

**Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия
(СибАДИ)»**

Кафедра «Геодезия»

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СЪЕМКЕ

**Методические указания
к курсовой работе**

Составители: Т.П. Синютина, Л.Ю. Миколишина

Омск ♦ 2016

УДК 528
ББК 26.1
Г35

Согласно 436-ФЗ от 29.12.2010 «О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию» данная продукция маркировке не подлежит.

Рецензент канд. техн. наук, доц. А.Г. Малофеев
(ФГБОУ ВО «СибАДИ»)

Работа утверждена редакционно-издательским советом СибАДИ в качестве методических указаний.

Г35 Геодезические работы при горизонтальной съемке [Электронный ресурс] : методические указания к курсовой работе / сост. : Т.П. Синютина, Л.Ю. Миколишина. – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2016. – Режим доступа:....., свободный после авторизации. – Загл. с экрана.
ISBN 978-5-93204-958-7.

Излагается методика выполнения курсовой работы по дисциплине «Геодезия». Дается теоретический материал в объеме, необходимом для выполнения задания. Приводятся примеры с пояснениями. В приложении даются образцы выполненных работ для варианта, рассмотренного в методических указаниях.

Имеют интерактивное оглавление в виде закладок.

Предназначены для обучающихся направления «Геодезия и дистанционное зондирование» профиль «Геодезия».

Текстовое (символьное) издание (1,6 МБ)
Системные требования : Intel, 3,4 GHz ; 150 МБ ; Windows XP/Vista/7 ; DVD-ROM ;
1 ГБ свободного места на жестком диске ; программа для чтения pdf-файлов
Adobe Acrobat Reader ; Google Chrome

Редактор И.Г. Кузнецова
Техническая подготовка – Т.И. Кукина
Издание первое. Дата подписания к использованию 19.09.2016

Издательско-полиграфический центр СибАДИ. 644080, г. Омск, пр. Мира, 5
РИО ИПЦ СибАДИ. 644080, г. Омск, ул. 2-я Поселковая, 1

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2016

ВВЕДЕНИЕ

Целью курса геодезии является формирование у студентов основ профессиональных знаний о методах, технике и организации работ, связанных с изучением земной поверхности и отображением ее на планах и картах, а также выполнение инженерно-геодезических работ для целей проектирования и строительства различных сооружений.

Самостоятельное изучение курса предусматривает работу студента с учебником и выполнение заданий по основным темам. Очные занятия с преподавателем включают обзорные лекции и групповые лабораторные занятия.

Методические указания составлены в соответствии с государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и позволяют студенту самостоятельно освоить ряд тем по геодезии. Изучать курс и выполнять работы следует в той последовательности, в которой они изложены в методических указаниях. Для успешного усвоения материала изучение рекомендуется вести по разделам.

1. ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Задача. Вычисление исходных дирекционных углов.

Исходный дирекционный угол α направления 84-83 для каждого студента вычисляется по формулам обратной геодезической задачи. Координаты пунктов полигонометрии № 84 и №83 выдаются преподавателем или берутся из прил. 1 согласно порядковому номеру студента в журнале группы.

Пример: $x_{84}=445,100$ м;
 $y_{84}=818,100$ м;
 $x_{83}=569,57$ м;
 $y_{83}=917,879$ м;

$$r_{83-84} = \arctg \frac{\Delta y_{83-84}}{\Delta x_{83-84}} = \arctg \frac{y_{84} - y_{83}}{x_{84} - x_{83}};$$
$$r_{83-84} = \arctg \frac{818,500 - 917,879}{445,100 - 569,576} = \frac{-99,379}{-124,476} = 38^{\circ}36'11''.$$

По знакам приращений определяем, в какой четверти лежит румб (табл. 1), а затем по формулам зависимости между дирекционными углами и румбами (рис.1) переходим от румба к дирекционному углу. У нас Δx_{83-84} и Δy_{83-84} отрицательные, следовательно, румб лежит в ЮЗ четверти $r_{83-84} = ЮЗ:38^{\circ}26'11''$; $\alpha_{83-84} = r_{83-84} + 180^{\circ} = 218^{\circ}36'11''$.

Расстояние между точками d_{83-84} находят по формуле Пифагора и по формулам, обратным вычислению Δx и Δy .

$$d_{83-84} = \sqrt{\Delta x_{83-84}^2 + \Delta y_{83-84}^2} = \frac{\Delta y_{83-84}}{\sin \alpha_{83-84}} = \frac{\Delta x_{83-84}}{\cos \alpha_{83-84}} =$$

$$= \sqrt{(-124,476)^2 + (-99,379)^2} = \frac{-99,379}{\sin 218^{\circ}36'11''} = \frac{-124,476}{\cos 218^{\circ}36'11''} = 159,281 \text{ м.}$$

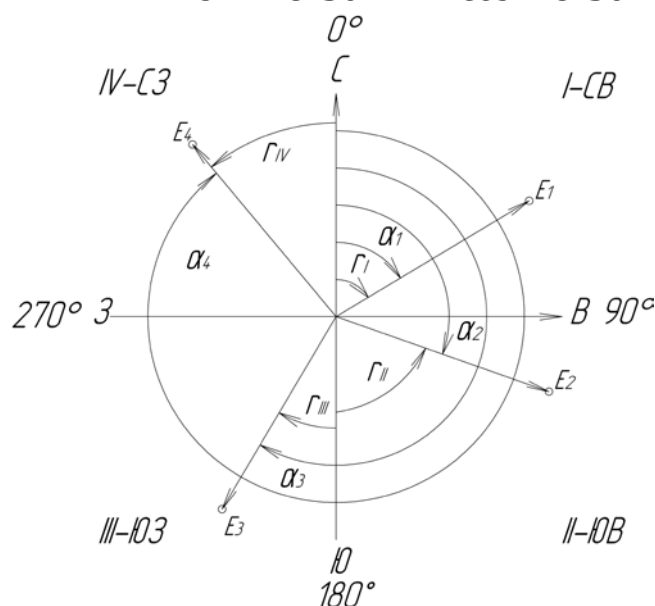


Рис. 1. Зависимость между дирекционными углами и румбами

Таблица 1

Знаки приращений прямоугольных координат

Приращения	Названия румбов			
	СВ	ЮВ	ЮЗ	СЗ
Δx	+	-	-	+
Δy	+	+	-	-

При использовании румбов знак приращений координат ставят в соответствии с названием румба (табл. 2).

Таблица 2

Перевод дирекционных углов в румбы

Номер четверти	Название четверти	Формула перевода
I	<i>СВ</i>	$r_I = \alpha$
II	<i>ЮВ</i>	$r_{II} = 180^\circ - \alpha$
III	<i>ЮЗ</i>	$r_{III} = \alpha - 180^\circ$
IV	<i>СЗ</i>	$r_{IV} = 360^\circ - \alpha$

2. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ УЧАСТКА МЕСТНОСТИ

Исходные данные

Для съемки участка на местности проложен теодолитный ход между двумя пунктами полигонометрии ПП84 и ПП83 (рис. 2).

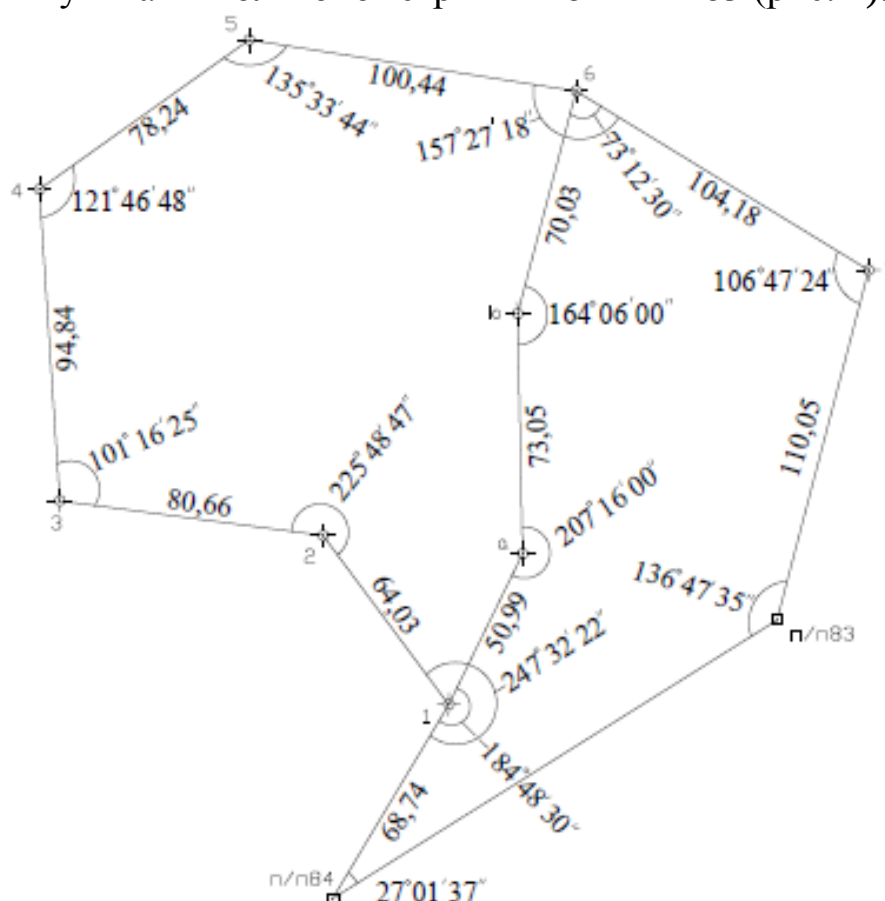


Рис. 2. Схема планового обоснования

В ходе измерены длины линий и горизонтальные углы, лежащие справа по ходу. Результаты измерения горизонтальных углов и длин линий приведены в табл. 3 и являются общими для всех вариантов.

Координаты исходных пунктов *ПП84* и *ПП83* берутся согласно номеру варианта (выдаются преподавателем или берутся из прил. 1).

Задание выполняется в следующей последовательности:

- 1.Обработка ведомости вычисления координат вершин теодолитного хода (замкнутого и разомкнутого).
- 2.Составление плана горизонтальной съемки.
3. Вычисление площади участка съемки.

Таблица 3

Результаты измерений горизонтальных углов и длин сторон хода

Номера вершин хода	Измеренные углы (правые)			Горизонтальные проложения <i>d</i> , м
	°	'	"	
<i>ПП84</i>	27	01	37	68,74
1	247	32	22	64,03
2	225	48	47	80,66
3	101	16	25	94,84
4	121	46	48	78,24
5	135	33	44	100,44
6	157	27	18	104,18
7	106	47	24	110,05
<i>ПП83</i>	136	47	35	

3. ОБРАБОТКА ВЕДОМОСТЕЙ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ВЕРШИН ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

Обработка замкнутого теодолитного хода ведется в специальной ведомости (табл. 4).

