

**Тахеометрические работы (съемочное обоснование и тахеометрическая съемка):  
Методическое пособие / Е.В. Меньшова - Москва, 2020**

Пользователи сайта имеют право использовать размещенные на этом сайте материалы лишь в некоммерческих целях. При этом обязательным является сохранение всех авторских прав, а также установка активной гиперссылки на оригинал.

Запрещено использование любых материалов и любой информации сайта в коммерческих целях, если на эти действия нет письменного согласия автора сайта. Копирование информации в других целях, а также несоблюдение указанных условий будет истолковано как присвоение авторских прав на текстовую и иную скопированную информацию.

## Содержание

Рекогносцировка хода.....	3
Проложение тахеометрического хода.....	4
Порядок измерений на пункте хода .....	5
Камеральная обработка результатов измерений .....	8
Ведомость вычисления координат точек хода .....	9
Ведомость вычисления высот тахеометрического хода.....	11
Тахеометрическая съемка.....	12

## **Рекогносцировка хода**

Рекогносцировка хода выполняется всей бригадой совместно с руководителем бригады. Руководитель бригады должен познакомить бригаду с участком съемки и пунктами исходного обоснования.

Местоположение пунктов хода необходимо намечать таким образом, чтобы длины сторон были в пределах 100-120 метров, обеспечивалась хорошая обзорность с пунктов хода для дальнейшей съемки ситуации и рельефа.

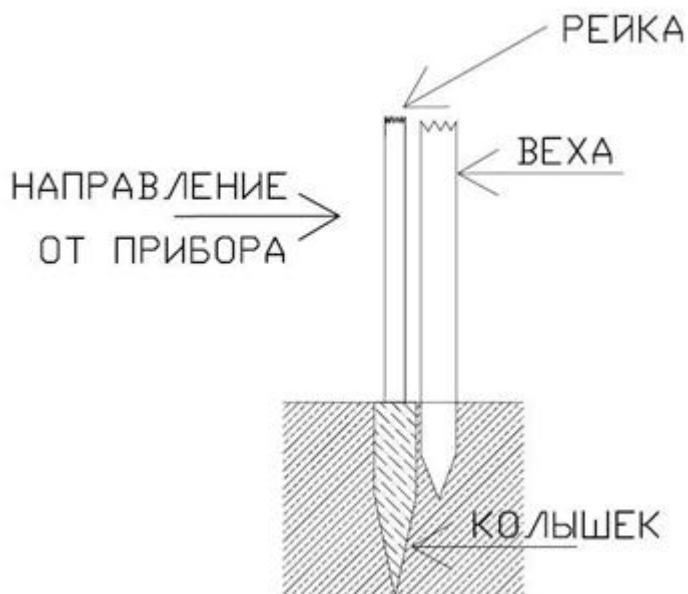
Пункты намечают не менее чем в 3 метрах от кромки автомобильных дорог. Пункты хода закрепляются на местности деревянными кольями, вбитыми в дно выемки (глубиной не более 5 см), имеющую различную форму – треугольник, круг, квадрат, крест (для безошибочного опознавания на местности). Колья должны выступать над поверхностью дна углубления не более на 0,5–1 см.

Следует учитывать, что из-за ограниченного количества исходных пунктов, не следует производить съемку с этих пунктов. При необходимости выполнения съемки надо сделать рядом выносную точку.

## Проложение тахеометрического хода

Порядок проложения тахеометрического хода следующий:

1. Установить прибор над пунктом (точкой) хода и привести его в рабочее положение. Реечники в это время устанавливают рейки на соседних пунктах хода в отвесном положении (см. ниже п.3).
2. Измеряется высота прибора от верха колышка до оси вращения трубы с точностью до десятых долей сантиметра. Измерение производят с помощью 2-х метровой металлической рулетки: сначала от верха колышка до верхней грани головки штатива, потом от верхней грани головки штатива до оси вращения зрительной трубы. Далее вычисляют среднее из результатов измерений и округляют его до целых сантиметров.
3. Установка вех и реек на предыдущем и последующем пунктах хода. Вехи следует устанавливать (втыкать в землю), за колом в створе наблюдаемой линии, как показано на рисунке. Рейки устанавливаются на колышек таким образом, чтобы их оси проходили через центр колышка и занимали отвесное положение. Для наиболее точной установки реек в отвесное положение следует использовать отвесы.



