

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИГНД

_____ А.К. Мазуров
« __ » _____ 2009 г.

Н.А. Антропова

ОБРАБОТКА ПОЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЁМКИ УЧАСТКА ТРАССЫ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по курсу «Инженерная геодезия» для студентов I курса,
обучающихся по специальности 130501 «Проектирование, сооружение и
эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ»
направления 130500 «Нефтегазовое дело»

Издательство
Томского политехнического университета
2009

УДК 528.42(076.5)
ББК 26.1я73
О23

Антропова Н.А.

О23 Обработка полевых материалов теодолитной съёмки участка трассы магистрального трубопровода: методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Инженерная геодезия» для студентов I курса, обучающихся по специальности 130501 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ» направления 130500 «Нефтегазовое дело» / Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 24 с.

УДК 528.42(076.5)
ББК 26.1я73

Методические указания рассмотрены и рекомендованы
к изданию методическим семинаром кафедры
транспорта и хранения нефти и газа ИГНД
« 20 » ноября 2009 г.

Зав. кафедрой ТХНГ

кандидат технических наук _____ *А.В. Рудаченко*

Председатель

учебно-методической комиссии _____ *В.М. Передерин*

Рецензент

Главный геодезист ООО Сибстрой
В.Е. Чабан

© ГОУ ВПО «Томский политехнический университет», 2009
© Антропова Н.А., 2009
© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2009

Лабораторная работа: Обработка результатов теодолитной съёмки участка трассы магистрального трубопровода

Цель: закрепление студентами вопросов технологии и методики создания контурных планов участков местности.

Содержание

1. Введение
2. Задание и исходные данные
3. Обработка журнала измерения углов теодолитного хода
4. Обработка ведомости вычисления координат вершин теодолитного хода
5. Построение плана теодолитной съёмки участка трассы магистрального трубопровода

1. Введение

В основу теодолитной съёмки положены теодолитные ходы. В разомкнутом теодолитном ходе могут быть измерены правые, либо левые по ходу горизонтальные углы β (рис. 1). Если смотреть по направлению хода, то горизонтальные углы, показанные на схеме ($\beta_{ПЗ14}$, β_1 , β_2 , β_3 , $\beta_{ПЗ13}$), лежат справа по ходу.

Измеренные углы и длины сторон теодолитных ходов содержат неизбежные случайные погрешности, накопление которых приводит к возникновению так называемых *невязок* (*невязка* – разность между измеренной либо вычисленной величиной и её теоретическим значением).

В зависимости от требуемой точности фактические невязки не должны превышать определенных величин. При обработке результатов измерений возникшие невязки должны быть распределены между измеренными (вычисленными) величинами.

Процесс распределения невязок и вычисления исправленных значений величин называется увязкой или уравниванием результатов измерений. После уравнивания проводят оценку точности полученных результатов.

Все результаты первого этапа теодолитной съёмки заносят в полевой журнал (табл. 1). На следующем этапе работ снимают ситуацию методами контурной съёмки. На каждой станции результаты съёмки заносят в абрис.

Координаты вершин теодолитного хода (полигона) вычисляют в

камеральных условиях. Вычисления ведут в специальной ведомости (табл. 3). Пример обработанной ведомости приведён в прил. 1. На завершающем этапе строят план местности по абрисам в заданном масштабе.

2. Задание и исходные данные

Вычислите координаты вершин разомкнутого теодолитного хода, постройте и начертите план участка трассы магистрального трубопровода в масштабе 1:5000.

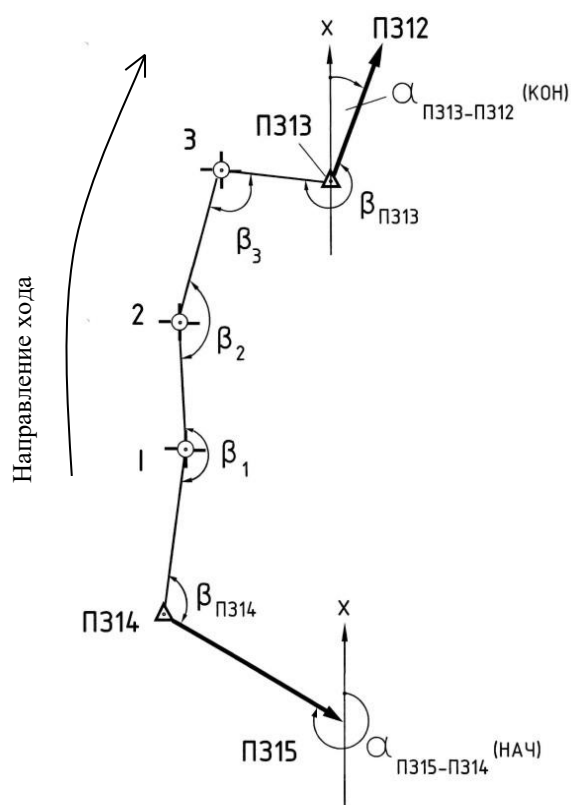


Рис. 1. Схема теодолитной съёмки

Для съёмки участка местности между двумя полигонометрическими знаками ПЗ 14 и ПЗ 13 проложен разомкнутый теодолитный ход и измерены правые по ходу углы и длины сторон. Измерение углов производилось техническим теодолитом 2Т30 методом полуприёмов; расстояния измеряли компарированной рулеткой. Данные полевых измерений приведены в табл.1; схема теодолитного хода – на рис. 1.

На всех станциях при теодолитной съёмке были составлены абрисы. На рис. 2 приведён абрис на станции ПЗ-14. Остальные абрисы

приведены в прил. 4. Обратите внимание, что через точки ПЗ14, 1, 2 и 3 проходит нефтепровод.

Таблица 1

Полевой журнал измерений углов и линий теодолитного хода

№№ стан-ций	Наблюдательные точки	Измеренные длины сторон D, м	Отсчёты по горизонтальному кругу,		Горизонтальный угол β , °	Средний угол β ср., °	Угол наклона ν , °	Горизонтальное проложение $d=D \cos \nu$, м
1	2	3	4		5	6	8	9
ПЗ14	ПЗ 15		КЛ	186° 39'				
	1	124,16		74° 04'				
	ПЗ 15		КП	6° 38'				
	1			254° 02'				
1	ПЗ 14	124,16	КЛ	357° 35'			+2°00'	
	2	198,39		167° 31'				
	ПЗ 14		КП	177° 34'				
	2			347° 31'				
2	1	198,43	КЛ	48° 35'				
	3	189,29		246° 09'				
	1		КП	228° 35'				
	3			66° 07'				
3	2	189,31	КЛ	88° 25'				
	ПЗ 13	112,39		349° 49'				
	2		КП	268° 25,5'				
	ПЗ 13			169° 48,5'				
ПЗ13	3	112,38	КЛ	199° 44'				
	ПЗ 12			313° 39'				
	3		КП	19° 45,5'				
	ПЗ 12			133° 39,5'				

Варианты исходных данных приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ варианта	$\alpha_{нач}$	$\alpha_{кон}$	$X_{нач}$, км	$X_{кон}$, км	$У_{нач}$, км	$У_{кон}$, км
1	290°15,7'	20°26,4'	1000,00	1513,13	1000,00	1081,53
2	282°40,2'	12°50,9'	1850,00	2369,37	3750,00	3762,83
3	301°47,8'	31°58,5'	3200,00	3686,5	2300,00	2482,29
4	305°01,5'	35°12,2'	1999,99	2475,45	1777,77	1987,17
5	284°15,5'	14°26,2'	2000,00	2518,82	2000,00	2027,21
6	280°30,5'	10°41,2'	2500,00	3019,49	2500,00	2493,22
7	306°17,5'	36°28,2'	1750,00	2220,72	1211,00	1430,86
8	304°55'	35°05,7'	1110,11	1585,77	2105,05	2313,55