Таблица 4

**Ведомость вычисления прямоугольных координат вершин
теодолитного хода**

Номера точек	Измерен- ные углы β_i	Исправ- ленные углы $\beta_{испр}$	Дирекци- онные углы α_i	Румбы r_i	
	0 ' "	0 ' "	0 ' "	назв.	0 ' "
3	-	-			
4	27 01 37	27 01 23	218 36 11	ЮЗ	34 21 49
	247 32 22	247 32 08	11 34 48	СВ	11 33 48
	225 48 47	225 48 33	304 02 40	СЗ	55 57 20
	101 16 25	101 16 12	258 14 07	СЗ	78 14 07
	121 46 48	121 46 35	336 57 55	СЗ	23 02 05
	135 33 44	135 33 31	35 11 20	СВ	35 11 20
	157 27 18	157 27 05	79 37 49	СВ	79 37 49
	106 47 24	106 47 11	102 10 44	ЮВ	77 49 16
	136 47 35	136 47 22	175 23 33	ЮВ	4 36 27
3			218 36 11	ЮЗ	18 36 11
4	-	-			
$\Sigma \beta_{np} = 1260^\circ 02'$					
$[\beta_{теор}] = 1260^\circ 00'$					
$f_\beta = 2' \quad f_{\beta_{дон}} = \pm 1' \cdot \sqrt{9} = \pm 3'$					

Окончание табл. 4

Гори- зон- тальное проло- жение	Приращения координат, м								Координаты, м	
	вычисленные				исправленные					
d , м		Δx		Δy		Δx		Δy	x	y
7		9	0	11	2	13	4	15	16	17
									569,576	917,879
159,281		124,476		99,379		124,476		99,379	445,100	818,500
68,74		67,341		13,799		67,352		13,814	512,452	832,314
64,03		35,846		53,055		35,856		53,042	548,308	779,272
80,66		16,446		78,966		16,436		78,949	531,874	700,323
94,84		87,278		37,110		87,293		37,090	619,167	663,233
78,24		63,942		45,088		63,954		45,105	683,121	708,338
100,44		18,079		98,799		18,094		98,821	701,215	807,159
104,18		21,978		101.835		21,962		101,857	679,253	909,016
110,05		109,694		8.84		109,677		8,863	569,576	917,879
$\Sigma = 701,18$					$\Sigma = 0$		$\Sigma = 0$		$\Sigma \Delta x_{теор} =$ $= x_{83} - x_{84} = 0$	$\Sigma \Delta y_{теор} =$ $= x_{83} - x_{84} = 0$
$\Sigma \Delta x_{np} = f_{\Delta x} = 0,108$ $\Sigma \Delta y_{np} = f_{\Delta y} = 0,149$ $f_{a\bar{b}c} = \sqrt{(-0,108)^2 + (-0,149)^2} = 0,184$ $f_{отн} = \frac{1}{\Sigma d / f_{a\bar{b}c}} = \frac{1}{701,18 / 0,184} \approx \frac{1}{3811} < \frac{1}{2000}$										

В графе 4 записывают исходный дирекционный угол начальной стороны α_{83-84} и исходный дирекционный угол конечной стороны, а так как полигон замкнутый, то дирекционный угол конечной стороны равен дирекционному углу начальной стороны α_{83-84} .

Исходные дирекционные углы выделены жирным шрифтом.

Для рассматриваемого примера $\alpha_{83-84}=218^{\circ}26'11''$. Студент берёт исходные данные своего варианта. Просуммируем все измеренные углы и получим практическую сумму углов

$$\sum_{i=1}^n \beta_{изм},$$

где n – число измеренных углов в ходе.

Для рассматриваемого примера $\sum_{i=1}^n \beta_{изм}=1260^{\circ}02'$.

Затем находим теоретическое значение суммы углов. В замкнутом полигоне она подсчитывается как

$$[\beta_{теор}] = 180^{\circ} \cdot (n - 2),$$

где n – количество углов в полигоне.

Для рассматриваемого примера $[\beta_{теор}] = 1260^{\circ}00'$.

Вследствие ошибок измерений углов практическая сумма измеренных горизонтальных углов не равна теоретической сумме горизонтальных углов, разность между ними называют *угловой невязкой*.

$$[\beta_{теор}] \neq \sum \beta_{изм}.$$

Вычисляется угловая невязка хода. Разница между $\sum \beta_{изм}$ и $[\beta_{теор}]$ и составляет угловую невязку в теодолитном ходе.

$$f_{\beta_{прак}} = \sum \beta_{пр} - [\beta_{теор}]$$

В нашем примере $f_{\beta_{прак}} = 2'$.

Полученную невязку сравнивают с допустимой, которая вычисляется по формуле

$$f_{\beta_{\text{доп}}} = \pm 2t\sqrt{n},$$

где t – точность прибора (у нас $t = 30'$); n – число измеренных углов.

В нашем примере $f_{\beta_{\text{доп}}} = \pm 1' \cdot \sqrt{9} = \pm 3'$.

Если выполняется неравенство $f_{\beta_{\text{прак}}} \leq f_{\beta_{\text{доп}}}$, то $f_{\beta_{\text{прак}}}$ делят на количество углов и получают величину поправки, которую вводят в каждый измеренный горизонтальный угол с обратным знаком:

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

Поправки вычисляются до целых секунд. Должно выполняться равенство

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

К измеренным углам прибавляют поправку со своим знаком, результат записывают в графу 3.

$$\beta_{\text{испр}} = \beta_{\text{изм}} + V_{\beta}.$$

Контролем правильности исправления углов служит равенство $\sum \beta_{\text{испр}} = [\beta_{\text{теор}}]$.

После уравнивания углов вычисляют дирекционные углы всех сторон хода по формуле

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

Дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180° и минус правый (исправленный) угол хода, образованный этими сторонами.

Пример:

$$\begin{aligned} \alpha_{84-1} &= \alpha_{83-84} + 180^\circ - \beta_{84} = 218^\circ 36' 11'' + 180^\circ - 27^\circ 01' 23'' = \\ &= 371^\circ 34' 48'' - 360^\circ = 11^\circ 34' 48''. \end{aligned}$$

Для нашего хода вычисления ведут в следующей последовательности:

$$\begin{aligned}\alpha_{1-2} &= \alpha_{84-1} + 180^\circ - \beta_1; \\ \alpha_{2-3} &= \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2; \\ \alpha_{3-4} &= \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3; \\ \alpha_{83-84} &= \alpha_{7-83} + 180^\circ - \beta_{83}.\end{aligned}$$

Вычисленный α_{83-84} должен быть точно равен исходному α_{83-84} . Результаты вычислений записывают в графу «Дирекционные углы».

Если при вычислении дирекционный угол получается отрицательным, то кроме 180° к дирекционному углу предыдущей стороны необходимо прибавить 360° . Если дирекционный угол получается больше 360° , то из него вычитают 360° .

Производят уравнивание линейных измерений. Обработка линейных измерений начинается с вычисления периметра хода

$$P = \sum_{i=1}^{n-1} d_i.$$

Вычисление приращений координат для всех сторон теодолитного хода выполняют по формулам:

$$\begin{aligned}\Delta x &= d \cdot \cos \alpha; \\ \Delta y &= d \cdot \sin \alpha,\end{aligned}$$

где d – горизонтальное проложение стороны хода; α – дирекционный угол этой же стороны.

Вычисленные приращения координат (Δx и Δy) записывают в графы 9 и 11 табл. 4, находят их суммы $\sum \Delta x_{np}$, $\sum \Delta y_{np}$ и приступают к их уравниванию.

Зная координаты начальной точки x_{83} и y_{83} и приращения, можно вычислить координаты всех точек теодолитного хода:

$$\begin{aligned}x_{84} &= x_{83} + \Delta x_{83-84}; & y_{84} &= y_{83} + \Delta y_{83-84}; \\ x_1 &= x_{84} + \Delta x_{84-1} = x_{84} + \sum_{i=1}^2 \Delta x_i; & y_1 &= y_{84} + \Delta y_{84-1} = y_{84} + \sum_{i=1}^2 \Delta y_i; \\ x_{83} &= x_7 + \Delta x_{7-83} = x_7 + \sum_{i=1}^n \Delta x_i; & y_{83} &= y_7 + \Delta y_{7-83} = y_7 + \sum_{i=1}^n \Delta y_i,\end{aligned}$$

где n – число измеренных сторон хода.

$$\sum \Delta x_{теор} = x_k - x_n; \sum \Delta y_{теор} = y_k - y_n.$$

Для нашего примера

$$\sum \Delta x_{теор} = x_{83} - x_{83} = 0; \sum \Delta y_{теор} = y_{83} - y_{83} = 0.$$

Так как измерения длин сторон имеют погрешности, то суммы вычисленных приращений ($\sum \Delta x_{np}, \sum \Delta y_{np}$) координат отличаются от теоретического значения. Разности этих величин называют *невязками приращений*.

$$f_{\Delta x} = \sum \Delta x_{np} - \sum \Delta x_{теор}; f_{\Delta y} = \sum \Delta y_{np} - \sum \Delta y_{теор}.$$

Невязки $f_{\Delta x}$ и $f_{\Delta y}$ показывают отклонение вычисленных координат конечной точки от её теоретического положения соответственно по осям x и y .

Для оценки точности используют линейную невязку, т.е. расстояние между этими точками (рис. 3). Линейную величину f_{abc} невязки определим как гипотенузу прямоугольного треугольника с катетами $f_{\Delta x}$ и $f_{\Delta y}$.

$$f_{abc} = \sqrt{(f_{\Delta x}^2 + f_{\Delta y}^2)}.$$

Наилучшим образом точность измерений в ходе характеризует относительная невязка, т.е. величина линейной невязки, отнесённая ко всему периметру полигона.

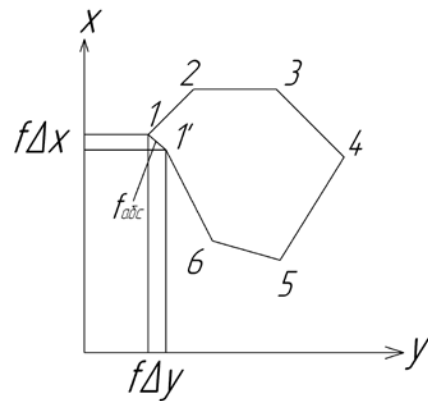


Рис. 3. Линейная невязка (1-1')

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

где n – число измерений сторон хода; P – длина хода.

Относительную невязку принято записывать в виде дроби с единицей в числителе, что облегчает сравнение двух или нескольких

значений. Качество измерений в теодолитном ходе считают удовлетворительным, если $f_{отн} = \frac{1}{N} \leq \frac{1}{2000}$.

