

УТВЕРЖДАЮ
Проректор-директор ИПР

_____ А.Ю. Дмитриев
« 28 __ » _____ сентября 2012 г.

Н.А. Антропова

ОБРАБОТКА ПОЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЁМКИ УЧАСТКА ТРАССЫ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

Методические указания к выполнению практической работы
по курсу «Геодезическое обеспечение строительства НГО» для
студентов I курса, обучающихся
по направлению 130500 «Нефтегазовое дело»

Издательство
Томского политехнического университета
2012

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 практической работы по курсу «Геодезическое обеспечение строительства НГО» для студентов I курса, обучающихся по направлению 130500 «Нефтегазовое дело» / Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 27 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
« » _____ 2012 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», 2012
© Антропова Н.А., 2012
© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2012

Практическая 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 полевого журнала измерений углов и линий теодолитного хода
4. Обработка ведомости вычисления координат вершин теодолитного хода
5. Построение плана теодолитной съёмки участка трассы магистрального нефтепровода

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 (*допустимых*) 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 (*контуры объектов*) 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 нефтепровода в масштабе 1:5000.

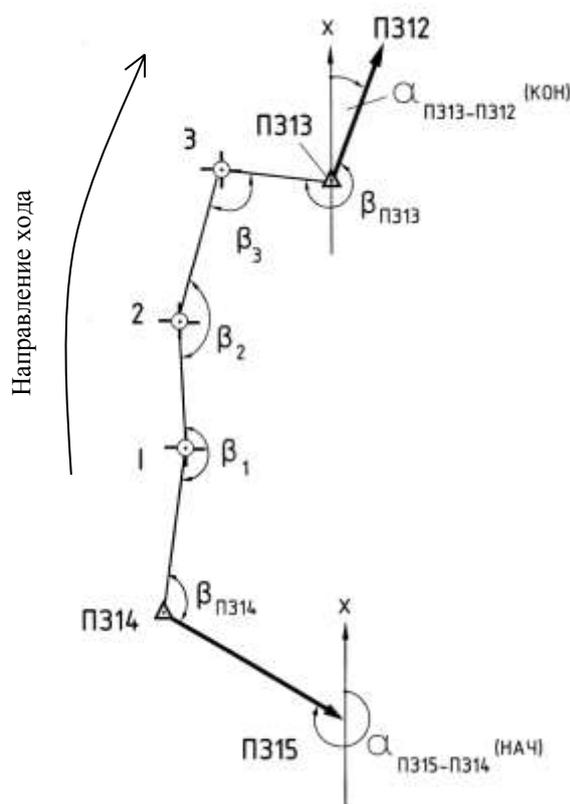


Рис. 1. Схема теодолитного хода

Для съёмки участка местности между двумя полигонометрическими знаками П314 и П313 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 ПЗ14. 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 v , °	Горизонтальное проложение $d=D \cos v$, м
			кЛ	кП				
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'			-0,5°00'	
	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	$Y_{нач}$, км	$Y_{кон}$, км
1	290°15,7'	20°26,4'	1000,00	1513,13	1000,00	1081,53
2	297°25,7'	27°36,4'	3090,00	3588,97	1195,00	1339,70
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
11	320°40,2'	50°50,9'	3200,00	3601,38	2300,00	2629,85
12	301°20'50"	31°31'32"	1000,00	1487,92	1000,00	1178,46
13	348°12,3'	78°23'	1000,00	1203,42	1000,00	1478,05
14	295°14,9'	25°25,6'	1000,00	1504,11	1000,00	1125,60
15	313°42,2'	43°52,9'	1000,00	1438,42	1000,00	1278,74
16	285°59,7'	16°10,4'	1000,00	1517,75	1000,00	1042,92
17	292°11,7'	22°22,4'	2500,00	3010,09	2500,00	2598,58
18	303°22'50"	33°33'32"	3500,00	3981,28	3500,00	3695,67
19	314°34'	44°44,7'	2000,00	2434,17	2000,00	2285,32
20	325°45,2'	55°55,9'	1000,00	1370,57	1000,00	1364,13
21	310°55,3'	41°06'	3000,00	3451,43	3000,00	3257,14
22	290°09,6'	20°20,3'	4000,00	4513,27	4000,00	4080,42
23	293°12,7'	23°23,4'	5000,00	5508,26	5000,00	5107,62
24	344°09,6'	74°20,3'	1000,00	1236,72	2000,00	2462,47
25	399°24,9'	129°35,6'	4000,00	3754,50	1000,00	1458,04