## Порядок измерений на пункте хода

### Измерение горизонтальных углов:

- а) навести трубу на предыдущую точку хода при круге «лево».
- б) установить отсчет по горизонтальному кругу в пределах  $0^{\circ}00' - 0^{\circ}01'$  (не следует стараться точно установить отсчет  $0^{\circ}00,0'$ , так как при этом неизбежно большее влияние коллимационной ошибки).
- в) проверить наведение трубы на предыдущую точку хода и сделать отсчет по горизонтальному кругу.
- г) навести трубу на последующую точку хода при круге «лево» и сделать отсчет по горизонтальному кругу.
- д) перевести трубу через зенит и при круге «право» выполнить наблюдения на последующий и предыдущий пункты хода с производством отсчетов по горизонтальному кругу.
- е) расхождение значений угла в полуприемах допускается не более  $1'$ . При неудовлетворительных результатах измерения следует повторить.

### Измерение вертикальных углов и дальномерных расстояний:

- а) при круге «лево» выполнить визирование на предыдущий пункт хода на высоту прибора или определенную высоту визирования. Сделать отсчет по вертикальному кругу.
- б) навести нижнюю дальномерную нить на целое число делений на рейке (удобно брать 1 метр – отсчет по рейке 1000) и сделать дальномерный отсчет.
- в) выполнить визирование на последующий пункт хода на высоту прибора или определенную высоту визирования. Сделать отсчет по вертикальному кругу.
- г) навести нижнюю дальномерную нить на целое число делений на рейке и сделать дальномерный отсчет.
- д) перевести трубу через зенит и при круге «право» выполнить аналогичные наблюдения на последующий и предыдущий пункты хода.
- е) постоянство места нуля на станции (точке) хода должно быть в пределах  $1'$ .
- ж) ввести поправку в дальномерное расстояние и вычислить наклонное расстояние  $S$ . Расхождения между соответствующими измеренными расстояниями (с учетом поправок в расстояния) допускаются не более  $1/200$  и вычисляются по формулам:

$$\Delta S = |S_{np} - S_{обр}|; \quad \frac{\Delta S}{S_{cp}} \leq \frac{1}{200}.$$

До перехода на следующий пункт хода должны быть выполнены все вычисления на станции, в том числе вычислены горизонтальные проложения и превышения между пунктами хода. Для одноименной линии расхождение между горизонтальными проложениями, полученными в прямом и обратном направлениях, не должно быть более  $1/200$ .

Расхождение между превышениями, полученными в прямом и обратном направлениях, не должно быть более 10 см при расстояниях между пунктами меньше 250 метров.

Обработка журнала тахеометрического хода состоит из следующего алгоритма:

1. Вычисляют углы поворота (с точностью до  $0,1'$ ) и средние значения углов (с точностью до  $0,1'$ ). При вычислении средних значений округление выполняют «по Гауссу», то есть в четную сторону!

2. Вычисляют место нуля и углы наклона по формулам:

$$MO = \frac{Л + П}{2}, \quad \nu = \frac{Л - П}{2},$$
$$\nu = Л - MO, \quad \nu = П + MO.$$

3. Вычисляют средние значения дальномерных отсчетов по формуле:

$$l = \frac{l_q + l_{kp}}{2},$$

где  $l_q$  – дальномерный отсчет, взятый по черной стороне рейки,  $l_{kp}$  – дальномерный отсчет, взятый по красной стороне рейки. Округление выполнить до  $0,1$  см по правилам округления.

4. Вычислить наклонные расстояния  $S$  с точностью до  $0,1$  м, измеренные нитяным дальномером, по формуле:

$$S = 100 \cdot l + P,$$

где  $l$  – средний дальномерный отсчет в см,  $P$  – поправка в дальномерное расстояние.