Если полученная относительная невязка не превышает допустимого значения, то невязки $f_{\Delta x}$ и $f_{\Delta y}$ распределяют между приращениями координат.

Примеры в задании подобраны так, чтобы относительная невязка получилась допустимой. Если относительная невязка оказалась недопустимой, то в вычислениях допущены ошибки.

Дирекционные углы сторон хода вычислены по исправленным значениям горизонтальных углов $\beta_{испр}$. Следовательно, появление невязок вызвано погрешностями измерения длин сторон хода. Кроме того, погрешность измерения стороны хода пропорциональна её длине (т.е. чем больше длина стороны, тем большая вероятность появления погрешности в её измерении), поэтому невязки в приращениях координат распределяют пропорционально длинам сторон, для этого на каждую длину вычисляют поправку по формулам:

$$V_{\Delta xi} = -\frac{f_{\Delta x}}{P} d_i; \quad V_{\Delta yi} = -\frac{f_{\Delta y}}{P} d_i.$$

Контролем правильности распределения поправок являются равенства $\sum V_{xi} = -f_{\Delta x}$; $\sum V_{\Delta yi} = -f_{\Delta y}$. Далее вычисляют исправленные значения приращений координат

$$\Delta x_{испр_i} = \Delta x_i + V_{\Delta xi}; \quad \Delta y_{испр_i} = \Delta y_i + V_{\Delta yi}.$$

Контролем вычислений служит выполнение равенств

$$\sum \Delta x_{испр_i} = \sum \Delta x_{теор}; \quad \sum \Delta y_{испр_i} = \sum \Delta y_{теор}.$$

Вычисление координат точек теодолитного хода производят по формулам:

$$x_{84} = x_{83} + \Delta x_{испр.83-84};$$

$$x_2 = x_1 + \Delta x_{испр.1-2};$$

$$x_{83} = x_7 + \Delta x_{испр.7-83};$$

$$y_{84} = y_{83} + \Delta y_{испр.83-84};$$

$$y_1 = y_{84} + \Delta y_{испр.84-1};$$

$$y_2 = y_1 + \Delta y_{испр.1-2};$$

$$y_{83} = y_7 + \Delta y_{испр.7-83}.$$

Получение x_{83} и y_{83} , равных исходным значениям, служит контролем правильности вычисления координат точек теодолитного хода.

4. ОБРАБОТКА ВЕДОМОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ РАЗОМКНУТОГО ХОДА

Со схемы (см. рис.1) выписать измеренные углы и горизонтальные проложения в разомкнутом ходе в ведомость вычисления координат (табл. 5).

Таблица 5

Результаты измерений горизонтальных углов и длин сторон хода

Номера вершин хода	Измеренные углы (правые)			Горизонтальные проложения d , м
	°	'	"	
1	184	48	30	50,99
<i>a</i>	207	16	00	
<i>b</i>	164	06	00	73,02
<i>6</i>	73	12	30	70,03

Из ведомости вычисления координат основного хода (см. табл.4) выписать дирекционные углы линий 84–1, 6–7 и координаты точек 1 и 6.

Ведомость вычисления прямоугольных координат вершин теодолитного хода представлена в табл. 6.

Таблица 6

**Ведомость вычисления прямоугольных координат вершин
теодолитного хода**

Номера точек	Измерен- ные углы β_i	Исправ- ленные углы $\beta_{испр}$	Дирекци- онные углы α_i	Румбы r_i	
	о , "	о , "	о , "	назв.	о , "
	2	3	4	5	6
4	-	-			
			11 34 48	<i>СВ</i>	11 34 48
	184 48 30	184 48 46	6 46 02	<i>СВ</i>	6 46 02
	207 16 00	207 16 16	339 29 46	<i>СЗ</i>	20 30 14
	164 06 00	164 06 16	355 23 30	<i>СЗ</i>	4 36 30
	73 12 30	73 12 46	102 10 44	<i>ЮВ</i>	77 49 16
	-	-			
$\Sigma \beta_{np} = 629^\circ 23' 00''$ $[\beta_{теор}] = 629^\circ 24' 04''$ $f_\beta = -1' 04''$ $f_{\beta_{дон}} = \pm 1' \sqrt{4} = \pm 2'$					

Окончание табл.6

Гори- зон- тальное проло- жение	Приращения координат, м								Координаты, м	
	вычисленные				исправленные					
$d, \text{ м}$		Δx		Δy		Δx		Δy	x	y
7		9	0	11	2	13	4	15	16	17
									512,452	832,314
50,99		50,655		6,008		50,624		6,021		
73,05		68,422		25,587		68,378		25,568	631,454	812,767
70,03		69,804		5,626		69,761		5,608		
$\Sigma = 194,07 \quad \Sigma = 188,881$ $\Sigma = -25,205$					$\Sigma = 188,763$		$\Sigma = -25,155$		$\Sigma \Delta x_{\text{теор}} =$ $= x_{83} - x_{84} =$ $= 188,763$	$\Sigma \Delta y_{\text{теор}} =$ $= y_{83} - y_{84} =$ $= -25,155$
$\Sigma \Delta x_{np} = f_{\Delta x} = 0,118; \Sigma \Delta y_{np} = f_{\Delta y} = -0,050$ $f_{a\delta c} = \sqrt{(0,118)^2 + (-0,050)^2} = 0,128$ $f_{omh} = \frac{1}{\Sigma d / f_{a\delta c}} = \frac{1}{194,07 / 0,128} \approx \frac{1}{1516} < \frac{1}{1500}$										

Подсчитать сумму измеренных углов в разомкнутом ходе:

$$\sum_{i=1}^n \beta_{np} = \beta_1 + \beta_a + \beta_b + \beta_6.$$

Подсчитать теоретическую сумму углов:

$$[\beta_{теор}] = \alpha_{нач} + 180^\circ \cdot n - \alpha_{кон},$$

где n – число углов полигона.

Определить угловую невязку по формуле

$$f_{\beta} = \sum \beta_{np} - [\beta_{теор}].$$

Если невязка в углах не превышает допустимой величины, вычисленной по формуле

$$f_{\beta доп} = 1' \sqrt{n},$$

то распределить её с обратным знаком поровну во все углы полигона

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

Поправки выписать с их знаками над значениями соответствующих измеренных углов. Сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком.

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

Учитывая поправки, вычислить исправленные углы.

$$\beta_{испр} = \beta_{изм} + \delta_{\beta}.$$

Их сумма должна быть равна теоретической сумме углов

$$\sum \beta_{испр} = [\beta_{теор}].$$

По исходному дирекционному углу и исправленным углам вычислить дирекционные углы сторон разомкнутого хода по формулам

$$\alpha_{посл} = \alpha_{пред} + 180^{\circ} - \beta_{прав};$$

$$\alpha_{посл} = \alpha_{пред} - 180^{\circ} + \beta_{лев}.$$

В результате последовательного вычисления в разомкнутом ходе должен получиться дирекционный угол конечной стороны.

По формулам связи (см. табл.1) вычислить румбы. По горизонтальным проложениям линии d и румбам r вычислить приращения координат Δx и Δy по разомкнутому ходу по формулам:

$$\Delta x = d \cdot \cos \alpha;$$

$$\Delta y = d \cdot \sin \alpha.$$

Результаты вычисления записать в ведомость координат (см. табл. 6), округлив до 0,01м. Знаки приращения координат расставить в соответствии с названием румбов. Рассчитать невязки в приращениях по осям X и Y :

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

$$f_{\Delta y} = \sum \Delta y_{np} - \sum \Delta y_{теор},$$

где $\sum \Delta x_{np}$ и $\sum \Delta y_{np}$ – алгебраические суммы приращений по осям координат; $\sum \Delta x_{теор}$ и $\sum \Delta y_{теор}$ – теоретические суммы, в разомкнутом ходе вычисленные по формулам:

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

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

Вычислить абсолютную невязку периметра

$$f_{абс} = \sqrt{f_{\Delta x}^2 + f_{\Delta y}^2},$$

а затем относительную, которую выразить правильной дробью.

Относительная невязка не должна быть более 1/2000:

$$f_{отн} = \frac{f_{абс}}{\sum d} = \frac{1}{\sum d / f_{абс}},$$

где $\sum d$ – сумма длин сторон разомкнутого хода.

Если относительная невязка окажется меньше 1/2000, то невязки следует распределить на все приращения координат пропорционально горизонтальным проложениям линий с обратным знаком:

$$\delta_{xi} = -\frac{f_{\Delta x}}{P} d_i; \quad \delta_{yi} = -\frac{f_{\Delta y}}{P} d_i.$$

Поправки δ_{xi} и δ_{yi} выписать над соответствующими приращениями.

Сумма поправок в приращениях по каждой оси должна равняться невязке по соответствующей оси, взятой с обратным знаком. Контролем правильности распределения поправок являются равенства:

$$\sum \delta_{xi} = -f_{\Delta x}; \sum \delta_{yi} = -f_{\Delta y}.$$

Далее вычисляют исправленные значения приращений координат:

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

Контролем вычислений служит выполнение равенств

$$\sum \Delta x_{испр_i} = \sum \Delta x_{теор}; \sum \Delta y_{испр_i} = \sum \Delta y_{теор}.$$

Имея координату точки 1, последовательно найти координаты точек разомкнутого хода. В результате последовательного вычисления должны получиться координаты точки 6.

$$\begin{aligned} x_a &= x_1 + \Delta x_{испр_{1-a}}; & y_a &= y_1 + \Delta y_{испр_{1-a}}; \\ x_b &= x_a + \Delta x_{испр_{a-b}}; & y_b &= y_a + \Delta y_{испр_{a-b}}; \\ x_6 &= x_b + \Delta x_{испр_{b-6}}. & y_6 &= y_b + \Delta y_{испр_{b-6}}. \end{aligned}$$

5. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СЪЕМКИ

Графическую обработку результатов съемки начинают с построения координатной сетки со сторонами 100 мм при помощи линейки Дробышева на листе ватмана и осуществляют ее оцифровку в соответствии с масштабом съемки и значениями координат точек съемочного обоснования. Далее по координатам наносят на план пункты съемочного обоснования (циркулем-измерителем с помощью поперечного масштаба) и подписывают их названия и высоты. Контроль нанесения точек съемочного обоснования осуществляют по горизонтальным проложениям между этими точками.

Речные точки наносят на план по значениям полярных углов и горизонтальных проложений до речных точек. Полярные углы строят по транспортиру, а полярные расстояния (горизонтальные проложения) – с помощью линейки. Полярные углы и расстояния можно

наносить на план с помощью тахеографа. По углам поворота контура, сообразуясь с зарисовками в абрисе, получают контуры угодий, а предметы местности обозначают условными знаками.

План вычерчивают в условных топографических знаках, принятых для данного масштаба. Внешнее оформление плана горизонтальной съемки заключается в зарамочном оформлении согласно требованиям условных топографических знаков.