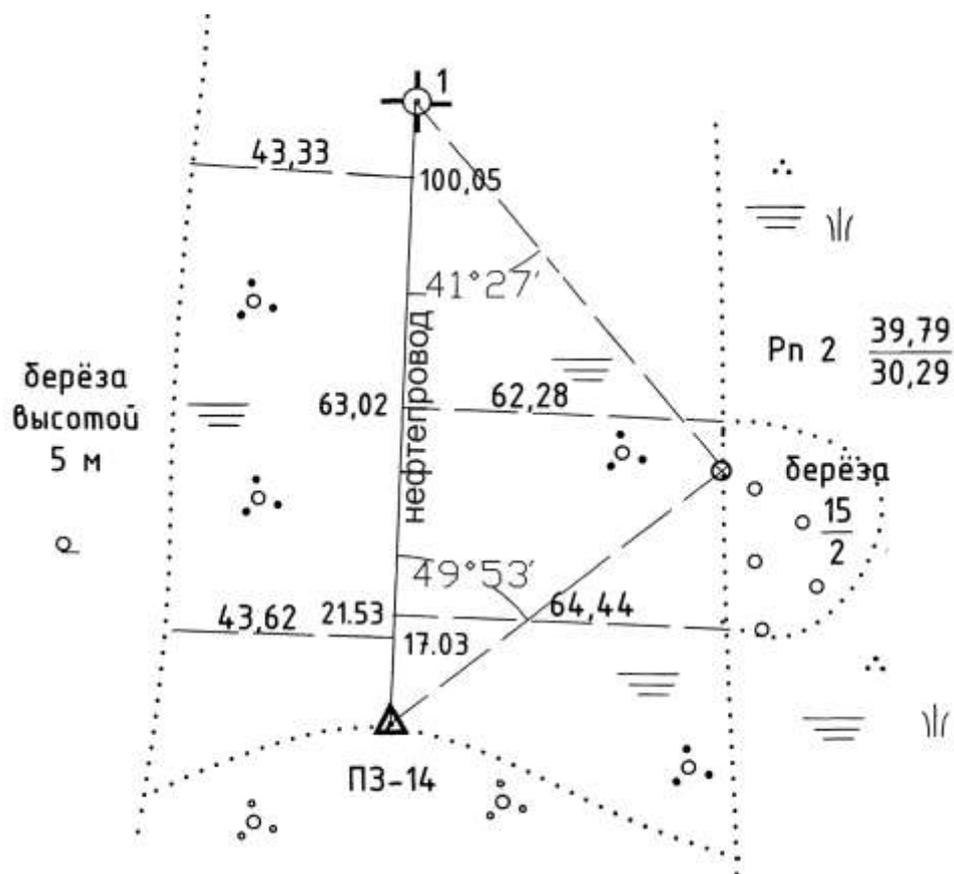


Рис. 2. Абрис на станции ПЗ14

Что необходимо сделать:

1. Заполнить табл. 1 (Полевой журнал измерений углов и линий теодолитного хода). Заполняется для всех вариантов одинаково.
2. Получить у преподавателя значения начального и конечного дирекционных углов, начальных и конечных координат (согласно выданному варианту по табл. 2).
3. Заполнить табл. 3 согласно своему варианту (Ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода).
4. Построить план теодолитной съёмки, оформить его согласно примеру (рис. 8).

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

Небрежно выполненные работы не принимаются. Цифры писать простым карандашом, чётко. План также выполняется в карандаше, на листе плотной бумаги формата А4.

3. Обработка полевого журнала измерений углов и линий 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).

Вычисление горизонтальных углов

Рассчитываем горизонтальный угол на каждой станции. Всего было измерено 5 углов (станции ПЗ14, 1, 2, 3, ПЗ13).

Рассчитаем горизонтальный угол на станции ПЗ14 (рис. 3). При измерении этого угла теодолит стоял на точке хода ПЗ14. Точка хода ПЗ15 – задняя точка хода, точка 1 – передняя точка. На точки ПЗ15 и 1 ставили рейки, визировали трубой на пятку рейки. Угол измеряли методом полуприёмов, брали отсчёты при КЛ (основное положение) и при КП. Поскольку измеряемый угол лежит справа по направлению хода (направление ПЗ14 – т.1 – прямое) порядок расчёта угла следующий: из отсчёта на заднюю рейку отнимаем отсчёт на переднюю рейку:

$$\beta_{\text{КЛ}} = 186^{\circ}39' - 74^{\circ}04' = 112^{\circ}35';$$

$$\beta_{\text{КП}} = 6^{\circ}38' + 360^{\circ} - 254^{\circ}02' = 112^{\circ}36'.$$

При расчёте угла при КП первый отсчёт оказался меньше второго, поэтому к результату расчёта необходимо прибавить 360° . Для теодолита 2Т30 допустимое отклонение в полуприёмах не может быть больше $1'$; это условие выполняется, считаем средний угол:

$$\beta_{\text{ср}} = \frac{\beta_{\text{КЛ}} + \beta_{\text{КП}}}{2} = \frac{112^{\circ}35' + 112^{\circ}36'}{2} = 112^{\circ}35,5'.$$

Таким образом рассчитываем все горизонтальные углы.

