ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА».

Авторы: Е.В. Щербакова, доцент,  
А.В. Тибуков, доцент.

Рецензируемые методические указания предназначены для студентов специальностей 250401, 250201 и 250203 дневной формы обучения.

Вначале приводятся общие сведения, цель и содержание лабораторной работы. Далее подробно описаны действия по обработке журнала измерения углов, оформление ведомости вычисления координат, оформление ведомости вычисления отметок точек теодолитно-высотного хода, обработка журнала тахеометрической съемки, составление топографического плана и графическое оформление плана. Тема лабораторной работы изложена доступным языком в полном объеме. Данное учебно-методическое пособие может быть использовано студентами и в период летней геодезической практики.

Можно признать настоящее учебно-методическое пособие необходимым.

Профессор кафедры лесоводства и подсочки леса  
канд.с.-х.наук

В.Д.Ломов