9	280°45'35"	10°56,2'	2507,00	3026,51	1787,87	1783,36
10	289°22,5'	19°33,2'	1555,55	2069,87	999,00	1073,00
	320°40,2'	50°50,9'	3200,00	3601,38	2300,00	2629,85
	301°20'50"	31°31'32"	1000,00	1487,92	1000,00	1178,46
	348°12,3'	78°23'	1000,00	1203,42	1000,00	1478,05
	295°14,9'	25°25,6'	1000,00	1504,11	1000,00	1125,60
	313°42,2'	43°52,9'	1000,00	1438,42	1000,00	1278,74
	285°59,7'	16°10,4'	1000,00	1517,75	1000,00	1042,92
	292°11,7'	22°22,4'	2500,00	3010,09	2500,00	2598,58
	303°22'50"	33°33'32"	3500,00	3981,28	3500,00	3695,67
	314°34'	44°44,7'	2000,00	2434,17	2000,00	2285,32
	325°45,2'	55°55,9'	1000,00	1370,57	1000,00	1364,13
	310°55,3'	41°06'	3000,00	3451,43	3000,00	3257,14
	290°09,6'	20°20,3'	4000,00	4513,27	4000,00	4080,42
	293°12,7'	23°23,4'	5000,00	5508,26	5000,00	5107,62
	344°09,6'	74°20,3'	1000,00	1236,72	2000,00	2462,47
	399°24,9'	129°35,6'	4000,00	3754,50	1000,00	1458,04

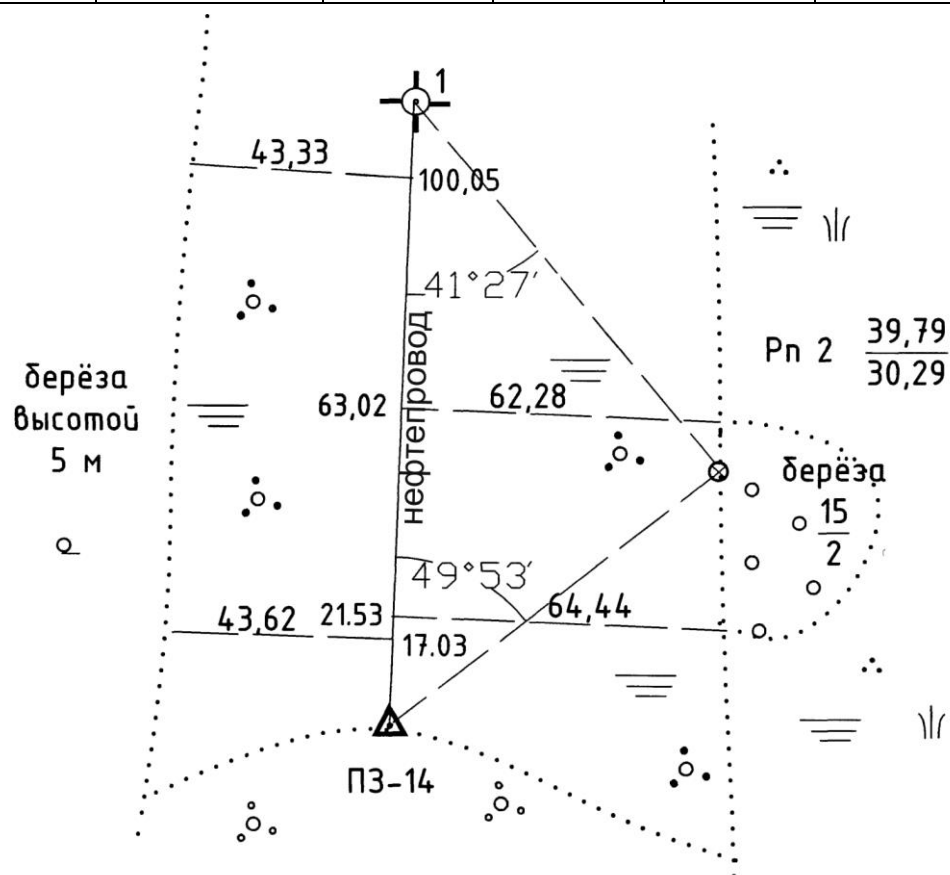


Рис. 2. Абрис на станции ПЗ 14

На защиту представьте обработанные ведомости (табл. 1, табл. 3) и план теодолитной съёмки.

Небрежно выполненные работы не принимаются.

3. Обработка журнала измерения углов теодолитного хода

• *Вычислите значения горизонтальных углов теодолитного хода (табл. 1). Методика расчёта горизонтальных углов приведена в учебниках, учебных пособиях и методических указаниях (см. список литературы). Рассчитайте значение среднего угла на каждой станции и внесите в ведомость вычисления координат вершин теодолитного (табл. 3).*

Таблица 3

ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ВЕРШИН ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

№ точек	Горизонтальные углы				Дирекционные углы сторон, α	Румбы сторон, γ		Горизонтальные проложения сторон d, м	Приращения координат, м				Координаты, м		№ точек	
	измеренные, β (правые)		исправленные, β			назв.	° ' "		вычисленные		исправленные		X	Y		
	о	'	о	'					Δx = d cos γ	Δy = d sin γ	Δx	Δy				
ПЗ 15					α _{нач} =										ПЗ 15	
ПЗ 14															ПЗ 14	
1															1	
2															2	
3															3	
ПЗ 13					α _{кон} =									Контроль	Контроль	ПЗ 13
ПЗ 12					контроль											
				контроль	контроль											
$\sum_1^n \beta_{изм}^{прав} =$ $\sum \beta_{теор} = \alpha_{нач} - \alpha_{кон} + 180^\circ \cdot n =$ $f_\beta = \sum \beta_{изм}^{прав} - \sum \beta_{теор} =$					Длина хода P =		Невязка приращений $f_x = \sum \Delta x_{выч} - \sum \Delta x_{теор} =$ Невязка приращений $f_y = \sum \Delta y_{выч} - \sum \Delta y_{теор} =$		Контроль $\sum \Delta x_{испр} = \sum \Delta x_{теор}$ $\sum \Delta y_{испр} = \sum \Delta y_{теор}$		$\sum \Delta x_{теор} = x_{кон} - x_{нач} =$ $=$ $\sum \Delta y_{теор} = y_{кон} - y_{нач} =$ $=$					
$f_\beta = \sum \beta_{изм}^{прав} - \sum \beta_{теор} =$					Абсолютная невязка хода $f_{абс} = \pm \sqrt{f_x^2 + f_y^2} =$			Допустимость относительной невязки хода $f_{отн}^{выч} \leq f_{отн}^{доп}$		Вывод:		$\delta_{\Delta x_{пб14-1}} = \frac{-f_x}{P} \cdot d_1 =$ $\delta_{\Delta x_{1-2}} =$ $\delta_{\Delta x_{2-3}} =$ $\delta_{\Delta x_{3-пб13}} =$ $\sum \delta_{\Delta x} =$		$\delta_{\Delta y_{пб14-1}} = \frac{-f_y}{P} \cdot d_1 =$ $\delta_{\Delta y_{1-2}} =$ $\delta_{\Delta y_{2-3}} =$ $\delta_{\Delta y_{3-пб13}} =$ $\sum \delta_{\Delta y} =$		
$f_{\beta_{доп}} = 1' \sqrt{n} =$					$f_{отн}^{выч} = \frac{1}{P \cdot f_{абс}} \approx$		$f_{отн}^{доп} = \frac{1}{2000}$									

- *Рассчитайте средние горизонтальные проложения сторон:*

$$d = D \cdot \cos \nu; \quad d_{1-2 \text{ ср}} = \frac{d_{1-2} + d_{2-1}}{2}. \quad (1)$$

Внесите полученные данные в последнюю графу табл. 1 и в одноименный столбик табл. 3.

Пример. По условию: $D_{1-2} = 198,39$; $D_{2-1} = 198,43$.