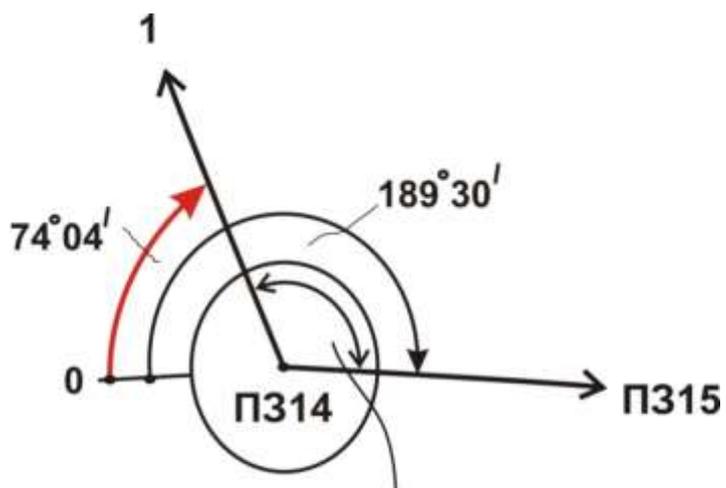


Рис. 3. Схема измерения правого горизонтального угла при КЛ на станции ПЗ14

• *Рассчитайте значение среднего угла на каждой станции и внесите в ведомость вычисления координат вершин теодолитного (табл. 3) в столбик «измеренные β (правые)».*

• *Рассчитайте средние горизонтальные проложения сторон по формулам:*

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

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

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

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

$$d_{1-2 \text{ ср}} = 198,29.$$

• *Внесите полученные данные в последнюю графу табл. 1 и в одноимённый столбик табл. 3.*

• *Из табл. 2 выберите значения параметров для своего варианта (дирекционные углы начальной ПЗ15 – ПЗ14 и конечной ПЗ13 – ПЗ12 сторон и координаты начальной $X_{ПЗ14}$, $Y_{ПЗ14}$ и конечной $X_{ПЗ13}$, $Y_{ПЗ13}$ точек хода) и внесите в табл. 3 в соответствующие ячейки.*

4. Обработка ведомости вычисления координат вершин теодолитного хода

• *Найдите сумму измеренных правых 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. 4).

• *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

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

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

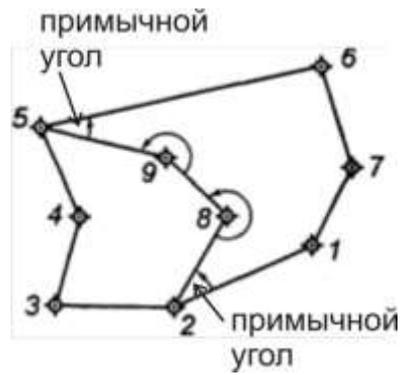


Рис. 4. Разомкнутый ход 2-8-9-5 (углы 1-2-8 и 9-5-6 – примычные)

• 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.

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

Если невязка $f_{\beta \text{ факт}}$ 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 $\delta\beta$ 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 обратным знаком.*

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

Пример. Если $f_{\beta \text{ факт}} = -1.3'$; $n = 5$, то

$$\delta_{\beta} = \frac{-f_{\beta \text{ факт}}}{n} = \frac{+1,3}{5} = +0,2'; +0,3'; +0,3' + 0,3'; +0,2'.$$

• *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 $\beta_1 = 112^{\circ}35,5'$; $\delta_{\beta} = 0,2'$, то по формуле 10

$$\beta_{1 \text{ испр}} = 112^{\circ}35,5' + 0,2' = 112^{\circ}35,7'.$$

• 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

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

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 $\alpha_{\text{П315-П314}} = 282^\circ 40' 12''$, $\beta_{\text{П314испр}} = 112^\circ 35.7'$, то

$$\alpha_{\text{П314-1}} = \alpha_{\text{П315-П314}} + 180^\circ - \beta_{\text{П314испр}} = 282^\circ 40,2' + 180^\circ - 112^\circ 35,7' = 350^\circ 04'.$$

• 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 $\alpha_{\text{П314-1}} = 350^\circ 04'$, то линия проходит в четвёртой четверти. Для четвёртой четверти связь дирекционных углов и румбов выражается формулой – $r = 360^\circ - \alpha$, поэтому $r_{\text{П314-1}} = СЗ : 9^\circ 56'$.