Обязательно следует указать:

- масштаб плана;
- систему координат (условная);
- исполнителя съемки, который несет ответственность за достоверность информации на плане или карте.

Рассмотрим каждый из этапов построения более подробно.

Построение координатной сетки.

а) с помощью линейки Дробышева.

Это стальная линейка с шестью окнами, расположенными на расстоянии 10 см друг от друга. Одно ребро линейки, один торец и один край каждого окна скошены. На первом скошенном окне нанесена риска. Расстояние между ней и скошенным торцом линейки 70,711 см, это размер диагонали квадрата 50×50 см. При построении сетки квадратов линейкой Дробышева отмечают шесть положений линейки.

Прочерчивают внизу листа линию на расстоянии от края 2–3 см. На линии отмечают точку *A*, от которой откладывают точку *B* – шестое окошко.

Засечками с точки *A* стороной квадрата (шестое окошко), а с точки *B* диагональю получают точку *C*.

Засечками с точки *C* стороной квадрата и с точки *B* стороной квадрата получают точку *D*.

Диагональю *AD* проверяют точность построения. Допустимое расхождение – 0,2 мм.

Полученный квадрат разбивают на малые квадраты со сторонами 10×10 см;

б) при нестандартных размерах плана можно построить сетку координат с помощью измерителя и масштабной линейки.

Оцифровка сетки координат.

Для оцифровки сетки из ведомости координат съемочного обоснования выписывают максимальные и минимальные значения *x* и *y*. Разность этих значений в соответствующем масштабе дает величину

плана, помещаемого на лист. В зависимости от этого и намечают начало координат по осям x и y . Надписи цифр выполняются высотой 3 мм симметрично горизонтальной линии сетки. Точка A имеет минимальные на плане значения $x_{\min}$ и $y_{\min}$, x – снизу вверх (от $x_{\min}$ до $x_{\max}$), y – слева направо (от $y_{\min}$ до $y_{\max}$).

Пример: $x_{\min}=305,17$ м; $x_{\max}=526,87$ м. Масштаб плана 1:1000, следовательно, сторона квадрата в 10 см на местности соответствует расстоянию в 100 м.

$$(x_{\max} - x_{\min})/100 = (526,87\text{м} - 305,17\text{м})/100 \approx 3.$$

Следовательно, необходимо построить по оси x (вертикально) три квадрата. Аналогично определяют число горизонтальных квадратов по оси y .

Сетку вычерчивают остро отточенным карандашом. Построение координатной сетки необходимо тщательно проконтролировать: циркулем-измерителем сравнивают между собой диагонали квадратов. Расхождение в их длинах допускается не более 0,2 мм; если расхождение получается больше, сетку строят заново.

Координатную сетку оцифровывают так, чтобы теодолитный ход размещался примерно в середине листа бумаги (см. табл. 4).

Построение теодолитного хода по координатам его вершин.

Вершины хода наносят на план по их вычисленным координатам (см. табл. 4 и табл. 6, графы 11, 12). Нанесение точек производят с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки следующим образом.

Предположим, требуется нанести точку 3 с координатами $x=528,45$ м и $y=414,10$ м.

Сначала выясняют, в каком из квадратов сетки должна лежать эта точка: по направлению x точка должна находиться между линиями сетки с абсциссами 500 и 600, по направлению y – между линиями сетки с ординатами 400 и 500 (рис. 4, *а*). От линии с абсциссой 500 по вертикальным сторонам откладывают вверх расстояние 528,45 м – 500 м = 28,45 м (рис. 4, *б*) и проводят линию, параллельную линии с абсциссой 500. Вдоль этой линии от вертикальной линии сетки с ординатой 400 откладывают вправо расстояние 414,10 м – 400 м = 14,10 м.

Полученную точку обозначают слабым наколом иглы циркуля-измерителя и сразу же обводят окружностью диаметром 1,5 мм;

внутри этой окружности никакие линии проводить нельзя. Рядом записывают номер точки.

Нанесение точек хода необходимо проконтролировать. Для контроля измеряют расстояние между нанесенными вершинами: получившиеся на плане длины сторон хода должны отличаться от записанных в графе 7 «Ведомости вычисления координат» не более чем на 0,2 мм в масштабе составляемого плана.

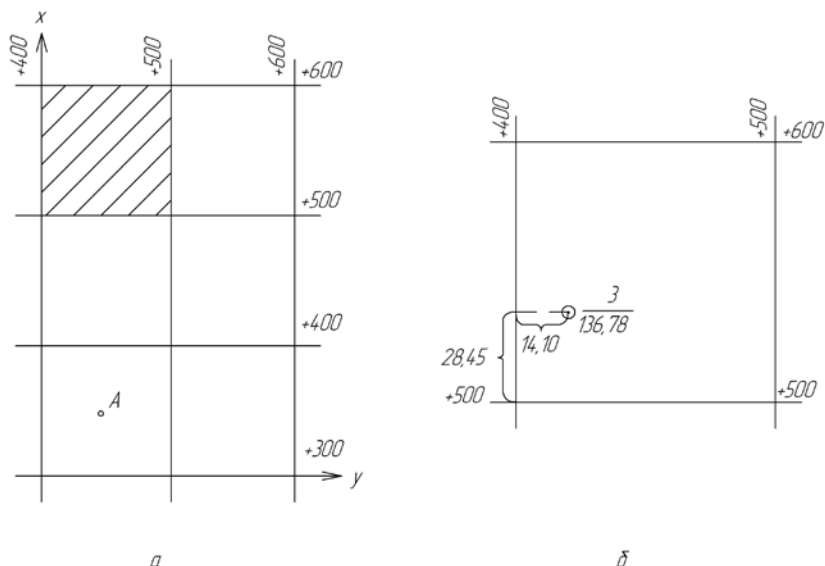


Рис. 4. Построение по координатам точек планового съемочного обоснования: *а* – оцифровка координатной сетки; *б* – построение точки по координатам

Нанесение на план речных точек.

Нанесение на план речных точек производят с помощью циркуля-измерителя, масштабной линейки и транспортира. Данные для нанесения берут из журнала горизонтальной съемки (табл. 7 – 11).

При съемке на станции 6 лимб теодолита был ориентирован по направлению на станцию 1 (отсчет по горизонтальному кругу в направлении на станцию 1 равен $0^{\circ}00'$). С помощью транспортира вправо (по направлению часовой стрелки) от направления ст.6 – ст.1 откладывают горизонтальные углы (отсчеты по горизонтальному кругу), измеренные при визировании на речные точки 16,17,...,45 (рис. 5). Получив на плане направления на эти речные точки, от станции 6 по ним откладывают в масштабе 1:1000 величины соответствующих горизонтальных проложений (см. табл. 7 – 11).

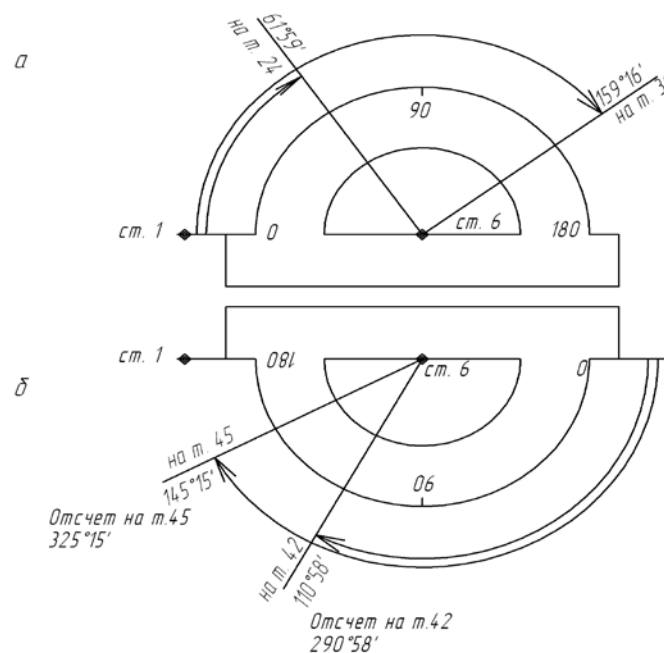


Рис. 5. Построение на плане направлений на речные точки, для которых отсчеты по горизонтальному кругу:
a – меньше 180°; *б* – больше 180°

Таблица 7

Журнал горизонтальной съёмки

Теодолит 2Т30П №43483 Дата: _____ Съёмка выполнена при «КЛ»

Отсчет по горизонтальному кругу на станции №6 = 0°00'

Станция №6

Инструмент ориентирован на

станции №6

Номера точек	Отсчет по горизонтальному кругу		Расстояние, м	Примечание
	градусы	минуты		
15	318	06	86,4	Граница леса
16	306	27	65,0	Граница леса
18	218	22	65,5	Дорога
20	241	06	25,0	Река
21	317	56	28,4	Река
22	343	26	71,0	Урез(КЛ)
23	176	03	34,9	Мост/ограждение
24	180	16	28,5	Река
25	224	16	8,1	Река/ограждение
26	342	39	33,2	Река
27	354	07	69,6	Река
30	83	20	25,1	Ограждение
32	96	56	31,3	Столб деревянный
36	75	52	91,4	Столб деревянный
Ст.№6	0	01	-	Ориентирование

Таблица 8

Журнал горизонтальной съёмки

Теодолит 2Т30П №43483 Дата: _____ Съёмка выполнена при «КЛ»

Отсчет по горизонтальному кругу на станции №b = 0°00'

Станция №a **Инструмент ориентирован на****станции № b**

Номера точек	Отсчет по горизонтальному кругу		Расстояние, м	Примечание
	градусы	минуты		
50	331	25	44,3	Мост
51	338	11	38,0	Середина моста
52	227	55	14,8	Река
53	294	14	11,0	Ограждение/река
Ст. № b	0	00	-	Ориентирование

Таблица 9

Журнал горизонтальной съёмки

Теодолит 2Т30П №43483 Дата: _____ Съёмка выполнена при «КЛ»

Отсчет по горизонтальному кругу на станции №5 = 0°00'

Станция №4 **Инструмент ориентирован на****станции №5**

Номера точек	Отсчет по горизонтальному кругу		Расстояние, м	Примечание
	градусы	минуты		
2	67	52	30,3	Дорога
3	55	48	51,4	Дорога
4	67	52	73,0	Кустарник
6	75	11	88,7	Кустарник
7	62	06	87,3	Дорога
8	49	51	72,5	Дорога
9	38	27	87,5	Граница леса
10	38	14	78,7	Граница леса
11	32	13	70,6	Граница леса
13	11	24	31,5	Граница леса
14	353	30	97,1	Граница леса
Ст. №5	359	59	-	Ориентирование

Таблица 10

Журнал горизонтальной съёмки

Теодолит 2Т30П №44417 Дата: _____ Съёмка выполнена при «КЛ»

Отсчет по горизонтальному кругу на станции №7 = 0°00′

Станция №п/п83**Инструмент ориентирован на****станции №7**

Номера точек	Отсчет по горизонтальному кругу		Расстояние, м	Примечание
	градусы	минуты		
54	280	55	58,3	Ограждение
55	300	01	74,8	Ограждение
56	302	55	78,3	Дорога
57	0	00	60,1	Дорога
Ст.№7	0	01	-	Ориентирование

Таблица 11

Журнал горизонтальной съёмки

Теодолит 2Т30П №44417 Дата: _____ Съёмка выполнена при «КЛ»

Отсчет по горизонтальному кругу на станции №2 = 0°00′

Станция №1**Инструмент ориентирован на****станции №2**

Номера точек	Отсчет по горизонтальному кругу		Расстояние, м	Примечание
	градусы	минуты		
41	345	48	88,7	Кустарник
42	354	38	96,5	Кустарник
44	37	01	39,6	Урез (КЛ)
45	35	25	78,8	Дорога
49	22	13	9,8	Река
Ст.№2	359	59	-	Ориентирование

При съёмке со станции 4 лимб ориентировали по направлению на станцию 5, поэтому при нанесении речных точек на план горизонтальные углы на этих станциях надо откладывать по часовой стрелке от направления на станцию 5 (рис. 6).