Решение: $d_{1-2} = D_{1-2} \cdot \cos 2^\circ = 198,27$;

$$d_{2-1} = D_{2-1} \cdot \cos 2^\circ = 198,31.$$

$$d_{1-2 \text{ ср}} = 198,29.$$

4. Обработка ведомости вычисления координат вершин теодолитного хода

- *Найдите сумму измеренных внутренних углов по формуле*

$$\sum_1^n \beta_{\text{изм}} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \dots + \beta_n. \quad (2)$$

Для разомкнутого хода в эту сумму входят и *примычные углы* (рис. 3).

- *Теоретическую сумму внутренних углов (правых) вычислите по формуле:*

$$\sum \beta_{\text{теор}} = \alpha_{\text{нач}} - \alpha_{\text{кон}} + 180^\circ \cdot n, \quad (3)$$

где n – количество углов в полигоне, $\alpha_{\text{нач}}$ и $\alpha_{\text{кон}}$ – дирекционные углы начальной и конечной сторон хода.

Если в теодолитном ходе измерены внешние углы (левые), то формула 3 приобретает вид¹

$$\sum \beta_{\text{теор}} = \alpha_{\text{кон}} - \alpha_{\text{нач}} + 180^\circ \cdot n. \quad (4)$$

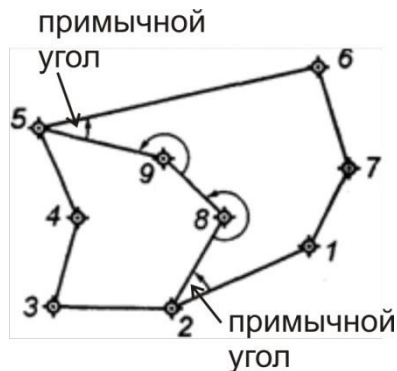


Рис. 3. Разомкнутый ход 2-8-9-5 (углы 1-2-8 и 9-5-6 – примычные)

¹ При $\alpha_{\text{нач}} > \alpha_{\text{кон}}$ из результата вычитают 360°

• Рассчитайте *фактическую угловую невязку* $f_{\beta \text{ факт}}$ теодолитного хода по формуле:

$$f_{\beta \text{ факт}} = \sum \beta_{\text{изм}}^{\text{прав}} - \sum \beta_{\text{теор}}, \quad (5)$$

если измерены правые по ходу горизонтальные углы, или по формуле

$$f_{\beta \text{ факт}} = \sum \beta_{\text{изм}}^{\text{лев}} - \sum \beta_{\text{теор}}, \quad (6)$$

если измерены левые по ходу углы.

• Вычислите *допустимую угловую невязку* для технических теодолитных ходов:

$$f_{\beta \text{ доп}} = 1' \sqrt{n}, \quad (7)$$

где n – число измеренных углов².

• Сравните фактическую угловую невязку теодолитного хода с допустимой:

$$f_{\beta \text{ доп}} \geq f_{\beta \text{ факт}}. \quad (8)$$

Если условие выполняется, то распределите эту угловую фактическую невязку с обратным знаком поровну на все углы хода. Для этого вычислите *угловую поправку* δ_{β} :

$$\delta_{\beta} = \frac{-f_{\beta}}{n}, \quad (9)$$

где n – количество углов в полигоне.

Если невязка $f_{\beta \text{ ф}}$ не делится без остатка на число углов n , то несколько большие поправки вводят в углы с короткими сторонами, так как на результатах таких углов в большей степени сказывается неточность центрирования теодолита и визирных знаков (вех). Поправки δ_{β} с округлением до десятых долей минуты (до секунд) выписывают со своими знаками в ведомость над значениями соответствующих измеренных углов (табл. 3, прил. 1). При этом во всех случаях должно соблюдаться условие

$$\sum \delta_{\beta} = -f_{\beta \text{ факт}},$$

т. е. *сумма поправок должна равняться фактической угловой невязке с*

² Для разомкнутого хода n – число углов, использованных при вычислении невязки по формулам 2 и 3.

обратным знаком.

Если условие не выполняется, то проверьте все вычисления. Если в вычислениях нет ошибок, повторите угловые измерения углов в полигоне.

Пример. Если $f_{\beta \text{ факт}} = -1'17''$; $n = 5$, то

$$\delta_{\beta} = \frac{-f_{\beta \text{ факт}}}{n} = \frac{+1'17''}{5} = +16''; +15''; +15''; +16''; +15''.$$

• *Вычислите исправленные углы:*

$$\beta_{1 \text{ испр}} = \beta_1 \pm \delta_{\beta}; \beta_{2 \text{ испр}} = \beta_2 \pm \delta_{\beta} \text{ и т.д.} \quad (10)$$

Исправленные углы запишите в соответствующую графу таблицы.

Пример. Если $\beta_1 = 112^{\circ}35,5'$; $\delta_{\beta} = 16''$, то по формуле 9

$$\beta_{1 \text{ испр}} = 112^{\circ}35,5' + 16'' = 112^{\circ}35'46''.$$

• Для контроля просуммируйте исправленные углы и убедитесь, что сумма исправленных углов равна теоретической сумме углов, а именно

$$\sum \beta_{\text{испр}} = \sum \beta_{\text{теор}}.$$

• По известному дирекционному углу начальной стороны и исправленным внутренним углам $\beta_{\text{испр}}$ вершин теодолитного хода вычислите *дирекционные углы* последовательно для всех сторон полигона следующим образом (дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180° и минус угол между ними лежащий):

$$\begin{aligned} \alpha_{2-3} &= \alpha_{1-2} + 180^{\circ} - \beta_{2 \text{ испр}}; \\ \alpha_{3-4} &= \alpha_{2-3} + 180^{\circ} - \beta_{3 \text{ испр}}; \end{aligned} \quad (11)$$

и т.д.

Если в полигоне измерены левые по ходу углы, то формулы 11 приобретают вид

$$\begin{aligned} \alpha_{2-3} &= \alpha_{1-2} - 180^{\circ} + \beta_{2 \text{ испр}}; \\ \alpha_{3-4} &= \alpha_{2-3} - 180^{\circ} + \beta_{3 \text{ испр}}; \end{aligned} \quad (12)$$

и т.д.

В результате вычислений вы можете получить дирекционный угол больше 360° , тогда его нужно уменьшить на 360° , а если сумма $\alpha_{n-1} + 180^{\circ}$ меньше вычитаемого угла, то её нужно сначала увеличить на

360°.

Пример. Если $\alpha_{\text{ПЗ15-ПЗ14}} = 297^\circ 25' 43''$, $\beta_{\text{ПЗ14 испр}} = 112^\circ 35' 46''$, то
 $\alpha_{\text{ПЗ14-1}} = \alpha_{\text{ПЗ15-ПЗ14}} + 180^\circ - \beta_{\text{ПЗ14 испр}} = 297^\circ 45' 43'' + 180^\circ - 112^\circ 35' 46'' = 364^\circ 49' 57''$.

• Контролем вычисления дирекционных углов для разомкнутого хода служит повторное получение уже известного значения дирекционного угла конечной стороны. Для замкнутого хода – дирекционного угла начальной стороны.

• Переведите полученные дирекционные углы в румбы, пользуясь схемой взаимосвязи дирекционных углов и румбов (прил. 2). Подобная схема приведена в любом учебнике по геодезии.

Пример. Если $\alpha_{\text{ПЗ14-1}} = 364^\circ 49' 57''$, то линия проходит в первой четверти. Для первой четверти связь дирекционных углов и румбов выражается формулой – $r = \alpha$, поэтому $r_{\text{ПЗ14-1}} = \text{CB} : 4^\circ 49' 57''$.

• Вычислите *приращения координат* каждой стороны по формулам прямой геодезической задачи³:

$$\Delta x_1 = d_1 \cos r_{1-2} \text{ и } \Delta y_1 = d_1 \sin r_{1-2}; \quad (13, 14)$$

$$\Delta x_2 = d_2 \cos r_{2-3} \text{ и } \Delta y_2 = d_2 \sin r_{2-3} \text{ и т.д.}$$

Знаки приращений установите по их румбам (Прил. 3).