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

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

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

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

Пример. Если $r_{\text{П314-1}} = СЗ : 9^\circ 56'$, то по формулам 13, 14 имеем

$$\Delta x_{\text{П314-1}} = d_{\text{П314-1}} \cdot \cos r_{\text{П314-1}} = 124,08 \cdot \cos 9^\circ 56' = +122,22 \text{ м.}$$

$$\Delta y_{\text{П314-1}} = d_{\text{П314-1}} \cdot \sin r_{\text{П314-1}} = 124,08 \cdot \sin 9^\circ 56' = -21,39 \text{ м.}$$

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

•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:

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

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

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 $X_{\text{кон}} = X_{\text{ПЗ13}} = 2369,37 \text{ м}$, $X_{\text{нач}} = X_{\text{ПЗ14}} = 1850,00 \text{ м}$,
 $\sum \Delta x_{\text{выч}} = 519,239 \text{ м}$, то

$$\sum \Delta x_{\text{теор}} = X_{\text{кон}} - X_{\text{нач}} = X_{\text{ПЗ13}} - X_{\text{ПЗ14}} = 2369,37 - 1850,00 = 519,37 \text{ м.}$$

$$f_x = 519,239 - 519,37 = -0,13 \text{ м.}$$

Если $Y_{\text{кон}} = Y_{\text{ПЗ13}} = 3762,83 \text{ м}$, $Y_{\text{нач}} = Y_{\text{ПЗ14}} = 3750,00 \text{ м}$,

$\sum \Delta y_{\text{выч}} = 13,057 \text{ м}$, то

$$\sum \Delta y_{\text{теор}} = Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач}} = Y_{\text{ПЗ13}} - Y_{\text{ПЗ14}} = 3762,83 - 3750,00 = 12,83 \text{ м.}$$

$$f_y = 13,057 - 12,83 = 0,23 \text{ м.}$$

•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:

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

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

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 $f_x = -0,13$, $P = 624,04$ м, $d_{ПЗ14-1} = 124,08$ м, то $\delta_{\Delta x_{ПЗ14-1}} = \frac{+0,13 \text{ м}}{624,04 \text{ м}} \cdot 124,08 \text{ м} = 0,03 \text{ м}$.

•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 $\Delta x_{ПЗ14-1} = 122,22$ м, $\delta_{\Delta x_{ПЗ14-1}} = +0,03$ м, $\Delta y_{ПЗ14-1} = -21,39$ м, $\delta_{\Delta y_{ПЗ14-1}} = -0,05$ м, то по формулам 22, 23 вычисляем:

$$\Delta x_{ПЗ14-1 \text{ испр}} = \Delta x_{ПЗ14-1} + \delta_{\Delta x_{ПЗ14-1}} = 122,22 \text{ м} + 0,03 \text{ м} = 122,25 \text{ м}$$

$$\Delta y_{ПЗ14-1 \text{ испр}} = \Delta y_{ПЗ14-1} + \delta_{\Delta y_{ПЗ14-1}} = -21,39 - 0,05 = -21,44 \text{ м}$$

•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:

$$\begin{aligned} X_2 &= X_1 + \Delta x_{1-2 \text{ испр}}; Y_2 = Y_1 + \Delta y_{1-2 \text{ испр}}; & (24, 25) \\ X_3 &= X_2 + \Delta x_{2-3 \text{ испр}}; Y_3 = Y_2 + \Delta y_{2-3 \text{ испр}} \text{ и т.д.} \end{aligned}$$

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

Пример. Если $X_{\text{ПЗ14}} = 1850,00$ м; $Y_{\text{ПЗ14}} = 3750,00$ м ;

$\Delta x_{\text{ПЗ14-1 испр}} = 122,25$ м; $\Delta y_{\text{ПЗ14-1 испр}} = -21,44$ м, то по формулам 24 и 25 находим

$$X_1 = X_{\text{ПЗ14}} + \Delta x_{\text{ПЗ14-1 испр}} = 1850,00 + 122,25 = 1972,25 \text{ м.}$$

$$Y_1 = Y_{\text{ПЗ14}} + \Delta y_{\text{ПЗ14-1 испр}} = 3750,00 - 21,44 = 3728,56 \text{ м.}$$

• 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

Работу по построению плана 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.