5. Вычислить горизонтальное проложение до  $0,1$  м:

$$D = S \cdot \cos^2 \nu.$$

6. Вычислить превышение до  $0,01$  м:

$$h' = D \cdot \operatorname{tg} \nu,$$

$$\Delta = i - \nu,$$

$$h = h' + \Delta.$$

Дата 1 июля 20 13 г. Погода ясно

Наблюдатель Кольчугина А.

Записывала и вычисляла Третьякова Е.

№№ станций	№№ визир. пунктов	Горизонтальный круг		Угол Л Средний П	№№ визир. пунктов в	Вертикальный	
		Л	П			Л	П
Рн 64 1,43	Рн 46	0	01,2	151	31,2		
	I	151	32,4	151	31,4	Л	+4 17,1
	Рн 46	180	00,9	151	31,7	П	+4 18,1
	I	331	32,6	1,20			
I 1,58	Рн 64	0	02,7	236	14,7	Л	-4 06,7
	II	236	17,4	236	14,8	П	-4 05,7
	Рн 64	180	03,1	236	14,9	Л	-4 18,2
	II	56	18,0	2,00		П	-4 17,5

Крут		Отсчеты по дально- меру	s	+	-	h' Δ h	h <sub>то</sub> h <sub>до</sub> h <sub>сп</sub>
±	МО						
	v						
-	0 00,5	31,1	31,3	+	2,33		+2,56
+	4 17,6	31,3	31,1	+	0,23		-2,54
		31,2		+	2,56		+2,55
-	0 00,5	30,9	31,1	-	2,22		
-	4 06,2	31,0	30,9	-	0,32		
		31,0		-	2,54		
-	0 00,4	34,5	34,7	-	2,59		-3,01
-	4 17,8	34,6	34,5	-	0,42		+2,98
		34,6		-	3,01		-3,00
		34,6					

Проверила Кольчугина А. 01.07.2013.

## **Камеральная обработка результатов измерений**

Камеральную обработку начинают с проверки полевых журналов «во вторую руку». Все вычисления должны быть проверены, проверяющий расписывается на каждой проверенной странице.

Исходными данными для вычисления координат пунктов являются координаты начального и конечного пунктов хода, а также дирекционные углы исходных направлений. Если дирекционные углы неизвестны, то их получают из решения обратной геодезической задачи.



### Ведомость вычисления координат точек хода

Названия пунктов	$\beta$ (левые) °	$\alpha$ °	D м	$\Delta X$ м	$\Delta Y$ м	X м	Y м
ПП40	-0,2 286 00,4	130 17,4	155,9	0,0	0,0	5086,3	3051,4
	-0,3 205 34,6	236 17,5		-86,5	-129,7	4999,8	2921,7
I	-0,3 55 49,8	261 51,9	188,4	-26,7	-186,5	4973,0	2735,3
II	-0,3 242 38,8	137 41,4	158,5	-117,2	106,7	4855,8	2842,0
III	-0,2 163 44,1	200 20,0	166,2	-155,8	-57,7	4700,0	2784,3
ПП92		184 03,8					

$\Sigma\beta_{np.}=$	953	47,7		$\Sigma_{np.} =$	-386,2	-267,2
$\Sigma\beta_{теор.}=$	953	46,4		$\Sigma_{теор.} =$	-386,3	-267,1
$f_{\beta}=$		+1,3	$[D] =$	669,0	$f_x, f_y =$	+0,1      -0,1
пред. $f_{\beta}=$		$\pm 2,2$		$f_D =$	0,1	доп $f_D =$ 0,8
				$f_D/[D]=$	1/6700	доп. $f_D/[D]=$ 1/800

Вычисляется сумма измеренных углов  $\Sigma\beta_{изм}$  и теоретическая сумма измеренных углов:

$$\Sigma\beta_{теор} = \alpha_{кон} - \alpha_{нач} + 180^\circ(n+1),$$

где n – число сторон в ходе.