Пример. Если $r_{\text{ПЗ14-1}} = \text{CB} : 4^\circ 49' 57''$, то по формулам 13, 14 имеем

$$\Delta x_{\text{ПЗ14-1}} = d_{\text{ПЗ14-1}} \cdot \cos r_{\text{ПЗ14-1}} = 124,08 \cdot \cos 4^\circ 49' 57'' = +123,64 \text{ м.}$$

$$\Delta y_{\text{ПЗ14-1}} = d_{\text{ПЗ14-1}} \cdot \sin r_{\text{ПЗ14-1}} = 124,08 \cdot \sin 4^\circ 49' 57'' = +10,45 \text{ м.}$$

• Вычислите сумму приращений всех сторон полигона по оси X ($\Sigma \Delta x$) и по оси Y ($\Sigma \Delta y$).

• Для разомкнутого полигона невязку в приращениях координат – f_x, f_y вычислите по формулам:

$$f_x = \sum \Delta x_{\text{выч}} - \sum \Delta x_{\text{теор}}, \quad (15)$$

$$f_y = \sum \Delta y_{\text{выч}} - \sum \Delta y_{\text{теор}}, \quad (16)$$

³ $\Delta x = d \cos r$ и $\Delta y = d \sin r$; в этих формулах вместо румбов можно использовать значения дирекционных углов

где $\sum \Delta x_{\text{теор}} = X_{\text{кон}} - X_{\text{нач}}$, $\sum \Delta y_{\text{теор}} = Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач}}$.

Пример. Если $X_{\text{кон}} = X_{\text{ПЗ12}} = 3588,97 \text{ м}$, $X_{\text{нач}} = X_{\text{ПЗ14}} = 3090,00 \text{ м}$,
 $\sum \Delta x_{\text{выч}} = 498,77 \text{ м}$, то

$$\sum \Delta x_{\text{теор}} = X_{\text{кон}} - X_{\text{нач}} = X_{\text{ПЗ12}} - X_{\text{ПЗ14}} = 3588,97 - 3090 = 498,97 \text{ м.}$$

$$f_x = 498,77 - 498,97 = -0,20 \text{ м.}$$

Если $Y_{\text{кон}} = Y_{\text{ПЗ12}} = 1339,70 \text{ м}$, $Y_{\text{нач}} = Y_{\text{ПЗ14}} = 1195,00 \text{ м}$,

$\sum \Delta y_{\text{выч}} = 144,91 \text{ м}$, то

$$\sum \Delta y_{\text{теор}} = Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач}} = Y_{\text{ПЗ12}} - Y_{\text{ПЗ14}} = 1339,70 - 1195,00 = 144,70 \text{ м.}$$

$$f_y = 144,91 - 144,70 = 0,21 \text{ м.}$$

• Рассчитайте *абсолютную линейную невязку* $f_{\text{абс}}$, затем *относительную линейную невязку* $f_{\text{отн}}^{\text{выч}}$:

$$f_{\text{абс}} = \pm \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \quad (17)$$

$$f_{\text{отн}}^{\text{выч}} = \frac{1}{P \cdot f_{\text{абс}}}. \quad (18)$$

• Вычисленную относительную линейную невязку $f_{\text{отн}}^{\text{выч}}$ сравните с допустимой относительной линейной невязкой $f_{\text{отн}}^{\text{доп}}$, при этом должно выполняться условие:

$$f_{\text{отн}}^{\text{выч}} \leq f_{\text{отн}}^{\text{доп}}, \quad (19)$$

где $f_{\text{отн}}^{\text{доп}}$ – допустимая относительная невязка, величина которой устанавливается соответствующими инструкциями в зависимости от масштаба съемки и условий измерений; принимается в пределах 1:3000 – 1:1000.

• Если вычисленная относительная невязка допустима, т. е. соблюдается условие (19), то допустимы и невязки в приращениях координат f_x и f_y ; это дает основание *произвести увязку (уравнивание)* приращений координат по абсциссам и ординатам. Невязки f_x и f_y распределяют по вычисленным приращениям координат пропорционально длинам сторон с обратным знаком. Весовые поправки в приращения координат определяют по формулам:

$$\delta_{\Delta x_{1-2}} = \frac{-f_x}{P} \cdot d_1; \delta_{\Delta y_{1-2}} = \frac{-f_y}{P} \cdot d_1. \quad (20, 21)$$

$$\delta_{\Delta x_{2-3}} = \frac{-f_x}{P} \cdot d_2; \delta_{\Delta y_{2-3}} = \frac{-f_y}{P} \cdot d_2 \text{ и т.д.}$$

Их значения с округлением до сантиметра записывают в ведомости над соответствующими вычисленными приращениями координат (см. Прил. 1). Для контроля вычисляют *суммы поправок* $\delta_{\Delta x}$ и $\delta_{\Delta y}$, которые должны быть равны соответствующим невязкам с обратным знаком, т. е.

$$\sum \delta_{\Delta x} = -f_x \text{ и } \sum \delta_{\Delta y} = -f_y.$$

Пример. Если $f_x = -0,20$, $P = 624,04$ м, $d_{ПЗ14-1} = 124,08$ м, то

$$\delta_{\Delta x_{ПЗ14-1}} = \frac{+0,20 \text{ м}}{624,04 \text{ м}} \cdot 124,08 \text{ м} = 0,04 \text{ м.}$$

• По вычисленным приращениям координат и поправкам вычислите *исправленные приращения координат*:

$$\Delta y_{1-2 \text{ испр}} = \Delta y_{1-2} \pm \delta_{\Delta y_{1-2}}; \quad (22)$$

$$\Delta x_{1-2 \text{ испр}} = \Delta x_{1-2} \pm \delta_{\Delta x_{1-2}}. \quad (23)$$

Пример. Если $\Delta x_{ПЗ14-1} = 123,64$ м, $\delta_{\Delta x_{ПЗ14-1}} = +0,04$ м, $\Delta y_{ПЗ14-1} = 10,45$ м, $\delta_{\Delta y_{ПЗ14-1}} = -0,04$ м, то по формулам 22, 23 вычисляем:

$$\Delta x_{ПЗ14-1 \text{ испр}} = \Delta x_{ПЗ14-1} + \delta_{\Delta x_{ПЗ14-1}} = 123,64 \text{ м} + 0,04 \text{ м} = 123,68 \text{ м.}$$

$$\Delta y_{ПЗ14-1 \text{ испр}} = \Delta y_{ПЗ14-1} + \delta_{\Delta y_{ПЗ14-1}} = 10,45 - 0,04 = 10,41 \text{ м.}$$

• Для контроля найдите суммы исправленных приращений по оси x и по оси y, для разомкнутого хода должно выполняться равенство –

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

• По исправленным приращениям и координатам начальной точки последовательно вычислите координаты всех вершин полигона:

$$X_2 = X_1 + \Delta x_{1-2 \text{ испр}}; \quad Y_2 = Y_1 + \Delta y_{1-2 \text{ испр}}; \quad (24, 25)$$

$$X_3 = X_2 + \Delta x_{2-3 \text{ испр}}; \quad Y_3 = Y_2 + \Delta y_{2-3 \text{ испр}} \text{ и т.д.}$$

Пример расчета координат вершин разомкнутого теодолитного хода приведен в ведомости (см. прил. 1).