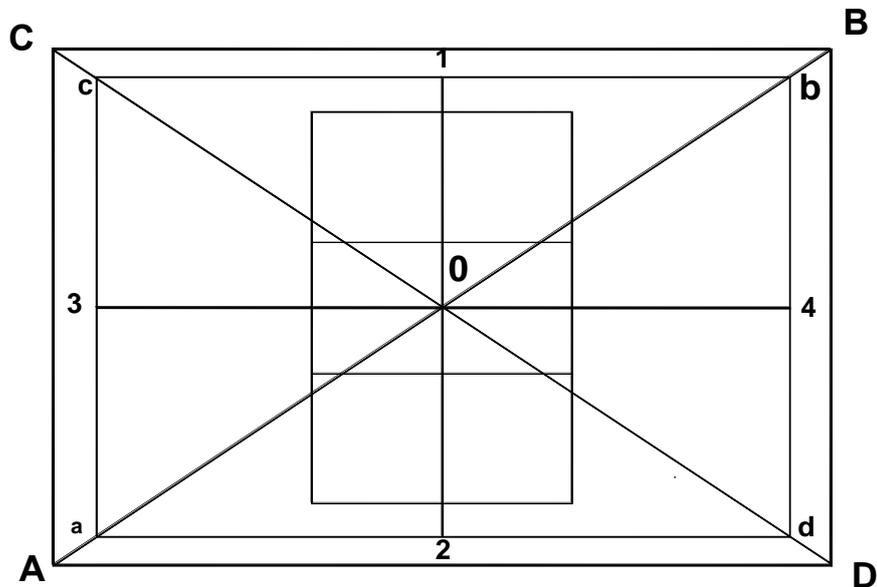


Рис. 5. Схема построения координатной сетки

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.

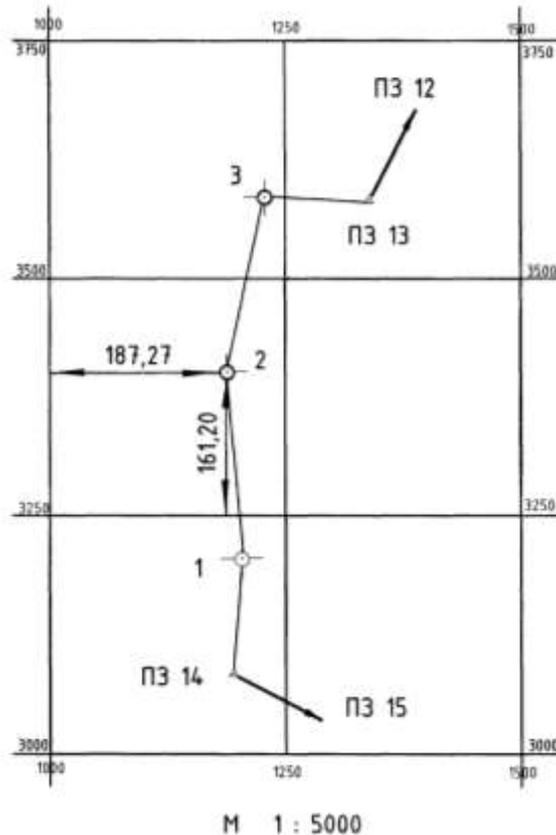


Рис. 6. Схема нанесения точек теодолитного хода на координатную сетку

Для рассматриваемого примера: $X_{\max} = 3750$ м, $X_{\min} = 3000$ м, $\Delta x = 750$ м;

$Y_{\max} = 1400$ м, $Y_{\min} = 1000$ м, $\Delta y = 400$ 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 транспортира совмещают с вершиной хода, принятой за полюс, а нуль транспортира – с направлением стороны хода. По дуге транспортира 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** транспортиром в вершинах опорных сторон откладывают углы и прочерчивают

направления, пересечения которых определяют положения искомым 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.