Нанесенную на план речную точку обозначают слабым наколом иглы циркуля-измерителя и обводят окружностью 1,0 мм. Рядом карандашом подписывают номер точки.

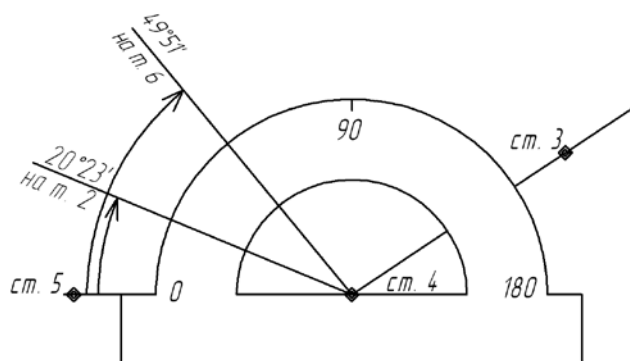


Рис. 6. Построение направлений на речные точки, взятые со станции 4

Для построения ситуации на плане необходимо знать, каким способом она снималась. Съёмку характерных подробностей ситуации осуществляют в зависимости от конкретных условий местности и используемых приборов одним из следующих способов: способом перпендикуляров, способом угловых засечек, линейных засечек, полярных координат, обхода и створов, способом обмера.

При съёмке на местности определяют положение характерных точек ситуации (углов зданий, изгибов дороги). В последующем с помощью графических построений на бумаге получают изображение этих точек и зарисовывают ситуацию в условных знаках.

1. Способ перпендикуляров (или прямоугольных координат).

В этом способе мерный прибор – стальную ленту или рулетку – укладывают в створ стороны теодолитного хода и из характерных точек ситуации опускают перпендикуляр на сторону хода.

По рулетке определяют расстояние от точки теодолитного хода до основания перпендикуляра (абсциссу x) и измеряют длину перпендикуляра (ординату y). При съёмке кварталов в городах и поселках длина от 0,25 – 4 м при 1:500, а при использовании экера – до 20 м.

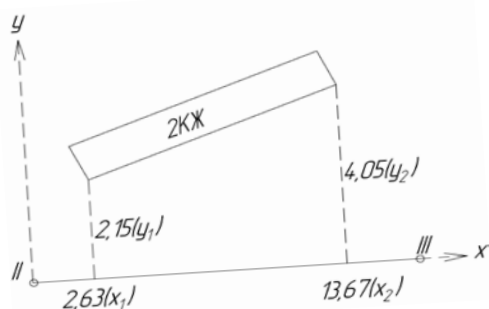


Рис. 7. Способ прямоугольных координат

На рис. 7 положение юго-западного угла здания характеризуется значениями $x_1 = 2,63$ м и $y_1 = 2,15$ м, а юго-восточного угла – значениями $x_2 = 13,63$ м; $y_2 = 4,05$ м.

Для построения углов здания на плане соединяют нанесенные ранее точки теодолитного хода II и III, откладывают по полученному створу значения абсцисс x в масштабе съёмки,

строят с помощью треугольника перпендикуляры и откладывают в соответствующем масштабе значения ординат. Полученные точки соединяют и получают изображение на плане фасада здания.

Для повышения точности построения перпендикуляров на местности используют двухзеркальный экер.

2. Способ полярных координат.

В этом способе за полярную ось принимают сторону теодолитного хода 2 – 1, а за полюс – точку 2 теодолитного хода. Положение снимаемой точки определяют полярным углом β и полярным расстоянием. Положение колодца определяют полярным углом $19^\circ 45'$ и полярным расстоянием $d = 48,23$ м (рис. 8).

Для построения точки, определяющей положение колодца на плане, транспортиром откладывают от направления 2 – 1 полярный угол β и по полученному направлению отмеряют от точки 2 расстояние d в масштабе съемки.

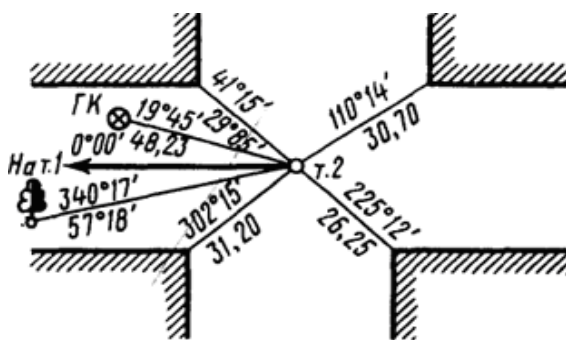


Рис. 8. Способ полярных координат

При съемках различают так называемые твердые и нетвердые контуры. Твердые контуры имеют на местности резко очерченные границы. Например, углы зданий, бордюрный камень на улицах населенных пунктов, столбы электропередачи и т.п. Нетвердые контуры не имеют на местности резко очерченных границ. К ним относятся границы куч грунта, посадок растительности, различных угодий.

Для обеспечения точности съемки полярным способом ограничивают величину полярного расстояния.

3. Способ угловых засечек.

В этом способе для съемки характерной точки ситуации устанавливают теодолит последовательно на точках теодолитного хода II и III и измеряют углы между стороной хода и направлением на предмет – фонарный столб.

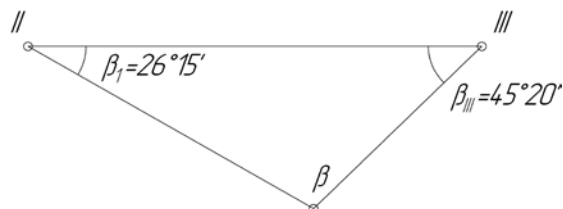


Рис. 9. Способ угловой засечки

Для построения точки на плане откладывают по транспортиру в точках теодолитного хода II и III значения β_{II} β_{III} соответственно, проводят направления, а положение точки определяют по пересече-

нию полученных направлений. Для контроля производят измерение с третьей точки (рис. 9).

4. Способ линейных засечек.

В этом способе для съемки характерной точки измеряют расстояния от точки до двух точек планового обоснования. На рис. 10 для съемки фонаря измерены расстояния до определяемой точки от точки теодолитного хода II ($d_{II} = 15,0$ м) и от створной точки С ($d_C = 14,70$ м). На плане положение фонаря определяют как пересечение засечек циркуля с длинами

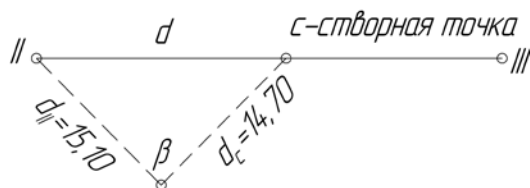


Рис. 10. Способ линейной засечки

засечек циркуля с длинами d_{II} и d_C соответственно из точек II и С.

Способ линейных засечек применяют для съемки твердых контуров. Длины засечек более мерного прибора (рулетки или стальной ленты) применяют

редко. Наиболее благоприятной в смысле точности съемки считается засечка равными расстояниями: $d_{II} = d_C = d$.

5. Способ обхода реализуют проложением теодолитного хода по контуру снимаемого объекта с привязкой этого хода к съемочному обоснованию (на рис. 11 точка А – точка съемочного обоснования).

Углы $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ снимают при одном положении круга теодолита, а измерения длин сторон съемочного теодолитного хода осуществляют рулеткой или нитяным дальномером. Используют при съемке нетвердых контуров (лес, пашня, озеро, огороды).

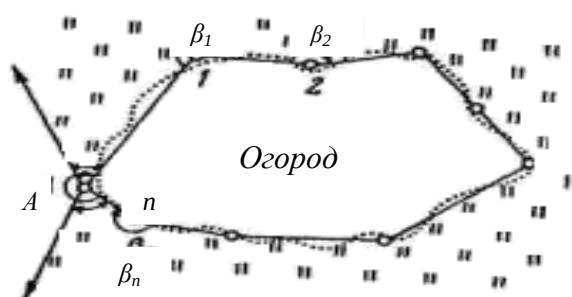


Рис. 11. Способ обхода

6. Суть способа створов состоит в том, что в створе двух известных точек, размещенных на сторонах съемочного обоснования (например, М и N), при помощи теодолита и мерного прибора определяют положение характерных ситуационных точек a, b, c, d (рис. 12).

При производстве теодолитной съемки ведут абрис и журнал измерений. Абрис представляет собой схематический чертеж отдельных сторон съемочного обоснования и контуров ситуации в произвольном масштабе, но с обязательным указанием промеров. В журнале записывают отсчеты при измерении углов. У нас журналы гори-

зонтальной съемки (см. табл. 7– 11), а абрисы представлены на рис. 13 –16.

Нанесение на план ситуации. Накладку ситуации производят в масштабе 1:1000 по абрису (см. рис. 13 – 16). Вначале рекомендуется нанести по абрису здание, снятое способом перпендикуляров. Грунтовую дорогу наносят по реечным точкам 6, 7, 10, 11, 37, 39, 46, 48. Ширина грунтовой дороги (4 м) в пределах участка съемки сохраняется постоянной.

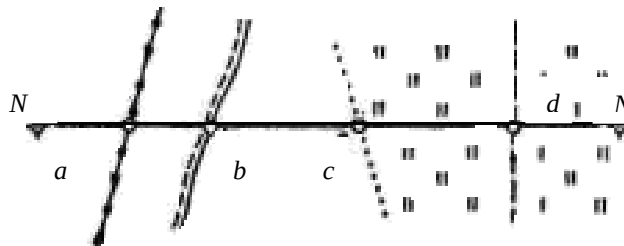


Рис. 12. Способ створов

Линия уреза воды в реке Омь наносится по реечным точкам 16, 17, 18, 19, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 50, 51, 60 и 61.

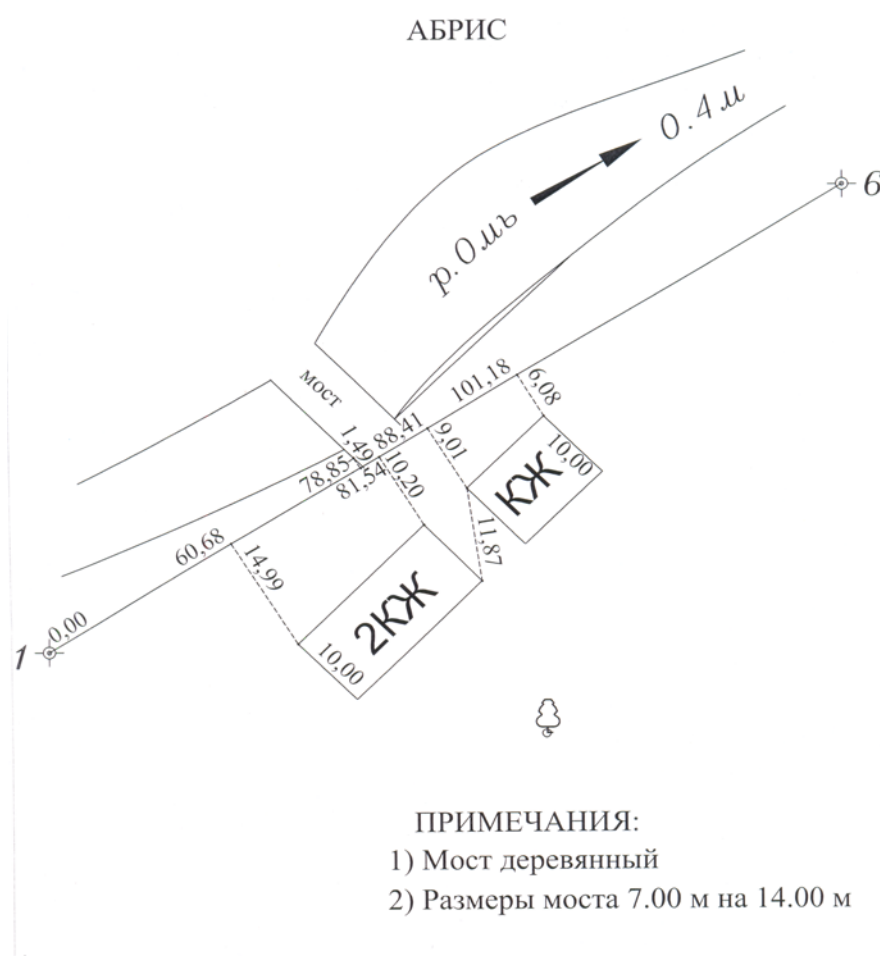


Рис. 13. Съемка способом перпендикуляров

АБРИС

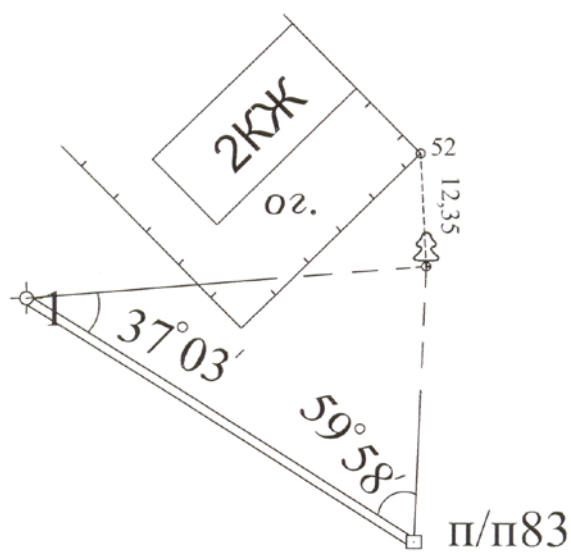
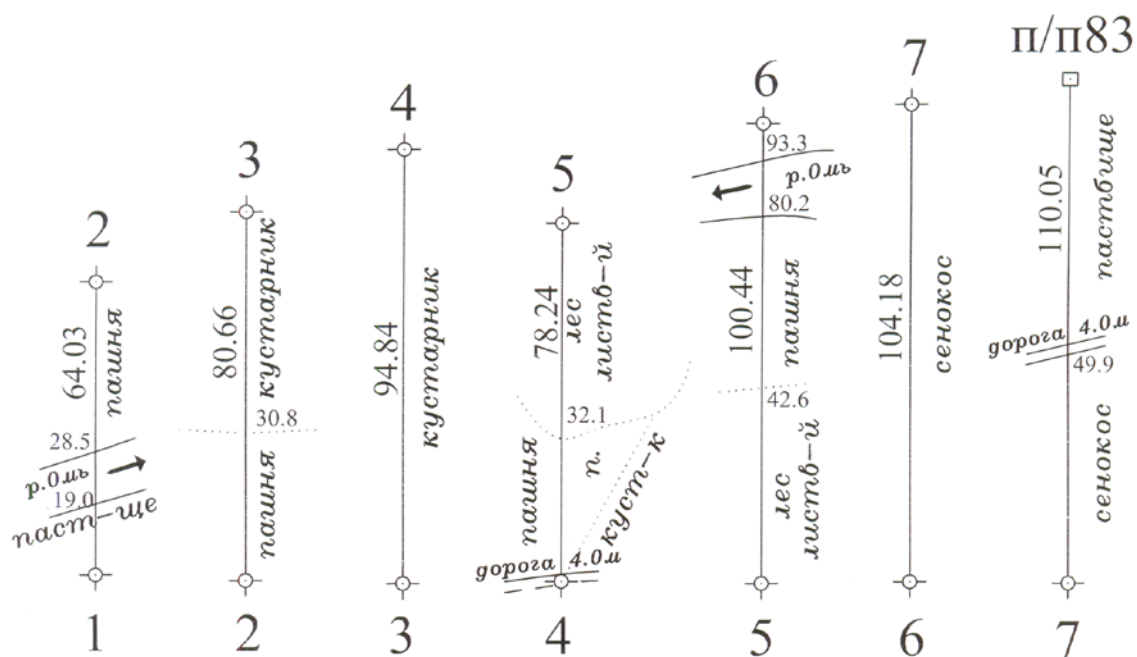


Рис. 14. Съёмка способом створов и засечек

АБРИС

Станция № П/П83 Инстр. ориентирован на ст. № 7

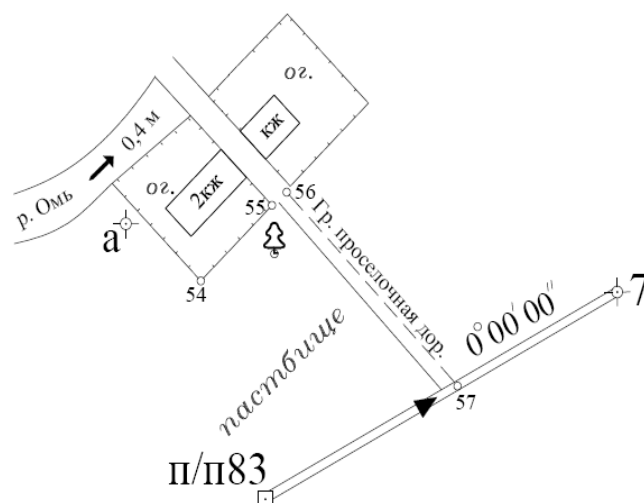


Рис. 15. Съемка полярным способом со станции № П/П 83 (съемка выполнена теодолитом 2Т30П)

АБРИС

Станция № а Инстр. ориентирован на ст. № b

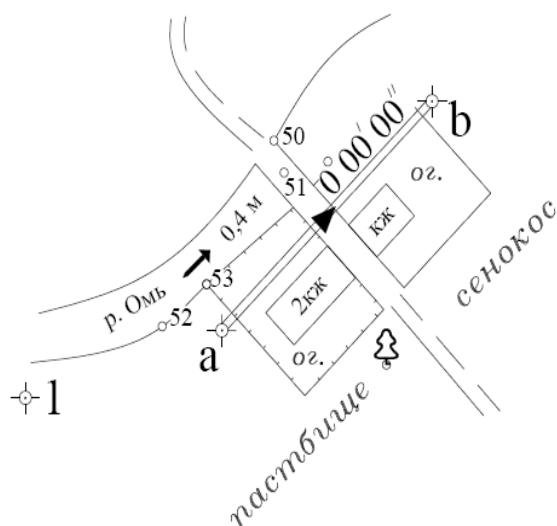


Рис. 16. Съемка полярным способом со станции № а (съемка выполнена теодолитом 2Т30П)

АБРИС

Станция № 6 Инстр. ориентирован на ст. № 6

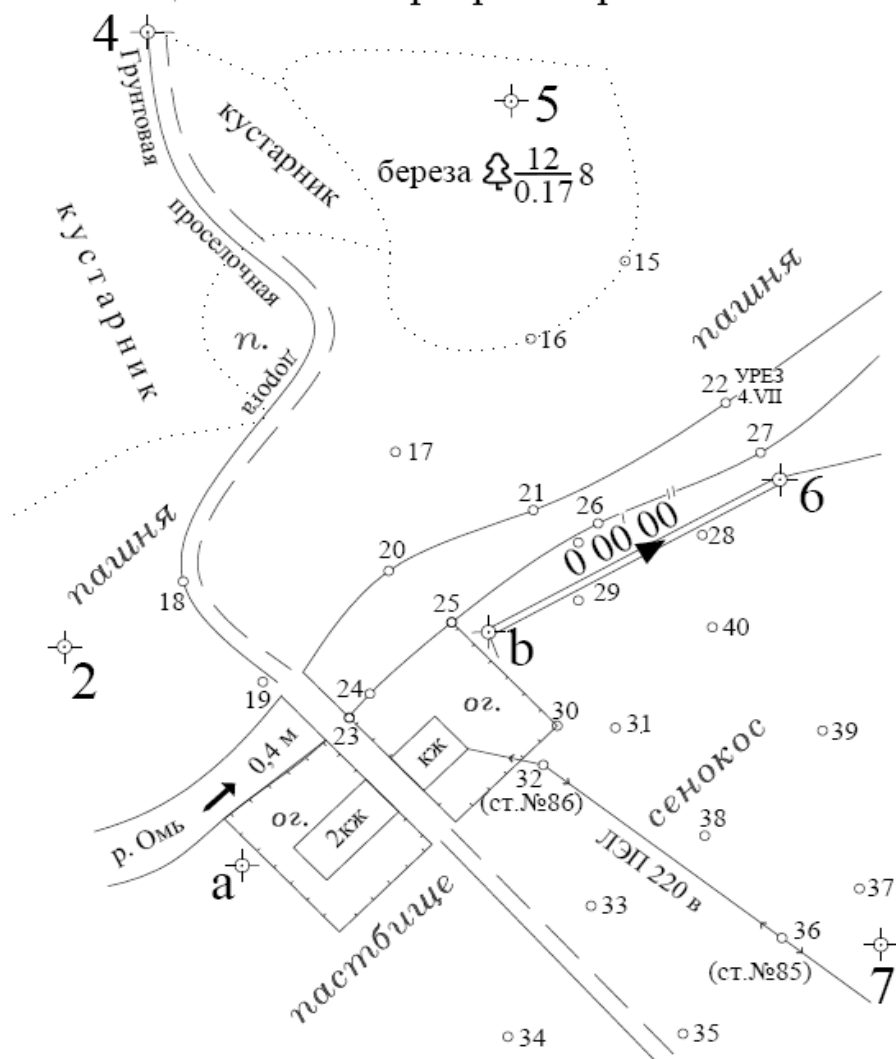


Рис. 17. Съёмка полярным способом со станции № 6
(съёмка выполнена теодолитом 2Т30П)

АБРИС

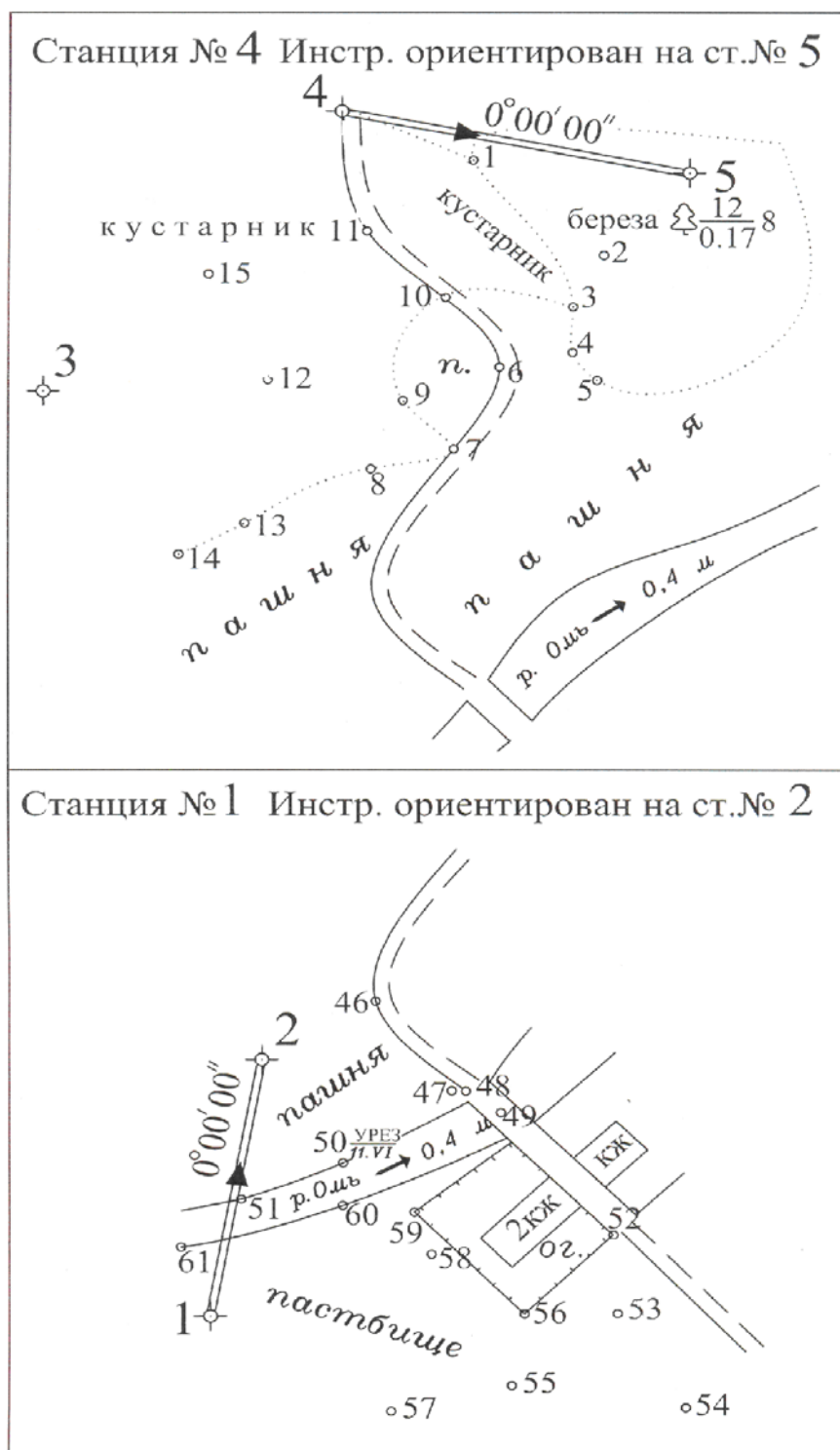


Рис. 18. Съемка полярным способом со станций 1 и 4
(съемка выполнена теодолитом 2Т30П)

Оформление плана горизонтальной съемки. Все контуры, изображаемые на плане, вычерчивают карандашом в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500». При этом необходимо тщательно выдерживать очертания и размеры, а также порядок размещения значков, приведенные в «Условных знаках» для масштаба 1:1000. Все построения и надписи выполняют тонкими линиями. Вспомогательные построения на плане не обводят.

При отсутствии книги «Условные знаки» можно руководствоваться образцами условных знаков, приведенными в прил. 2.

С северной стороны участка подписывают значения y , а с восточной – x линий координатной сетки. Это делают возле пересечений координатных линий (вершин квадратов) сетки.

В верхней части листа выполняют заглавную надпись, в нижней указывают численный масштаб плана.

Общее представление об оформлении составленного плана дается в прил. 3.

6. ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ УЧАСТКА СЪЕМКИ

Если по результатам измерений на местности определены координаты вершин замкнутого многоугольника, то площадь последнего может быть определена аналитическим способом.

Пусть известны прямоугольные координаты вершин треугольника 1–2–3 (рис.9). Опустив из его вершин перпендикуляры на ось OY , площадь треугольника можно представить следующим образом:

$$S = S_I + S_{II} + S_{III},$$

где S_I , S_{II} , S_{III} – площади трапеций соответственно I ($1'-1-2-2'$), II ($2'-2-3-3'$) и III – ($1'-1-3-3'$).

Площади рассматриваемых трапеций определяются как

$$S_I = 1/2(x_1 + x_2)(y_2 - y_1);$$

$$S_{II} = 1/2(x_2 + x_3)(y_3 - y_2);$$

$$S_{III} = 1/2(x_1 + x_3)(y_3 - y_1).$$

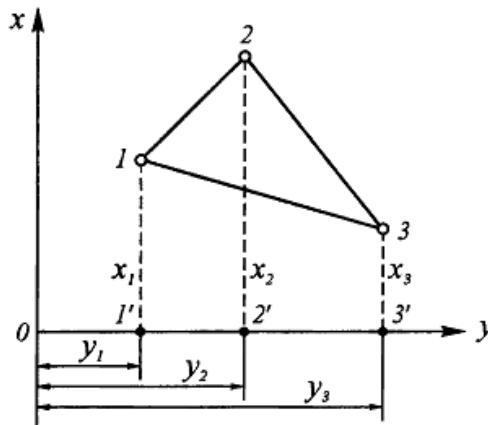


Рис. 19. Аналитический способ
определения площади

Тогда удвоенная искомая площадь треугольника 1–2–3 будет равна

$$2S = (x_1 + x_2)(y_2 - y_1) + (x_2 + x_3)(y_3 - y_2) - (x_1 + x_3)(y_3 - y_1)$$

или

$$2S = (x_1 + x_2)(y_2 - y_1) + (x_2 + x_3)(y_3 - y_2) + (x_1 + x_3)(y_3 - y_1).$$

После раскрытия скобок соответствующей группировки членов уравнения и вынесения за скобки общих знаменателей получим

$$2S = x_1(y_2 - y_3) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_1 - y_2)$$

или

$$2S = y_1(x_3 - x_2) + y_2(x_1 - x_3) + y_3(x_2 - x_1).$$

В общем виде

$$S = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^{i=3} x_i(y_{i+1} - y_{i-1})$$

или

$$S = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^{i=3} y_i(x_{i-1} - x_{i+1}).$$

Тогда для многоугольника с числом вершин n при их оцифровке по ходу часовой стрелки формулы общего вида запишутся так:

$$S = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}); \quad S = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^n y_i (x_{i-1} - x_{i+1}),$$

где $i=1, 2, 3, \dots, n$.

Для контроля вычисления производят по обеим формулам.

На практике для вычисления площадей полигона удобно использовать формулы, в которые наряду с координатами точек входят приращения координат. Это позволяет вести вычисления непосредственно в ведомости вычисления координат, в которой имеются все элементы, входящие в формулу.

Можно записать в общем виде

$$2S = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i + x_{i+1})(y_{i+1} - y_i).$$

Поскольку $(y_{i+1} - y_i) = \Delta y_i$, то

$$2S = \sum_{i=1}^n (x_i + x_{i+1}) \Delta y_i$$

или

$$2S = \sum_{i=1}^n x + \Delta y_i + \sum_{i=1}^n x_i \Delta y_i.$$

Пример расчета площади по координатам точек полигона и приращениям координат приведен в табл. 12.