Пример. Если $X_{ПЗ14} = 3090,00$ м; $Y_{ПЗ14} = 1195,00$ м ;

$\Delta x_{\text{ПЗ14-1 испр}} = 123,68 \text{ м}; \Delta y_{\text{ПЗ14-1 испр}} = 10,45 \text{ м}$, то по формулам 24 и 25

находим

$$X_1 = X_{\text{ПЗ14}} + \Delta x_{\text{ПЗ14-1 испр}} = 3090,00 + 123,68 = 3213,68 \text{ м.}$$

$$Y_1 = Y_{\text{ПЗ14}} + \Delta y_{\text{ПЗ14-1 испр}} = 1195,00 + 10,41 = 1205,41 \text{ м.}$$

• Окончательным контролем правильности вычислений координат служит получение координат конечной точки разомкнутого теодолитного хода и получение исходных значений координат для начальной точки в случае замкнутого полигона.

5. Построение плана теодолитной съёмки участка трассы магистрального трубопровода

Работы выполните в следующей последовательности:

- 1) постройте координатную сетку 5 x 5 см (рис. 4);
- 2) наложите теодолитный ход на сетку (рис. 5);
- 3) нанесите ситуацию по абрисам;
- 4) оформите план.

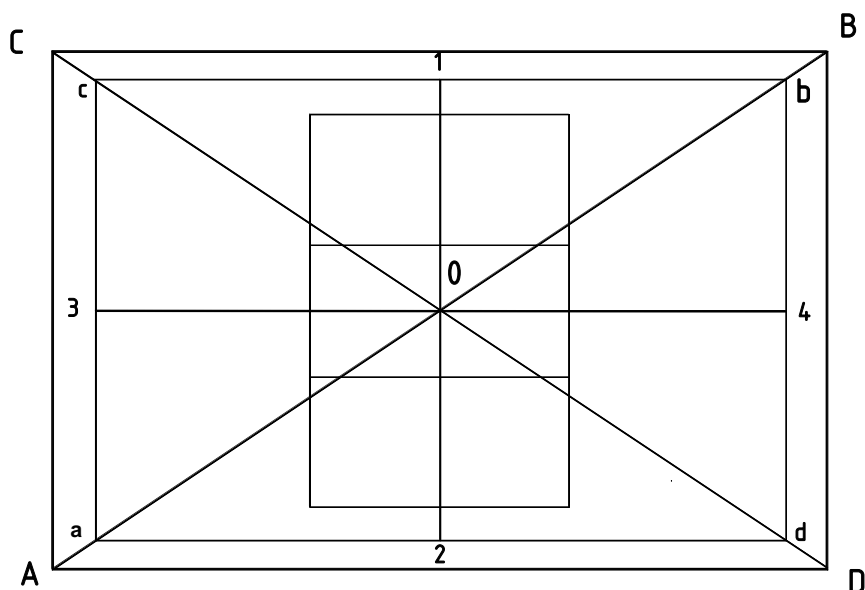


Рис. 4. Схема построения координатной сетки

Построение координатной сетки

Координатную сетку можно построить с помощью линейки Ф.В.

Дробышева (Поклад Г.Г., 1988; Маслов А.В. и др, 2006; и т.д.) или с помощью линейки поперечного масштаба. Рассмотрим второй способ.

•Рассчитайте количество квадратов по осям x и y . Пусть согласно заполненной ведомости вычисления координат (см. прил. 1) требуется составить план в масштабе 1:5000. При этом длина стороны квадрата сетки (5 см) соответствует 250 м горизонтального проложения местности. Исходя из значений координат хода, определяем величины

$$\Delta x = X_{\max} - X_{\min} ; \Delta y = Y_{\max} - Y_{\min} ,$$

где X_{\max} , Y_{\max} – максимальные значения координат точек, округленные в большую сторону до величин, кратных длине квадрата сетки в данном масштабе; X_{\min} , Y_{\min} – минимальные значения координат, округленные в меньшую сторону до величин, кратных длине квадрата сетки в данном масштабе.

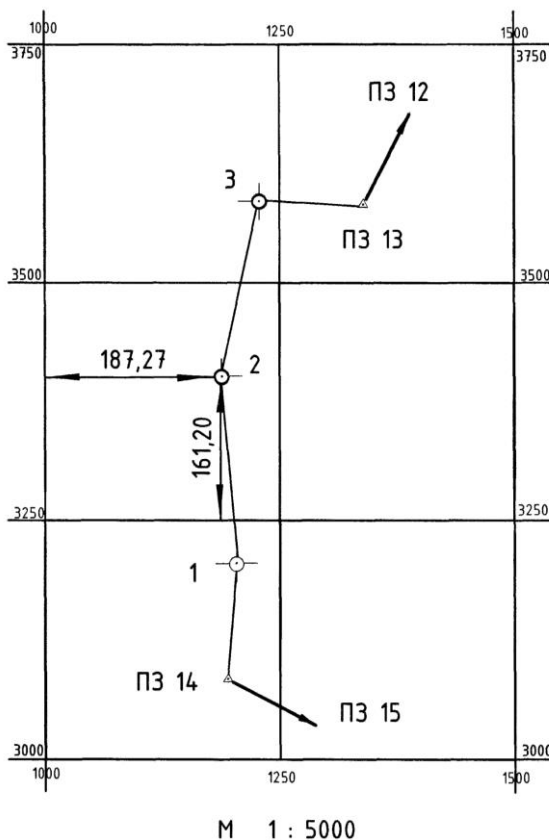


Рис. 5. Схема нанесения точек теодолитного хода на координатную сетку

Для рассматриваемого примера: $X_{\max} = 3750$ м, $X_{\min} = 3000$ м, $\Delta x =$

750 м;

$$Y_{\max} = 1400 \text{ м}, Y_{\min} = 1000 \text{ м}, \Delta y = 400 \text{ м};$$

Тогда число квадратов по оси x равно $\frac{750 \text{ м}}{250 \text{ м}} = 3$

и по оси y : $\frac{400 \text{ м}}{250 \text{ м}} = 2$.

• Постройте сетку квадратов, для этого на листе бумаги проведите диагонали AB и CD . Из точки пересечения диагоналей (точки O) сделайте циркулем засечки одинакового размера. Полученные точки a , d , b и c соедините прямыми линиями. Стороны прямоугольника $acbd$ разделите пополам и через точки деления проведите прямые $1-2$ и $3-4$, которые должны пройти через точку O пересечения диагоналей. Если число квадратов четное, то от нуля в направлении точек 1 , 2 , 3 и 4 отложите отрезки, равные стороне квадрата сетки. При нечетном числе квадратов от нуля откладывают сначала половину стороны квадрата сетки, а затем величину, равную стороне квадрата сетки. Соединив линиями соответствующие точки на противоположных сторонах прямоугольника, получают сетку квадратов. Циркулем-измерителем проверьте правильность построения координатной сетки путем измерения диагоналей ее квадратов; длины диагоналей должны быть равны 7,07 см или отличаться от этой величины не более чем на $\pm 0,2$ мм.

• Координатную сетку подпишите в соответствии с координатами пунктов теодолитного хода (рис. 4). Для этого возьмите минимальное и максимальное значения x и y , которые использовались для нахождения числа квадратов сетки по осям x и y . У нижней горизонтальной линии сетки слева от крайней вертикальной линии подпишите минимальное значение абсцисс ($X_{\min} = 3000$ м), а у верхней крайней линии – максимальное значение ($X_{\max} = 4000$ м). Промежуточные горизонтальные линии сетки имеют абсциссы, кратные длине стороны квадрата сетки. Аналогично подписывают вертикальные линии (ординаты) сетки. При оцифровке сетки следует помнить, что значения абсцисс возрастают снизу вверх, а ординат – слева направо.

Нанесение на план точек теодолитного хода и ситуации. Оформление плана.

Нанесение на план точек теодолитного хода производится по их вычисленным координатам. Для этого сначала определите квадрат сетки, в котором должен находиться пункт. Так, например, точка №2 с координатами $X = 3411,20$ и $Y = 1187,20$ попадает в квадрат сетки 3250-1000 (рис. 4). От линии сетки $X = 3250$ точка №2 отстоит на $3411,20 - 3250 = 161,20$ м.