Угловая невязка рассчитывается по формуле:

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

Угловая невязка в тахеометрическом ходе не должна превышать предельную невязку:

$$пред. f_{\beta} = 1' \sqrt{n+1}.$$

Поправки в углы поворота вычисляются до 0,1' по формуле:

$$v_{\beta} = -\frac{f_{\beta}}{n+1}.$$

Должно выполняться условие  $[v_{\beta}] = -f_{\beta}$ .

Дирекционные углы сторон хода вычисляются до 0,1' с использованием исправленных горизонтальных углов:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + (\beta_{np.i} + v_i) \pm 180^\circ.$$

При этом должно выполняться условие  $\alpha_{n+1} = \alpha_{кон.}$ .

Практические приращения координат при измерении линий нитяным дальномером вычисляются до 0,1 м по формулам:

$$\Delta x_{np.i} = D_i \cos \alpha_i;$$

$$\Delta y_{np.i} = D_i \sin \alpha_i.$$

После вычисления приращений координат вычисляются суммы практических приращений координат  $\Sigma\Delta x_{np.}$ ;  $\Sigma\Delta y_{np.}$  и теоретические суммы приращений координат по формулам:

$$\sum \Delta x_{теор.} = X_{кон.} - X_{нач.};$$

$$\sum \Delta y_{теор.} = Y_{кон.} - Y_{нач.}.$$

Вычисляются невязки:

$$f_{\Delta x} = \sum \Delta x_{нр.} - \sum \Delta x_{теор.};$$

$$f_{\Delta y} = \sum \Delta y_{нр.} - \sum \Delta y_{теор.}.$$

Абсолютная и относительная линейные невязки по ходу вычисляются по формулам:

$$f_D = \sqrt{f_{\Delta x}^2 + f_{\Delta y}^2};$$

$$\frac{f_D}{[D]}.$$

Допустимую линейную невязку и допустимую относительную линейную невязку по ходу вычисляются по формулам:

$$\partial on. f_D = \frac{\sum D}{400\sqrt{n}};$$

$$\frac{\partial on. f_D}{[D]}.$$

Относительная линейная невязка по ходу не должна превышать для нитяного дальномера величины 1/500.

Если полученная линейная невязка удовлетворяет требованиям, то вычисляют поправки в приращение координат:

$$v_{\Delta x_i} = -\frac{f_{\Delta x}}{[D]} D_i; \quad v_{\Delta y_i} = -\frac{f_{\Delta y}}{[D]} D_i.$$

Должны выполняться условия:  $[v_{\Delta x_i}] = -f_{\Delta x}$ ,  $[v_{\Delta y_i}] = -f_{\Delta y}$ .

Поправки вводятся в соответствующие приращения координат:

$$\Delta x_{испр.} = \Delta x_{нр.i} + v_{\Delta x_i};$$

$$\Delta y_{испр.} = \Delta y_{нр.i} + v_{\Delta y_i}.$$

Должны выполняться условия:  $[\Delta x_{испр.}] = [\Delta x_{теор.}]$ ,  $[\Delta y_{испр.}] = [\Delta y_{теор.}]$ .

После вычисления поправок и исправленных приращений координат вычисляются исправленные координаты:

$$X_i = X_{i-1} + \Delta x_{испр.i};$$

$$Y_i = Y_{i-1} + \Delta y_{испр.i}.$$

Должны выполняться условия:  $X_{n+1} = X_{кон.}$ ,  $Y_{n+1} = Y_{кон.}$ .

Вычисления высот пунктов тахеометрического хода производят по такой же схеме, как и для координат.