Таблица 12

Пример расчета площади по координатам точек полигона и приращениям координат

Номера точек	x	y	$(x_i + x_{i+1})$	$(y_{i+1} - y_i) = \Delta y_i$	$(x_i + x_{i+1}) \Delta y_i$
1	2	3	4	5	6
83		917,879			
			1014,676	-99,379	-100837,486
84	445,100	818,500			
			957,552	13,814	13227,623
1	512,452	832,314			
			1060,760	-53,042	-56264,832
2	548,308	779,272			

Окончание табл. 12

1	2	3	4	5	6
			1080,182	-78,949	-85279,289
3	531,874	700,323			
			1151,041	-37,090	-42692,111
4	619,167	663,233			
			1302,288	45,105	58739,700
5	683,121	708,338			
			1384,336	98,821	136801,468
6	701,215	807,159			
			1380,468	101,857	140610,329
7	679,253	909,016			
			1248,829	8,863	11068,371
83	569,576	917,879			
					$\Sigma = 75373,773$

$$S = \frac{1}{2} \cdot 75373,773 = 37686,89 \text{ м}^2.$$

Библиографический список

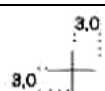
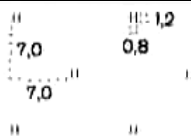
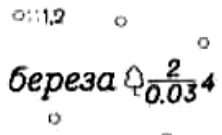
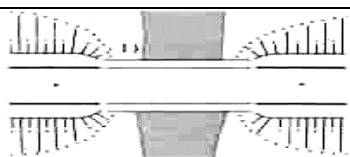
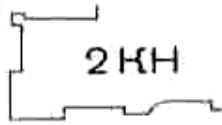
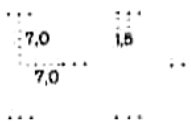
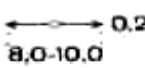
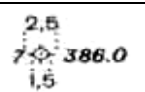
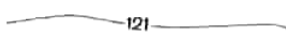
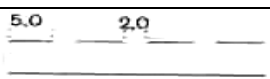
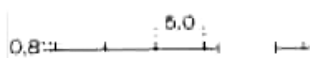
1. *Поклад, Г.Г.* Геодезия : учебное пособие для вузов / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – 2-е изд. – М. : Академический Проект, 2013. – 592 с.
2. Инженерная геодезия и геоинформатика : учебник для вузов / под ред. С.И. Матвеева. – М. : Академический Проект: Фонд «Мир», 2012. – 484 с.
3. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М. : ФГУП «Картгеоцентр», 1989. – 286 с.
4. *Клюшин, Е.Б.* Инженерная геодезия : учебник для студ. высш.учеб. заведений / Е.Б. Клюшин, М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман. – М. : Издательский центр «Академия», 2006. – 480 с.
5. Инженерная геодезия : учебник / Г.А.Федотов.– 3-е изд., испр.– М. : Высшая школа, 2006.– 463 с.
6. Инженерная геодезия : учебник / Г.А. Федотов. – 4-е изд., стер.– М. : Высшая школа, 2007.– 463 с.
7. *Куштин, И.Ф.* Геодезия: обработка результатов измерений / И.Ф. Куштин. – М. : МарТ, 2006. – 392 с.
8. Измерение горизонтальных и вертикальных углов : методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Инженерная геодезия» / сост. : Ю.В. Столбов, А.А. Побережный. – Омск : СибАДИ, 2013. –19 с.
9. Решение задач на топографических картах : методические указания и задания к лабораторной работе для студентов строительных специальностей очной и заочной форм обучения / сост. : Т.П. Синютина, Л.Ю. Миколишина, Т.В.Котова.– Омск : СибАДИ, 2012. – 37 с.
10. Инженерное обеспечение строительства (геодезия) : учебно-методическое пособие / сост. : Т.П. Синютина, Л.Ю. Миколишина, Т.В. Котова, Н.С. Воловник, – Омск : СибАДИ, 2012. – 96 с.
11. Учебная геодезическая практика : методические указания для студентов строительных специальностей и направлений / сост. Т.П. Синютина. – Омск : СибАДИ, 2013. – 78 с.
12. *Виноградов, А. В.* Современные технологии геодезических изысканий : учебное пособие / А. В. Виноградов, А. В.Войтенко. – Омск : СибАДИ, 2012. – 108 с.

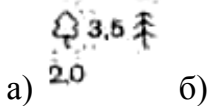
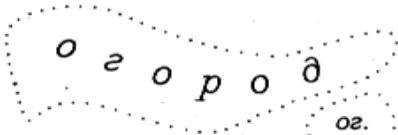
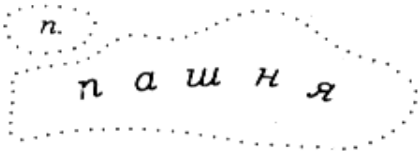
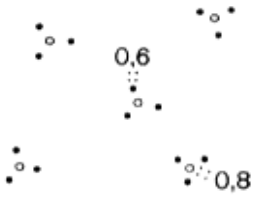
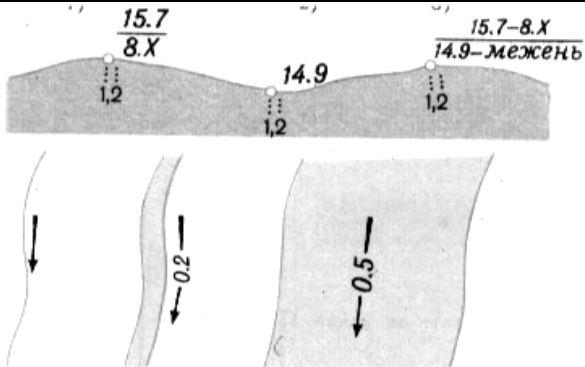
Варианты

Номер варианта	X_{84}	Y_{84}	X_{83}	Y_{83}
1	1559,434	1072,251	1683,910	1171,63
2	1610,570	1293,078	1632,774	1450,803
3	1681,188	1569,021	1562,156	1674,860
4	1594,235	1797,175	1649,109	1946,706
5	1810,040	2462,619	1768,404	2616,362
6	1642,490	2295,069	1600,854	2448,812
7	1700,290	2634,658	1543,053	2609,223
8	1379,491	1042,685	1363,853	1201,196
9	1320,493	1310,922	1422,851	1432,959
10	1332,742	1552,464	1410,602	1691,417
11	1451,151	1866,875	1292,193	1877,006
12	1404,397	2049,334	1338,949	2194,547
13	1446,385	2399,519	1296,959	2344,362
14	1726,984	1239,801	1851,460	1339,180
15	1778,120	1460,628	1800,324	1618,353
16	1848,738	1736,571	1729,706	1842,410
17	1761,785	1964,725	1816,659	2114,256
18	1867,840	2802,208	1710,603	2776,773
19	1547,041	1210,235	1531,403	1368,746
20	1488,043	1478,472	1590,401	1600,509
21	1618,701	2034,425	1459,743	2044,556
22	1571,947	2216,884	1506,499	2362,097
23	1613,935	2567,069	1464,509	2511,912
24	1740,084	1252,901	1864,560	1352,280
25	1791,220	1473,728	1813,424	1631,453

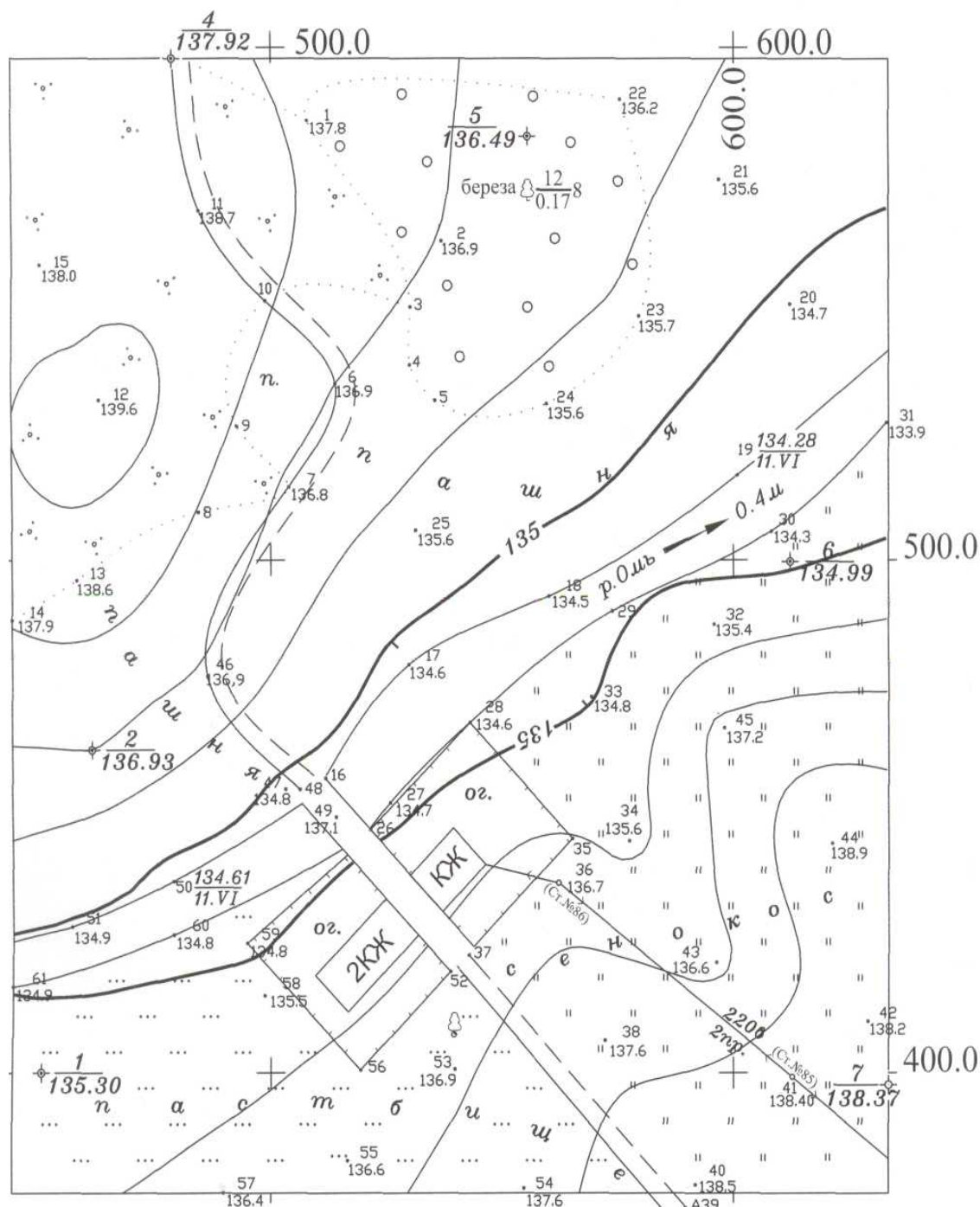
Приложение 2

Условные знаки

№ п/п	Название условных знаков	Изображение на планах М 1:500, 1:1000
1	2	3
1	Пересечение координатных линий	
2	Луговая растительность	
3	Лес	
4	Мосты деревянные однопролетные	
5	Постройки огнестойкие нежилые выше одного этажа	
6	Выгоны	
7	Линии электропередачи низкого напряжения на столбах	
8	Точки съемочного обоснования	
9	Горизонталы	
10	Грунтовые дороги проселочные	
11	Заборы деревянные сплошные с воротами	

1	2	3
12	Отдельно стоящие деревья а) широколиственные б) ель или пихта	
13	Огороды	
	Пашни	
14	Кустарники	
15	Береговые линии постоянные и определенные Отметки урезов воды и даты их измерения Реки и ручьи	

Топографический план местности



Масштаб 1:1000

сплошные горизонталы проведены через 1 м

Система высот метрическая

Система координат метрическая