Поэтому от этой линии на двух вертикальных сторонах квадрата в масштабе плана откладывают 161,20 м и проводят вспомогательную линию $X = 3411,20$ м.

Далее на ней от линии $Y = 1000$ в масштабе плана откладывают 187,27 м ($1187,20 - 1000$). Полученная точка является местоположением точки №2 на плане.

Аналогично нанесите по координатам все вершины теодолитного хода. Правильность нанесения на план двух соседних точек проверьте по длинам сторон хода. Для этого на плане измерьте расстояния между вершинами хода и сравните их с соответствующими горизонтальными проекциями сторон, взятыми из ведомости вычисления координат; расхождение не должно превышать 0,2 мм на плане, т. е. графической точности масштаба. Кроме того, грубые ошибки можно обнаружить, измерив транспортиром горизонтальные углы и дирекционные углы сторон и сравнив их с соответствующими значениями, приведенными в ведомости. Для построения на плане линий служит поперечный масштаб.

Нанесение на план ситуации производится от сторон и вершин теодолитного хода согласно абрисам съемки. При этом местные предметы и характерные точки контуров наносятся на план в соответствии с результатами и способами съемки. При накладке ситуации на план расстояния откладываются с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки, а углы – транспортиром.

Так, например, угловой засечкой в рассматриваемой работе снимался репер №2. Границы между контурами растительности (болотом и лесом; берёзовым редколесьем и закустаренным болотом; березняком и тростниковым болотом и т.д.) снимались в основном способом **прямоугольных координат**. При этом способе за начало координат принимается начальная точка линии, за ось абсцисс – линия хода. Так, по линии ПЗ14-1 для первой контурной точки абсцисса равна 17,03 м, а ордината – 43,62; для второй – абсцисса 21,53, ордината – 64,44. При нанесении точек, снятых способом перпендикуляров, перпендикуляры к сторонам хода восстанавливают прямоугольным треугольником.

Для накладки на план точек, снятых *способом створов*, от соответствующих вершин теодолитного хода с помощью циркуля-измерителя откладывают в масштабе плана расстояния до точек, указанные в абрисе. При построении контуров от начала опорной линии на плане откладывают расстояния до оснований перпендикуляров; в полученных точках, пользуясь выверенным прямоугольным треугольником, строят перпендикуляры, на которых откладывают их длины. Соединив концы перпендикуляров, получают изображение контура местности.

Для нанесения точек, снятых *полярным способом*, центр транспорта совмещают с вершиной хода, принятой за полюс, а нуль транспорта – с направлением стороны хода. По дуге транспорта откладывают углы, измеренные теодолитом при визировании на точки местности, и прочерчивают направления, на которых откладывают расстояния до точек, указанные в абрисе.

При нанесении точек способом *угловых засечек* транспортом в вершинах опорных сторон откладывают углы и прочерчивают направления, пересечения которых определяют положения искомых точек. Нанесение точек способом *линейных засечек* выполняется с помощью циркуля-измерителя и сводится к построению треугольника по трем сторонам, длины которых измерены на местности.

При построении контуров местности на плане все вспомогательные построения выполняют тонкими линиями. Значения углов и расстояний, приведенные в абрисе, на плане не показывают.

По мере накладки точек на план по ним в соответствии с абрисами вычерчивают предметы местности и контуры и заполняют их установленными условными знаками.

Затем выполняют зарамочное оформление и оформляют план с соблюдением правил топографического черчения. На рис.6 представлен ситуационный план участка местности, составленный в результате обработки материалов теодолитной съёмки.

Библиографический список

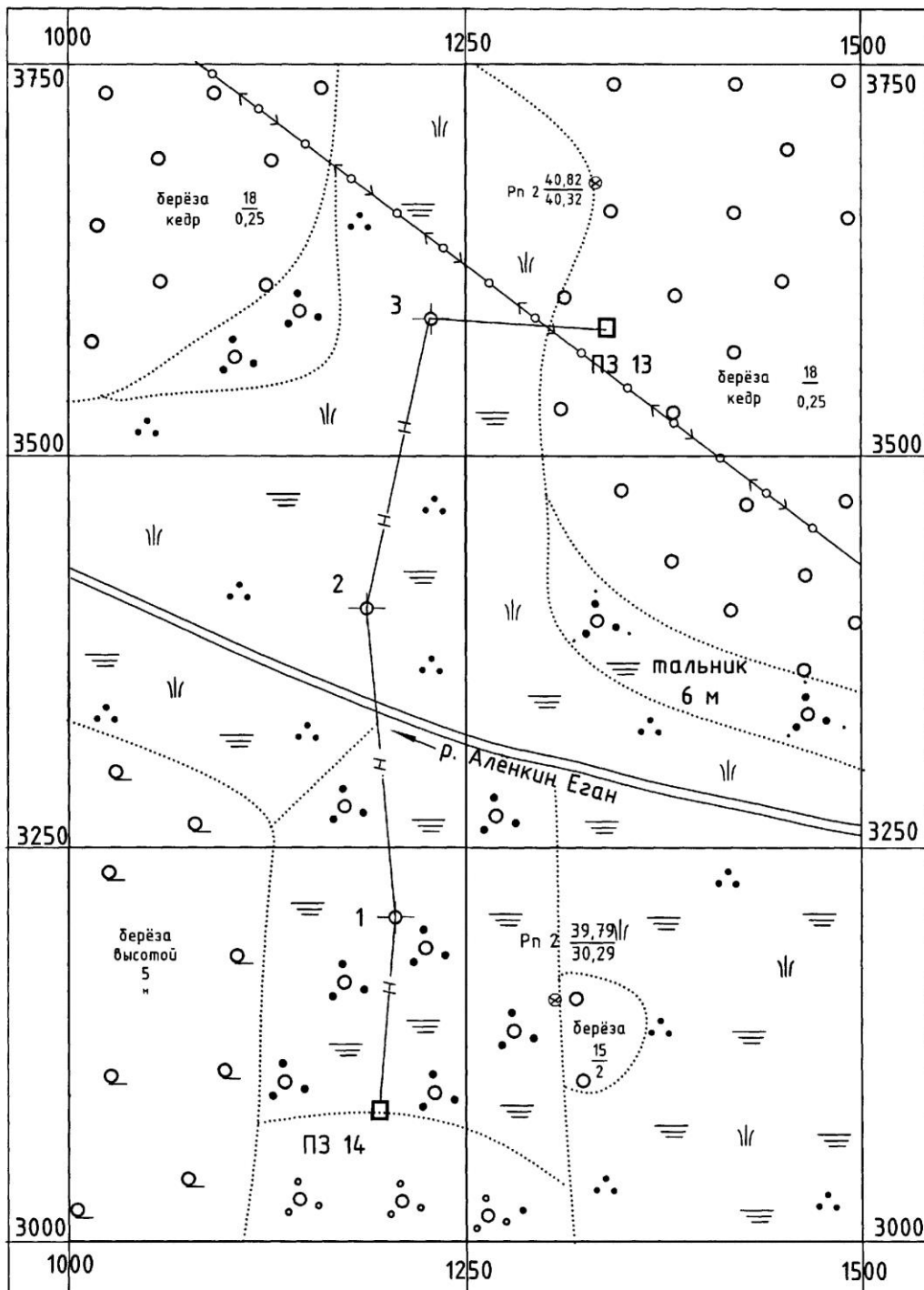
1. Геодезия: учебное пособие для вузов/ Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М.: Академический проект, 2007. – 592 с.
2. Поклад Г.Г. Геодезия: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1988. – 304 с.
3. Передерин В.М., Чухарева Н.В., Антропова Н.А. Основы геодезии и топографии: Учебное пособие.– Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 123 с.

4. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Геодезия и топография» / Передерин В.М. и др. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 82 с.

5. Расчётно-графические работы по инженерно-геодезическому обеспечению строительства газонефтепроводов: учебное пособие / А.В. Шадрин и др.– Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 124 с.