### Ведомость вычисления высот тахеометрического хода

Названия пунктов	D, м	h <sub>ср</sub> , м	v <sub>i</sub> , м	h <sub>испр</sub> , м	H, м
ПП40					305,45
I	155,9	+5,53	0,00	+5,53	310,98
II	188,4	+0,26	0,00	+0,26	311,24
III	158,5	+4,12	0,00	+4,12	315,36
ПП92	166,2	-1,11	0,00	-1,11	314,25
Суммы	669,0	+8,80	0,00	+8,80	

$$\Sigma_{\text{теор}} = +8,80$$

$$f_h = 0,00$$

$$f_{h \text{ доп}} = \pm 13 \text{ см}$$

Вычисляют сумму практических превышений  $\Sigma h_{\text{пр.}}$  и теоретическую сумму превышений по формуле:

$$\Sigma h_{\text{теор.}} = H_{\text{кон.}} - H_{\text{нач.}}$$

Высотную невязку находят по формуле:

$$f_h = \Sigma h_{\text{пр.}} - \Sigma h_{\text{теор.}}$$

Допустимую невязку вычисляют по формуле:

$$\text{доп.} f_h = \frac{0,04 \cdot [D](\text{м})}{\sqrt{n}} (\text{см}).$$

Если  $f_h \leq \text{доп.} f_h$  вычисляют поправки в превышения по формуле:

$$v_{h_i} = -\frac{f_h}{[D]} D_i.$$

Должно выполняться условие:  $[v_{h_i}] = -f_h$ .

Далее вычисляют исправленные превышения:

$$h_{\text{испр.}} = h_{\text{пр.}i} + v_{h_i}.$$

Должно выполняться условие:  $[h_{\text{испр.}}] = [h_{\text{теор.}}]$ .

После вычисления поправок вычисляются исправленные координаты:

$$H_i = H_{i-1} + h_{\text{испр.}i}.$$

Должно выполняться условие:  $H_{n+1} = H_{\text{кон.}}$ .

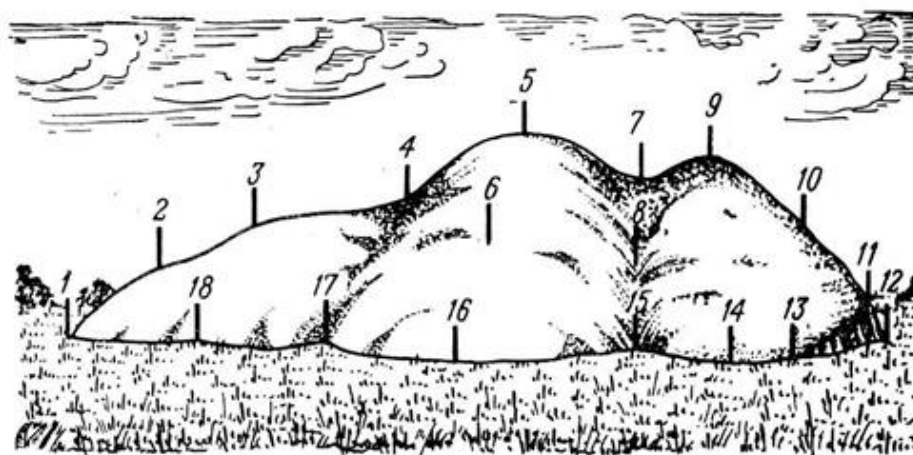
## Тахеометрическая съемка

В условиях учебной практики тахеометрическую съемку выполняют отдельно от проложения хода. Предметы и контуры местности, которые подлежат съемке, указаны в Инструкции по топографической съемке. На рисунке указано расположение реечных точек при съемке ситуации (а) и рельефа (б).

а



б



При съемке следует также руководствоваться книгой условных знаков для масштабов 1:500 – 1:5000 и пояснениями к ним.

Тахеометрическая съемка выполняется полярным методом. Теодолит центрируется на станции с точностью 1 см. Измеряется высота прибора, определяется место нуля вертикального круга. Рабочее положение прибора – круг «лево».

Ориентирование лимба осуществляется на заднюю или переднюю точку хода (около  $0^{\circ}00,0'$ ).

После ориентирования приступают к набору пикетов:

а) наводят вертикальную нить на ось симметрии рейки и производят отсчет по горизонтальному кругу до десятых долей минуты.

- б) наводят горизонтальную нить на определенную высоту визирования, вычисляют величину  $i-v$  (где  $i$  – высота прибора, а  $v$  – высота визирования), и записывают ее в журнал; производят отсчет по вертикальному кругу до десятых долей минуты.
- в) наводят нижнюю дальномерную нить на целое число делений на рейке и производят дальномерный отсчет.
- г) отмечают пикет на абрисе съемки.

По окончании съемки на станции производят проверку ориентирования лимба: выполняют визирование на пункт, по которому был ориентирован лимб, и делают отсчет по горизонтальному кругу. Изменение ориентирования допускается не более  $1,5'$ . Если изменение больше допуска, то съемку на станции повторяют.

Для того чтобы свести к минимуму повторные измерения, рекомендуется через каждые 10 пикетов проверять ориентирование лимба. В таком случае, если произойдет нарушение ориентирования лимба, повторять придется не более 10 пикетов.

В процессе съемки ведется абрис. Абрис ведется в журнале съемки или в отдельном журнале. Для ведения абриса рекомендуется выделить отдельного человека, который будет передвигаться вблизи речников и вести абрис. Абрис ведется в примерном масштабе съемки, простым мягким карандашом, в условных знаках. Его ориентируют строго на север местности. На абрисе отмечают ситуацию и формы рельефа, подлежащие съемке, а также направления скатов, бровки, подошвы и т.д.

Нумерация пикетов сплошная на всем участке съемки. Если в бригаде функции записывающего и ведущего абрис не совмещены, тогда через каждые 10 пикетов необходимо сличать нумерацию пикетов в абрисе и журнале.

Пример страницы пикетажного журнала и абриса приведен на рисунке.

# ЗАПИСЬ ПИКЕТОВ

Дата 3 июля 20 13 г. Ст. № 1  $i = 1,57$  м  $H = 153,40$  м  
 $\lambda = -1^{\circ} 45,4'$

МО =  $-0^{\circ} 00,6'$

Наблюдатель Чолешина М. П =  $-1^{\circ} 44,3'$   
 Записывал и вычислял Чолешина А.

№ пикетов	Горизонтальный круг	Вертикальный круг	v	s	D	$h_i$	$i-v$	h	H
п64	0 00								
193	23 12	-4 15,9	4 15,3	51,2	32,1	-2,32	+0,67	-1,65	151,8
194	21 02	-4 33,7	4 55,1	15,3	15,3	-1,12	+0,57	-0,65	152,8
195	202 10	-0 28,9	0 28,5	22,0	22,1	-0,18	+0,97	+0,79	154,2
196	202 00	+1 00,2	1 00,8	65,7	66,3	+1,17	+1,17	+2,34	155,7
197	202 26	+1 22,9	1 23,5	69,2	69,8	+1,10	+1,27	+2,96	156,4
198	210 54	+2 24,7	2 25,3	44,2	44,2	+1,87	+0,67	+2,54	155,9
199	219 48	+1 48,1	1 48,7	31,8	31,9	+1,01	+0,67	+1,68	155,1
200	238 02	+4 36,4	4 37,0	14,8	14,8	+1,20	+0,23	+0,97	154,4
201	293 01	+0 36,8	0 37,4	14,6	14,7	+0,16	+0,97	+1,13	154,5
202	348 51	-0 58,3	0 57,7	25,3	25,4	-0,43	+0,37	-0,06	153,3
п64	359 59								
203	48 36	-4 20,0	4 19,4	17,2	17,2	-1,30	+0,37	-0,93	152,5
204	85 21	-5 09,8	5 09,2	17,3	17,3	-1,56	+0,37	-1,19	152,5
205	144 00	-2 30,7	2 30,1	22,0	22,1	-0,96	+0,27	-0,69	152,7
206	177 51	-0 53,0	0 52,4	34,6	34,7	-0,53	+0,77	+0,24	153,6
п64	0 00								

Проверил 03 июля 20 13 г. Третьяков С.