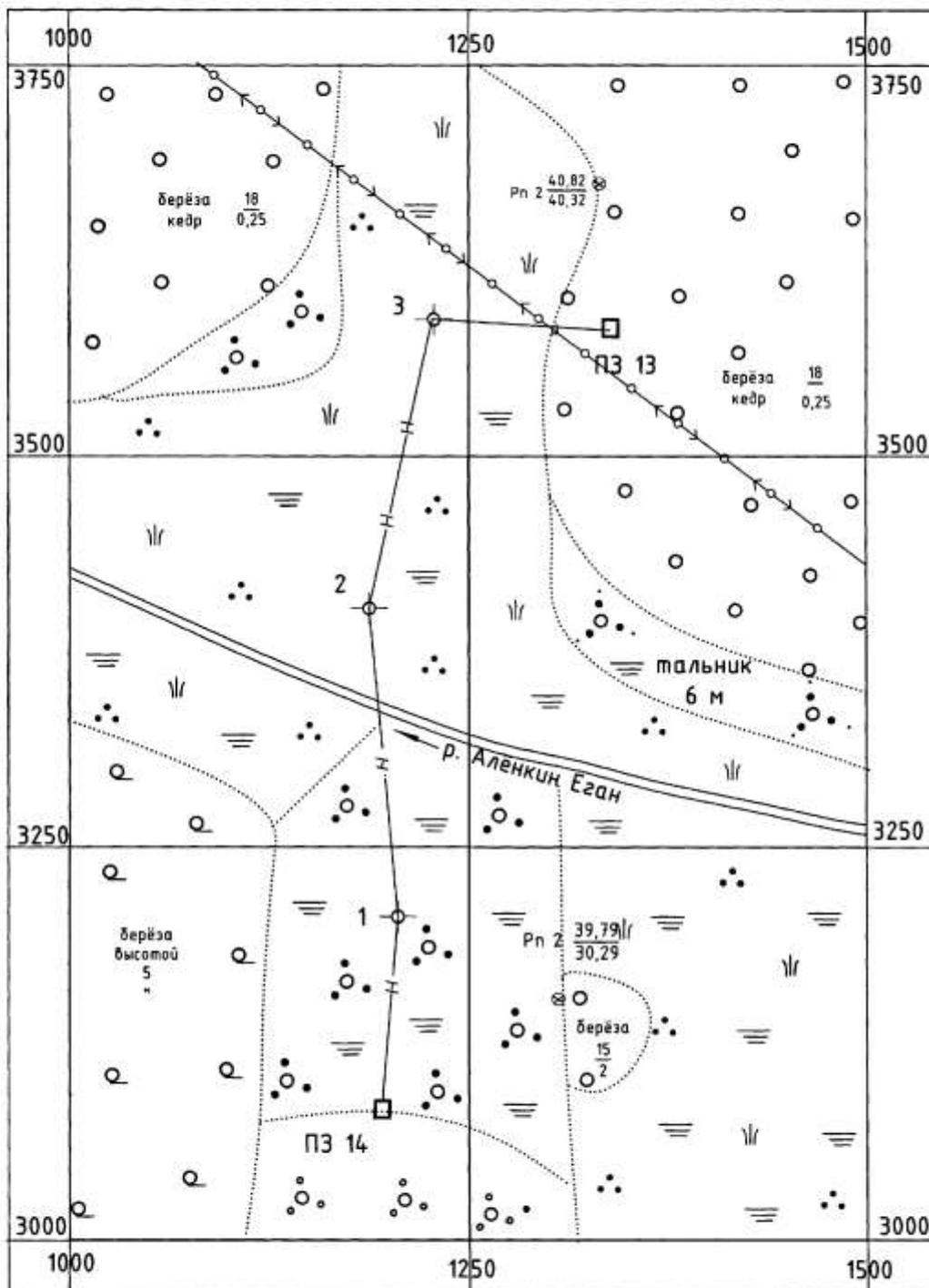
По мере накладки точек на план по ним в соответствии с абрисами вычерчивают предметы местности и контуры и заполняют их установленными условными знаками.

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. Шадрина 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

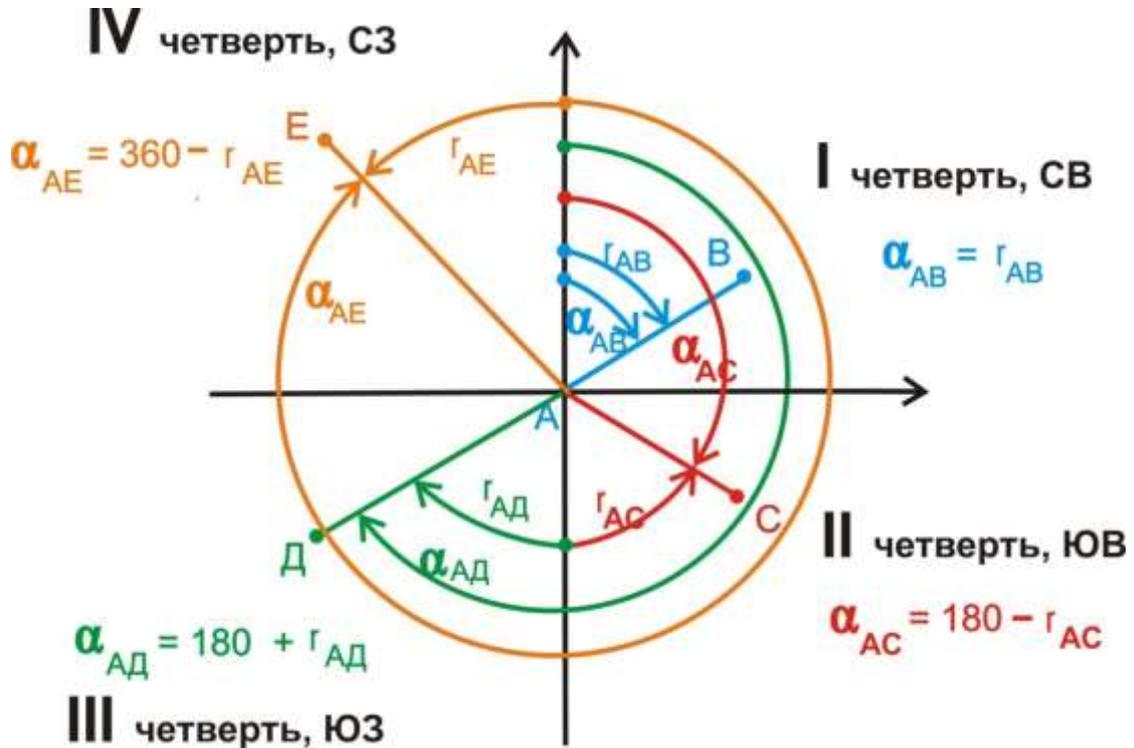


М 1 : 5000

Рис. 7. Ситуационный план местности

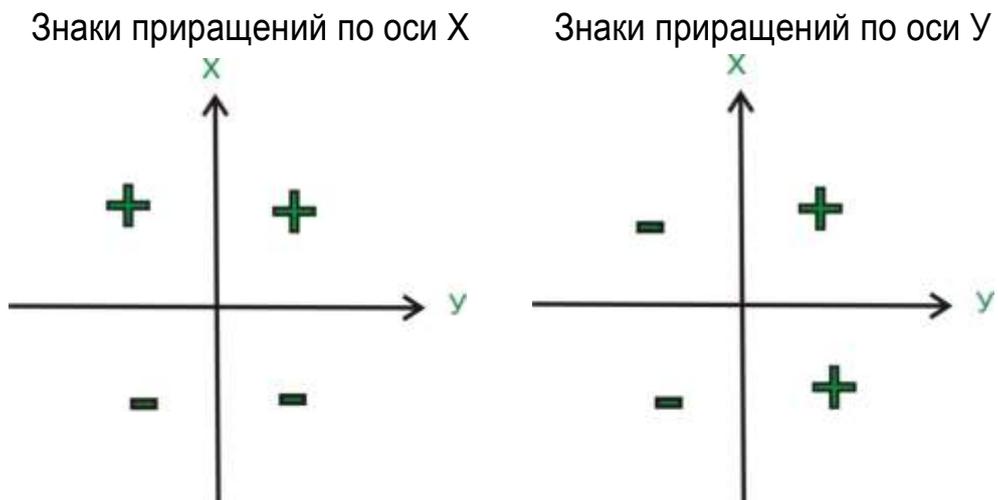
ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Схема взаимосвязи азимутов и румбов

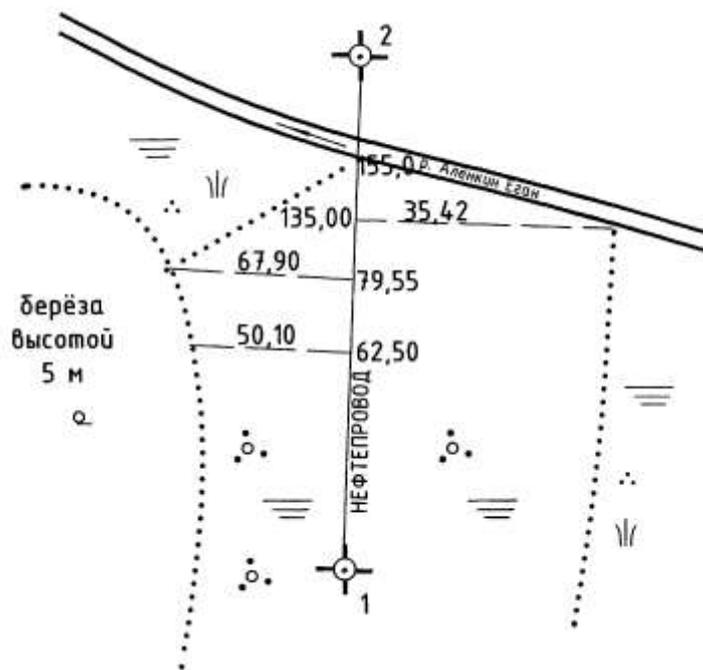


ПРИЛОЖЕНИЕ 3

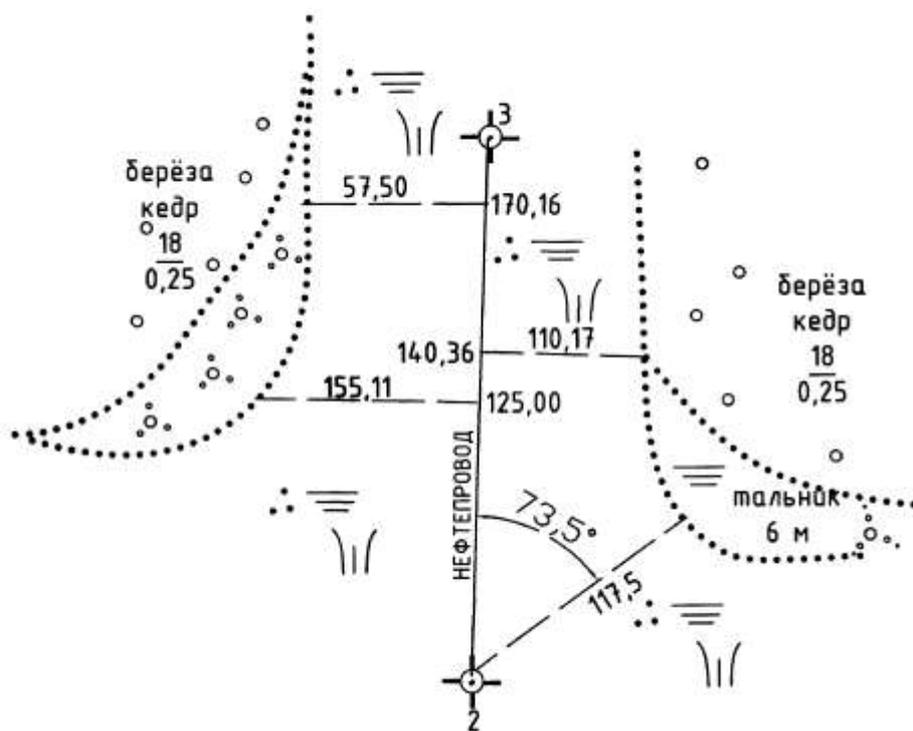
Знаки приращений координат по четвертям



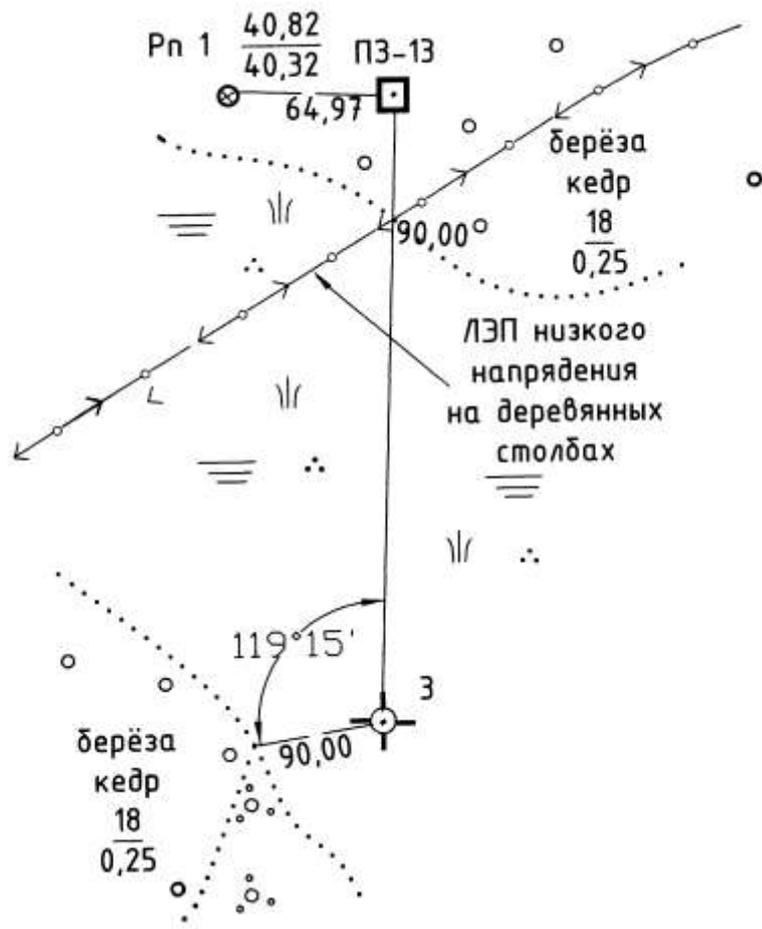
ПРИЛОЖЕНИЕ 4



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 практической работы
по курсу «Геодезическое обеспечение строительства НГО» для
студентов I курса, обучающихся
по направлению 130500 «Нефтегазовое дело»

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

Подписано к печати 05.11.2012. 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