6. Условные знаки для топографических планов. М., Недра, 1989. – 285 с.

ПЛАН ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЁМКИ
 УЧАСТКА ТРАССЫ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА



М 1 : 5000

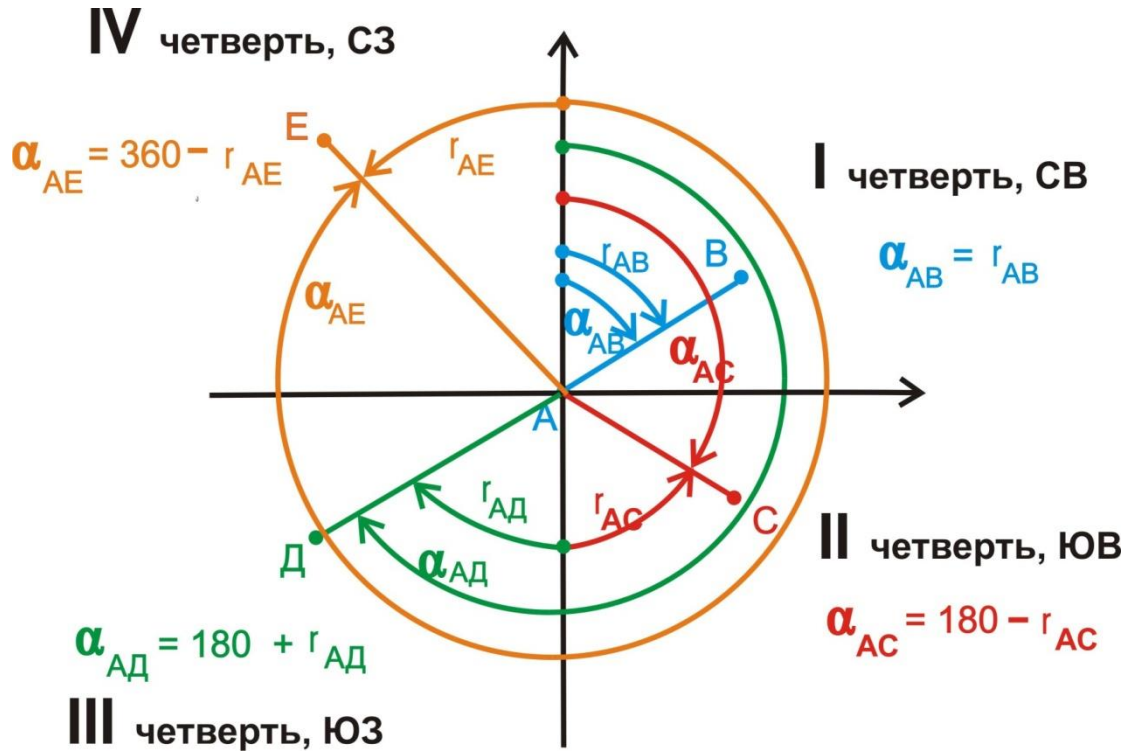
Рис. 6. Ситуационный план местности

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ВЕРШИН ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

№ точек	Горизонтальные углы				Дирекционные углы сторон, α	Румбы сторон, r		Горизонтальные проложения сторон d , м	Приращения координат, м				Координаты, м		№ точек	
	измеренные, β (правые)		исправленные, β			назв.	° ' "		вычисленные		исправленные		X	Y		
	°	'	°	'					$\Delta x = d \cos r$	$\Delta y = d \sin r$	Δx	Δy				
ПЗ 15					$\alpha_{нач} = 297^\circ 25' 43''$										ПЗ 15	
ПЗ 14	112	+16" 35,5	112	35'46"										3090,00	1195,00	ПЗ 14
					364° 49' 57"	СВ	4° 49' 57"	124,08	+0,04 123,64	-0,04 10,45	123,68	10,41				
1	190	+15" 3,5	190	03'45"										3213,68	1205,41	1
					354° 46' 12"	СЗ	5° 13' 48"	198,29	+0,06 197,46	-0,07 -18,07	197,52	-18,14				
2	162	+15" 27	162	27'45"										3411,20	1187,27	2
					372° 18' 57"	СВ	12° 18' 57"	189,29	+0,06 184,93	-0,07 40,38	184,99	40,32				
3	98	+15" 36,5	98	36'45"										3596,19	1227,59	3
					93° 42' 12"	ЮВ	86° 17' 48"	112,38	+0,04 -7,26	-0,04 112,15	-7,22	112,11				
ПЗ 13	246	+16" 5,5	246	05'46"	$\alpha_{кон} = 27^\circ 36' 26''$				$\sum \Delta x_{выч} = 498,77$	$\sum \Delta y_{выч} = -144,91$	Контроль	Контроль	3588,97	1339,70	ПЗ 13	
ПЗ 12			809	48					$\sum \Delta x_{теор} = 498,97$	$\sum \Delta y_{теор} = 144,70$	$\sum \Delta x_{испр} = 498,97$	$\sum \Delta y_{испр} = 144,70$				
			контроль		контроль				Невязка приращений $f_x = \sum \Delta x_{выч} - \sum \Delta x_{теор} = -0,2$		Контроль		$\sum \Delta x_{теор} = x_{кон} - x_{нач} = 3588,97 - 3090 = 498,97$			
	$\sum_1^n \beta_{теор} = 809^\circ 48'$								Невязка приращений $f_y = \sum \Delta y_{выч} - \sum \Delta y_{теор} = +0,21$		Контроль		$\sum \Delta y_{теор} = y_{кон} - y_{нач} = 1339,70 - 1195 = 144,70$			
	$\sum \beta_{теор} = \alpha_{нач} - \alpha_{кон} + 180^\circ \cdot n = 269^\circ 49' 17'' + 180^\circ \cdot 5 = 1169^\circ 49' 17'' - 360^\circ = 809^\circ 49' 17''$							Длина хода $P=624,04$	Невязка приращений		Контроль		$\sum \Delta y_{испр} = \sum \Delta y_{теор} = 1339,70 - 1195 = 144,70$			
	$f_\beta = \sum \beta_{теор} - \sum \beta_{изм} = -1' 17''$							Абсолютная невязка хода $f_{абс} = \pm \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 0,29$	Контроль		Контроль		$\delta_{\Delta x_{ПЗ14-1}} = \frac{-f_x}{P} \cdot d_1 = 0,04$ $\delta_{\Delta x_{1-2}} = 0,06$ $\delta_{\Delta x_{2-3}} = 0,06$ $\delta_{\Delta x_{3-ПЗ13}} = 0,04$ $\sum \delta_{\Delta x} = 0,2$			
	$f_\beta \text{ доп} = 1' \sqrt{n} = 2' 15''$							Допустимость относительной невязки хода $f_{отн}^{выч} \leq f_{отн}^{доп}$	Вывод: Невязка допустима		Контроль		$\delta_{\Delta y_{ПЗ14-1}} = \frac{-f_y}{P} \cdot d_1 = -0,04$ $\delta_{\Delta y_{1-2}} = -0,07$ $\delta_{\Delta y_{2-3}} = -0,06$ $\delta_{\Delta y_{3-ПЗ13}} = -0,04$ $\sum \delta_{\Delta y} = -0,21$			

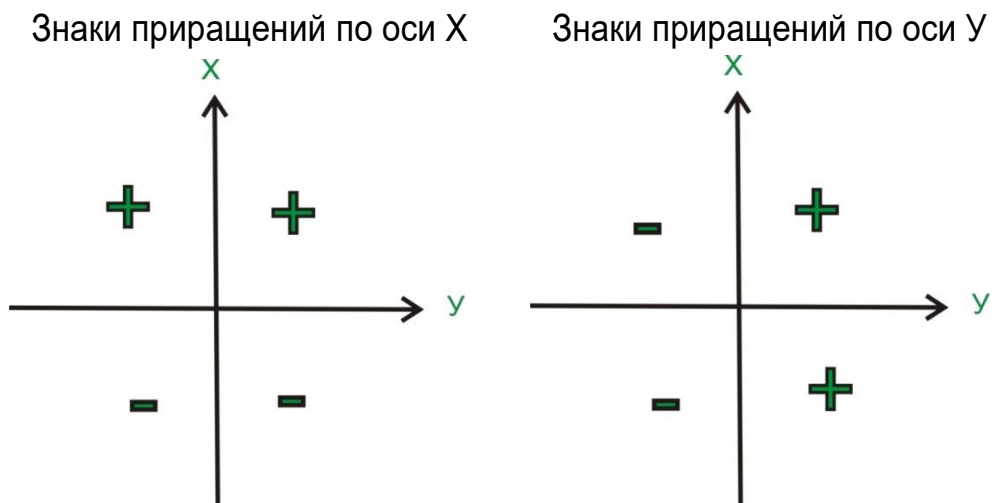
ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Схема взаимосвязи азимутов и румбов

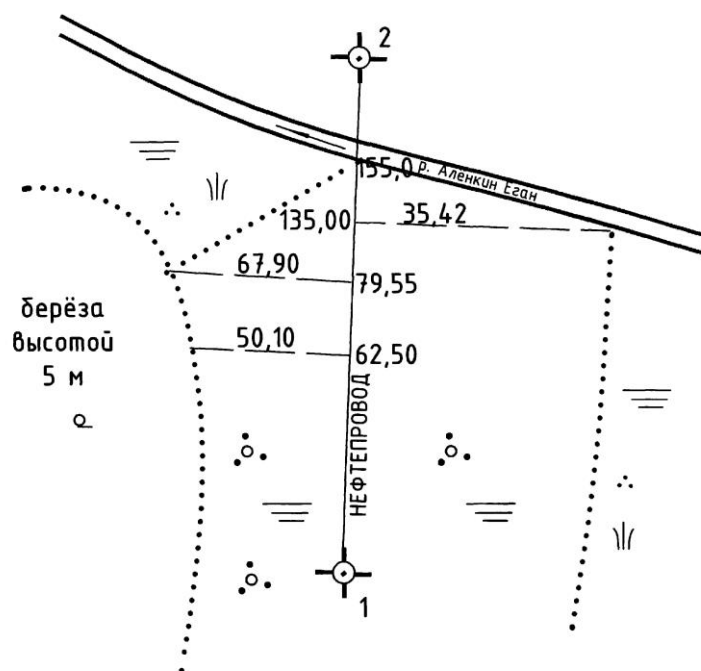


ПРИЛОЖЕНИЕ 3

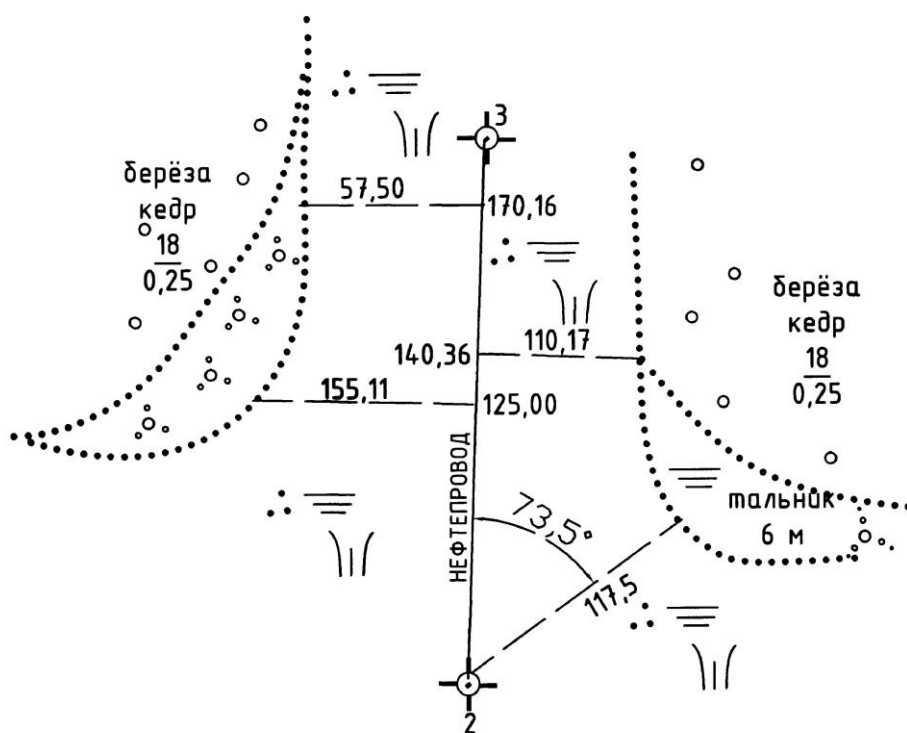
Знаки приращений координат по четвертям



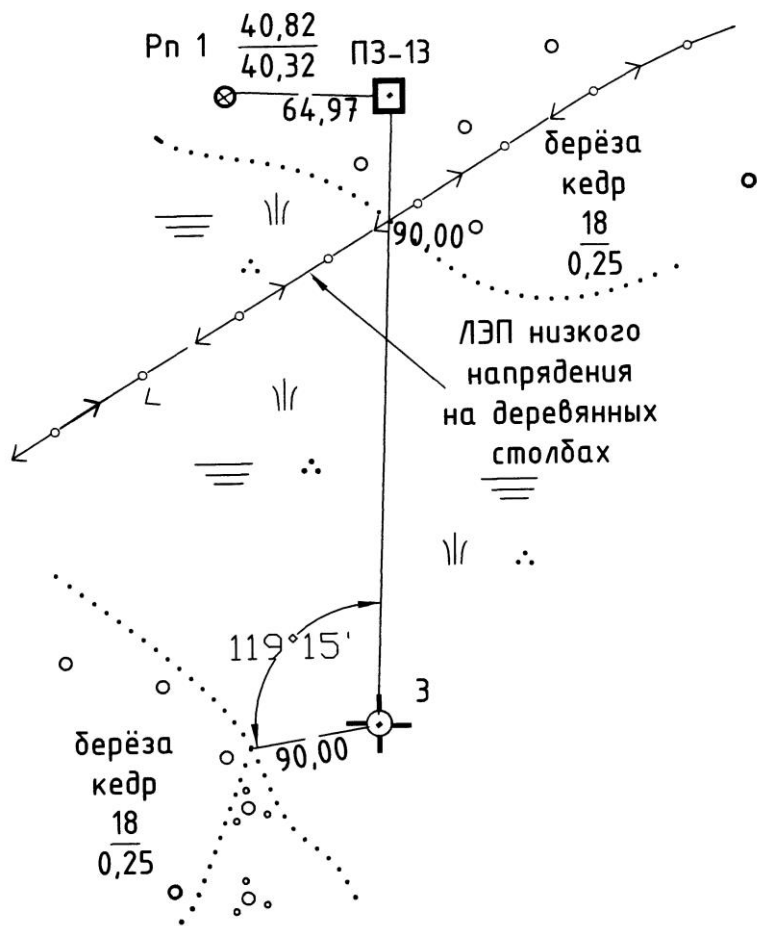
ПРИЛОЖЕНИЕ 4



Абрис на станции 1



Абрис на станции 2



Абрис на станции 3

Учебное издание

АНТРОПОВА Наталья Алексеевна

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЁМКИ УЧАСТКА ТРАССЫ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по курсу «Инженерная геодезия» для студентов I курса,
обучающихся по специальности 130501 «Проектирование, сооружение и
эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ»
направления 130500 «Нефтегазовое дело»


Научный редактор *кандидат технических наук*
А.В. Рудаченко

Подписано к печати 05.11.2009. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл.печ.л. . Уч.-изд.л. .
Заказ . Тираж 30 экз.



Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ** . 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru