

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Комин Андрей Эдуардович

Должность: ректор

Дата подписания: 28.10.2021 16:55:16

Уникальный программный ключ:

f6c6d686f0c8999fdf76a1ed8b448452ab8cac6fb1af6547b6d40cdf1bdc60a92

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ПРИМОРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»  
ИНСТИТУТ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА**

# **ГЕОДЕЗИЯ**

*Методические указания по изучению дисциплины и задания контрольной  
работы для студентов 2 курса заочного обучения направления  
подготовки 21.03.02 (120700.62) «Землеустройство и кадастры»*

*Уссурийск 2021*

УДК 528.915

*Составитель: Пшеничная Н.Н., старший преподаватель кафедры землеустройства.*

*Рецензент: Макеев Д.В., начальник отдела информационной системы обеспечения градостроительной деятельности администрации Уссурийского городского округа.*

*Геодезия: методические указания по изучению дисциплины и задания контрольной работы для студентов 2 курса заочного обучения направления подготовки 21.03.02 (120700.62) «Землеустройство и кадастры» / ФГБОУ ВПО ПГСХА; сост. Н.Н.Пшеничная. – Уссурийск, 2021. – 70 с.*

*Издается по решению методического совета ФГБОУ ВПО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия».*

## ВВЕДЕНИЕ

*Методические указания по изучению курса и задания для контрольных работ по курсу “Геодезия” предназначены для студентов 2-ого курса заочного обучения направления подготовки 21.03.02 (120700.62) «Землеустройство и кадастры»*

*Студенты-заочники, пользуясь данными методическими указаниями, должны самостоятельно изучить, предусмотренные программой разделы курса “Геодезия”, по рекомендуемой учебной и справочной литературе и выполнить задания по следующим темам:*

- 1. «Тахеометрическая съемка».*
- 2. «Оценка точности геодезических измерений».*
- 3. «Определение положения дополнительных пунктов».*
- 4. «Уравнивание системы теодолитных ходов».*

*Предварительно проверенная преподавателем контрольная работа представляется для защиты и получения допуска к экзамену в период экзаменационной сессии.*

*Во время сессии студенты прослушивают курс лекций, а также выполняют лабораторные работы по измерению углов и линий в геодезических сетях сгущения, решению задач по теории погрешностей, определению положения дополнительных пунктов, уравниванию нивелирных сетей.*

*Изучение основных вопросов курса рекомендуется в той последовательности, которая принята в программе. Контрольную работу следует выполнять после усвоения соответствующего раздела теории, которую полезно рассмотреть применительно к имеющемуся производственному материалу и накопленному опыту работы.*

## *МЕТОДИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ КУРСА*

### *1.1 ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ КУРСА* *Раздел*

*1. Тахеометрическая съемка.*

*Раздел 2. Теория погрешностей измерений.*

*Раздел 3. Общие сведения о построении геодезических сетей при съемке на большой территории.*

*Раздел 4. Проекция и прямоугольные координаты Гаусса.*

*Раздел 5. Методы измерения и приборы, применяемые при создании геодезических сетей сгущения.*

*Раздел 6. Методы определения положения дополнительных пунктов.*

*Раздел 7. Уравнивание систем ходов съемочной сети.*

### *1. 2 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА*

#### *Основная*

*1. Маслов А. В., Гордеев А. В., Батраков Ю. Г. Геодезия. М.: Недра, 2006. – 598 с.*

*2. Неумывакин Ю. К., Смирнов А. С. Практикум по геодезии. М.: Недра, 2008. – 318 с.*

#### *Дополнительная*

*3. Батраков Ю. Г. Геодезические сети специального назначения. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1998. – 407 с.*

*4 Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. М.: Недра, 1985. – 172 с.*

*5. Основные положения о Государственной геодезической сети РФ. М.: Роскартография, 2004. – 28 с.*

*6. Условные знаки для топографических планов масштаба 1:5000, 1:2000, 1:100, 1:500. М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. – 286 с.*

### 1.3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ

*Раздел 1. Перед выполнением работы 1 необходимо изучить главу 8 учебника [1]. Особое внимание должно быть уделено методике обработки тахеометрических ходов, съемке ситуации и рельефа, составлению плана по результатам тахеометрической съемки.*

*Раздел 2. Перед выполнением работы 2 необходимо изучить по учебнику [1] главу 9.*

*Следует обратить внимание на определения и формулы вычисления: погрешности, средних квадратических погрешностей, дисперсии, предельной погрешности, веса, средней квадратической погрешности единицы веса, среднего арифметического и среднего весового. Студент при этом должен четко представлять разницу между равноточными и неравноточными измерениями, знать правила их обработки и оценки точности, уметь пользоваться общей формулой для оценки точности функции измеренных величин и формулами для оценки точности по невязкам.*

*Разделы 3, 4, 5 курса изучаются по учебнику [1] (главы 10, 11, 12, 14, 15, 16). Студент должен познакомиться со схемами и методами создания государственных геодезических сетей, сетей сгущения и съемочных сетей.*

*При изучении проекции и системы прямоугольных координат Гаусса необходимо обратить особое внимание на вопросы искажения длин линий и площадей, а также номенклатуры листов топографических карт и планов.*

*Раздел 6. Перед выполнением работы 3 студент должен изучить соответствующий раздел в учебнике [1].*

*Раздел 7. Перед выполнением работы 4 необходимо по учебнику [1] изучить главу 18.*

## 1.4 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа может выполняться в тетради рукописно или в печатном виде. Контрольная работа выполняется в соответствии с индивидуальным заданием и рекомендациями, приведенными в данных методических указаниях. При выполнении работ необходимо указывать порядок выполнения расчетов с приведением примеров и обязательным указанием контролей. Чертежи следует оформлять в соответствии с указаниями, приведенными в описании контрольной работы.

Выполненная контрольная работа высылается в институт до начала сессии для проверки. Зачтенную контрольную работу студент-заочник представляет экзаменатору на экзамене и дает пояснения по ней.

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

#### ЗАДАНИЕ 1. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

Для производства тахеометрической съемки участка землепользования создана сеть съемочного обоснования в виде разомкнутого теодолитно-высотного хода (рис. 1). Привязка съемочной сети выполнена к исходным пунктам полигонометрии II разряда. В результате привязки получены координаты  $x$ ,  $y$ ,  $H$  точек  $T$  и ПЗ5 и дирекционные углы начальной и конечной сторон  $\alpha_{5-7}$  и  $\alpha_{5-T}$  (приложение В).

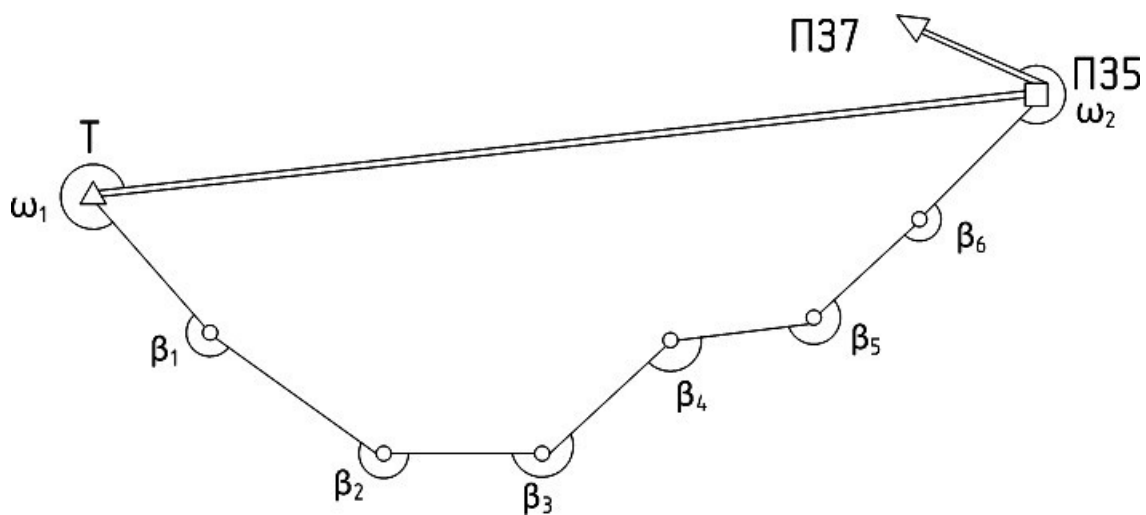


Рисунок 1. Схема съёмочной сети

Горизонтальные углы в ходах измерены теодолитом 4Т30П одним полным приемом (при КЛ и КП) с точностью 0,5'. Длины сторон в теодолитно-высотном ходе измерены стальной мерной лентой в прямом и обратном направлении с точностью 1:2000.

Для определения горизонтальных проложений длин сторон теодолитно-высотного хода теодолитом при одном положении зрительной трубы (при КЛ) измерены углы наклона сторон с точностью до 5'.

Превышения между точками теодолитно-высотного хода определены методом тригонометрического нивелирования в прямом и обратном направлениях. Вертикальные углы измерены одним полным приемом (при КЛ и КП) с точностью 0,5'; при этом визирование горизонтальной нитью сетки выполнялось на верхний обрез рейки ( $V=2,00$  м).

*Съемка ситуации и рельефа выполнена теодолитом 4Т30П полярным способом. На каждой съемочной станции лимб теодолита ориентировался нулевым делением на предыдущую станцию.*

*Абрисы съемки ситуации и рельефа представлены в приложениях А и Б.*

Требуется составить топографический план участка местности в масштабе 1:3000 с высотой сечения рельефа горизонталями через 1 м.

*Последовательность выполнения задания:*

1. Вычисление плановых координат точек теодолитно-высотного хода.
2. Вычисление и увязка превышений и определение отметок точек съемочной сети.
3. Обработка журналов съемки.
4. Построение топографического плана местности.

Результаты выполнения работы представляют в виде отчета, включающего краткую пояснительную записку, схему съемочной сети, ведомости вычисления плановых и высотных координат точек съемочного обоснования.

### *1.1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ*

*Исходные данные приведены в приложениях А, Б, В. Исходные данные для выполнения индивидуального задания контрольной работы выбираются из приложения В, (вариант задания равняется двум последним цифрам номера зачетной книжки минус 50). (Номер варианта не может превышать 50).*

*Например, если номер зачетной книжки 20015, номер варианта равен 15. Из приложения В выбираем исходные данные дирекционных*



углов  $\alpha_{5-7}=176^{\circ}10'$  и  $\alpha_{5-T}=102^{\circ}35'$ , координаты точки ПЗ 5:  
 $X=+1205,05$ ;  $Y=$

$+81,41$ ; высоты точек  $H_T=155,34$  м,  $H_{ПЗ 5}=151,64$  м. Если номер зачетной книжки 20065, номер варианта 65-50=15.

## 1.2 ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ПЛАНОВОГО ОБОСНОВАНИЯ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОГО ХОДА

Целью вычислений является определение координат  $x$ ,  $y$  точек теодолитно-высотного хода. Вычисления ведут в ведомости (табл. 1), в которую выписывают из приложения В координаты начальной ( $X_T$ ,  $Y_T$ ) и конечной ( $X_{ПЗ5}$ ,  $Y_{ПЗ5}$ ) точек хода и дирекционные углы начальной ( $\alpha_{5-T}$ ) и конечной ( $\alpha_{5-7}$ ) сторон хода.

Вычисления выполняют с точностью, соответствующей точности исходных данных: угловые величины определяют с точностью до  $1''$ , приращения координат и координаты – до  $0,01$  м. Каждый этап вычислений необходимо выполнять с обязательным контролем.

Вычисления выполняют в следующей последовательности.

1. Вычисляют угловую невязку разомкнутого хода:

$$f_{\beta} = \beta_{из}^{прав} - \alpha_{нач} - \alpha_{кон} + 180: N + 1$$

(1) где  $N$  — число сторон диагонального хода;  $\alpha_{нач} = \alpha_{5-T}$ ,

$\alpha_{кон} = \alpha_{ПЗ5-ПЗ7}$ ,

$\beta_{изм}$  — сумма измеренных углов хода.

В примере:

$$\beta_{из}^{прав} = 1726^{\circ}24'00''$$

$$\beta_{теор} = 3^{\circ}25'00'' - 77^{\circ}00'00'' + 180^{\circ}00' \cdot 7 + 1 = 1366^{\circ}25'00'' + 360^{\circ} =$$

$$1726^{\circ}25'00''$$

$$f_{\beta} = 1726^{\circ}24'00'' - 1726^{\circ}25'00'' = -0^{\circ}01'00''$$

2. Сравнивают полученную невязку с допустимой:

$$f_{\text{доп}} = 1,5' n, \quad (2)$$

где  $n=N+1$  — число углов в ходе.

*В примере:*  $f_{\text{доп}} = 1,5' \cdot 8 = 4,2'$

Фактическая угловая невязка должна удовлетворять условию:

$$f_{\beta} \leq f^{\text{доп}}$$

*В примере:*  $-0^{\circ}01' < 4,2'$

Если условие выполняется, то фактическую угловую невязку распределяют с обратным знаком поровну на все углы полигона. Поправка в каждый угол:

$$\delta_{\beta} = -\frac{f_{\beta}}{n} \quad (3)$$

Поправки  $\delta_{\beta}$  с округлением до  $0,1'$  выписывают со своими знаками в ведомость над значениями соответствующих измеренных углов. При этом должно соблюдаться условие:

$$\sum \delta_{\beta} = -f_{\beta}$$

*В примере:*  $\delta_{\beta} = \frac{-6}{8} = +7,5''$

Так как угловые значения определяются с точностью до  $1''$ , поправки распределяем следующим образом: в 4 угла величина поправки составит  $+7''$ , в остальные углы -  $+8''$ . Общая сумма поправок составит  $+60''$ . Условие соблюдается.

3. Вычисляют исправленные горизонтальные углы как

$$\beta_{\text{испр}i} = \beta_{\text{изм}i} + \delta_{\beta}, \quad (4)$$

*В примере:*  $\beta_{\text{испр1}} = 305^{\circ}59' 00'' + 0^{\circ}0' 07'' = 305^{\circ}59' 07''$

Контроль:  $\beta_{\text{испр}} = \beta_{\text{теор}}$

Таблица 1 - Ведомость вычисления плановых координат

№ точек	Горизонтальные углы		Дирекционные углы, $\alpha$ : ' "	Румбы, $r$		Гориз. проложение $d$ , м	Приращения координат, м				Координаты, м		№ точек
	измеренные, $\beta_{изм}$ : ' "	исправленные, $\beta_{изм}$ : ' "		название	: ' "		вычисленные		исправленные		X	Y	
							$\Delta x$	$\Delta y$	$\Delta x$	$\Delta y$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5													5
	+7		3 25 00										
Т	305 59 00	305 59 07					-0,01	+0,08			1000,00	1000,00	Т
	+7		237 25 53	ЮЗ	57 25 53	234,10	-126,02	-197,29	-126,30	-197,21			
1	180 00 00	180 00 07					0	+0,06			873,97	802,79	1
	+7		237 25 46	ЮЗ	57 25 46	190,08	-102,33	-160,19	-102,33	-160,13			
2	231 13 00	231 13 07					0	+0,05			771,64	642,66	2
	+7		186 12 39	ЮЗ	6 12 39	163,87	-162,91	-17,73	-162,91	-17,68			
3	219 49 30	219 49 37					0	+0,06			608,73	624,98	3
	+8		146 23 02	ЮВ	33 36 58	197,46	-164,44	+109,32	-164,44	+109,38			
4	148 27 45	148 27 53					0	+0,05			444,29	734,36	4
	+8		177 55 09	ЮВ	2 04 51	154,18	-154,08	+5,60	-154,08	+5,65			
5	231 12 45	231 12 53					0	+0,05			290,21	740,01	5
	+8		126 42 16	ЮВ	53 17 44	142,95	-85,44	+114,61	-85,44	+114,66			
6	158 25 00	158 25 08					0	+0,06			204,77	854,67	6
	+8		148 17 08	ЮВ	31 42 52	169,62	-144,29	+89,17	-144,29	+89,23			
П 3 5	251 17 00	251 17 08									60,48	943,90	П 3 5
			77 00 00			P=1252,26		$\sum x = -939,52$		$\sum y = -56,10$			

ПЗ 7						$\sum x_{np} = -939,51$	$\sum y_{np} = -56,51$				ПЗ7
						$\sum x_{теор} = -939,52$	$\sum y_{теор} = -56,10$				
		$\sum \beta_{теор} = 1726^{\circ}25'$				$f_x = +0,01$	$f_y = -0,41$				
$\sum \beta_{изм} = 1726^{\circ}24'$						$f_{абс} = 0,41$					
$\sum \beta_{теор} = 1726^{\circ}25'$						$f_{отн} = \frac{305}{4}$					
$f_{\beta} = -1' f_{\beta_{доп}} = 4,2'$						$f_{отн}^{доп} = \frac{1}{2000}$					

4. По дирекционным углам начальной ( $\alpha_{5-7}$ ) стороны хода и значениям исправленных углов полигона последовательно вычисляют дирекционные углы всех других сторон

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180: \overline{\beta}_{\text{исп}}^{\text{прав}}, \quad (5)$$

где  $\alpha_{i-1}$  – дирекционный угол предыдущей стороны,

$\overline{\beta}_{\text{исп}}^{\text{прав}}$  - исправленный горизонтальный угол.

Если дирекционный угол получится отрицательным, к нему следует прибавить  $360^\circ$ , если дирекционный угол больше  $360^\circ$ , то  $360^\circ$  следует отнять.

Контролем правильности вычислений является повторное по-лучение дирекционного угла конечной стороны ( $\alpha_{5-7}$ ).

В примере:

$$\alpha_{7-1} = 3^\circ 25' 00'' + 180^\circ - 305^\circ 59' 07'' = -122^\circ 34' 07'' + 360^\circ = 237^\circ 25' 53''$$

По найденным значениям дирекционных углов сторон вычисляют румбы сторон в зависимости от четверти, в которой находится данное направление.

Таблица 2 - Соотношение румбов и дирекционных углов

Четверти и их наименования	Значения дирекционных углов	Связь румбов (табличных углов) с дирекционными углами	Знаки приращений координат	
			$\Delta x$	$\Delta y$
I – СВ	$0^\circ - 90^\circ$	$r_1 = \alpha_1$	+	+
II – ЮВ	$90^\circ - 180^\circ$	$r_2 = 180^\circ - \alpha_2$	-	+
III – ЮЗ	$180^\circ - 270^\circ$	$r_3 = \alpha_3 - 180^\circ$	-	-
IV – СЗ	$270^\circ - 360^\circ$	$r_4 = 360^\circ - \alpha_4$	+	-

5. По горизонтальным проложениям длин и дирекционным углам (румбам) сторон вычисляют приращения координат по формулам прямой геодезической задачи:

$$\Delta x = d \cos \alpha(r); \quad \Delta y = d \sin \alpha(r) \quad (6)$$

Знаки приращений координат определяют с учетом четверти, в которой лежит данное направление, т. е. по дирекционному углу стороны. Вычисленные значения приращений координат со своими знаками заносят в ведомость.

*В примере:*

$$\Delta x = 234,10 \cdot \cos 57^\circ 25' 53'' = -126,02$$

$$\Delta y = 234,10 \cdot \sin 57^\circ 25' 53'' = -197,29$$

6. Определяют невязки в приращениях координат по осям:

$$f_x = \Delta x_{\text{выч}} - \Delta x_{\text{теор}}; \quad f_y = \Delta y_{\text{выч}} - \Delta y_{\text{теор}}, \quad (7)$$

где  $\Delta x_{\text{выч}}$ ,  $\Delta y_{\text{выч}}$  - суммы вычисленных приращений координат;

$$\Delta x_{\text{теор}} = x_{\text{кон}} - x_{\text{нач}}; \quad \Delta y_{\text{теор}} = y_{\text{кон}} - y_{\text{нач}} \quad -$$

теоретические суммы приращений координат в диагональном ходе.

*В примере:*

$$\Delta x_{\text{выч}} = -939,51 \text{ м}; \quad \Delta y_{\text{выч}} = -56,51 \text{ м}$$

$$\Delta x_{\text{теор}} = x_{\text{ПЗ5}} - x_{\text{Т}} = +60,48 - (+1000,00) = -939,52 \text{ м};$$

$$\Delta y_{\text{теор}} = y_{\text{ПЗ5}} - y_{\text{Т}} = +939,90 - (+1000,00) = -56,10 \text{ м}$$

$$f_x = -939,51 - (-939,52) = +0,01 \text{ м}$$

$$f_y = -56,51 - (-56,10) = -0,41 \text{ м}$$

а затем абсолютную линейную невязку

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \quad (8)$$

*В примере:*

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{0,01^2 + (-0,41)^2} = 0,41 \text{ м}$$

7. Выполняют оценку точности угловых и линейных измерений по относительной невязке полигона

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{\text{---}} \quad -$$



$$= 1, \quad (9) \quad d = f_{abc} \cdot N$$

где  $d$  - длина диагонального хода от начальной до конечной точки;

$N$  — знаменатель относительной невязки.

Вычисленную относительную невязку сравнивают с допустимой

$$f_{\text{отн}}^{\text{доп}} = \frac{1}{2000}$$

при этом должно выполняться условие

$$f_{\text{отн}} \leq f_{\text{отн}}^{\text{доп}}$$

В примере:

$$f_{\text{отн}} = \frac{0,41}{\frac{1252,2}{6}} = \frac{1}{\frac{1252,26}{0,41}} = \frac{1}{3054}$$

$$\frac{1}{305} < \frac{1}{2000}$$

Условие соблюдается, поэтому далее производим увязку (уравнивание) вычисленных приращений координат.

8. Распределяют невязки  $f_x$  и  $f_y$  по вычисленным приращениям координат пропорционально длинам сторон с обратным знаком. Поправки в приращения координат определяют по формулам:

$$\delta_{x_i} = -\frac{f_x}{\sum d} d_i ; \quad \delta_{y_i} = -\frac{f_y}{\sum d} d_i , \quad (10)$$

где  $d_i$  - длина  $i$ -той стороны;

$\sum d$  - длина диагонального хода.

В примере:

$$\begin{matrix} u & ak \\ & далее \\ t & . \end{matrix} \delta_{y_1}$$

$$= \frac{-0,41}{-1252,26} \quad \frac{234,10}{+0,08 \text{ м}} =$$

Вычисленные поправки в сантиметрах записывают в ведомости над соответствующими вычисленными приращениями координат. При этом должны соблюдаться условия:

$$\sum \delta_x = -f_x, \quad \sum \delta_y = -f_y.$$

9. По вычисленным приращениям координат и поправкам на- ходят исправленные приращения координат:

$$\Delta x_{\text{испр}i} = \Delta x_i + \delta_{x_i}; \quad \Delta y_{\text{испр}i} = \Delta y_i + \delta_{y_i} \quad (11)$$

Контроль:  $\sum \Delta x_{\text{испр}} = 0 \quad \sum \Delta y_{\text{испр}} = 0$

10. По исправленным приращениям координат начальной точки последовательно вычисляют координаты всех точек полигона:

$$\begin{aligned} x_{i+1} &= x_i + \Delta x_{\text{испр}i}; & y_{i+1} \\ &= y_i + \Delta y_{\text{испр}i}. \end{aligned} \quad (12)$$

*В примере:*

$$x_1 = x_T + \Delta x_{1\text{испр}} = 1000,00 + (-126,03) = +873,97 \text{ м}$$

$$x_2 = x_1 + \Delta x_{2\text{испр}} = +873,97 + (-102,33) = +771,64 \text{ м}$$

*и так далее до конца ведомости. Аналогично вычисляют координаты У для всех точек.*

*Окончательный контроль:* получение координат конечной точки

хода.

### 1.3 ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ВЫСОТНОГО ОБОСНОВАНИЯ

Обработка высотного обоснования сводится к вычислению отметок точек теодолитного хода, определенных тригонометрическим нивелированием.

Вычисление превышений между точками ходов выполняется в журнале высотного обоснования съемочной сети (табл. 3).

Вычисления выполняют в следующем порядке.

1. Для каждого направления рассчитывают значение места нуля (МО) вертикального круга теодолита как

$$MO = \frac{KЛ + КП + 360^\circ}{2}, \quad (13)$$

где КЛ, КП – отсчеты по вертикальному кругу теодолита.

Таблица 3 – Журнал высотного обоснования съёмочной сети

Обозначения	Стороны													
	Ст. 1		Ст. 2		Ст. 3		Ст. 4		Ст. 5		Ст. 6		ПЗ 5	
	Т-1	1-Т	1-2	2-1	2-3	3-2	3-4	4-3	4-5	5-4	5-6	6-5	2-7	7-2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
КЛ	0:41'30"	359:19'30"	1:42'30"	358:18'30"	357:51'00"	2:12'00"	1:34'30"	358:24'30"	359:57'30"	0:01'30"	359:13'30"	0:44'30"	359:18'30"	0:43'30"
КП	359:18'30"	0:40'30"	358:19'30"	1:43'30"	2:11'00"	357:50'00"	358:27'30"	1:33'30"	0:00'30"	359:56'30"	0:44'30"	359:15'30"	0:41'30"	359:18'30"
МО	0:	0:												
ν	-0:41'30"	+0:40'30"												
d, м	234,19	234,07	190,12	190,04	163,84	163,90	197,50	197,42	154,20	154,16	142,98	142,92	169,65	169,59
□, м	-2,83	+2,76												
□ <sub>ср</sub>	-2,80													

## Контролем правильности измерений

вертикальных углов  
служит постоянство МО,

колебания которого не должны превышать  $\pm 0,5'$ .

*В примере:*

Для станции 1:

$$МО_{Т-1} = \frac{0^{\circ}41'30'' + 359^{\circ}18'30'' + 360^{\circ}}{2} = 0^{\circ}$$

$$МО_{1-Т} = \frac{359^{\circ}19'30'' + 0^{\circ}40'30'' + 360^{\circ}}{2} = 0^{\circ}$$

2. Вычисляют значения вертикальных углов по одной из формул

$$\nu = МО - КЛ . \quad (14)$$

Если отчет при КЛ близок к  $360^{\circ}$ , то к МО следует прибавить  $360^{\circ}$ .

*В примере:*

$$\text{Для станции 1: } \nu_{Т-1} = 0^{\circ} - 0^{\circ}41'30'' = -0^{\circ}41'30''$$

$$\nu_{1-Т} = (0^{\circ} + 360^{\circ}) - 359^{\circ}19'30'' = +0^{\circ}40'30''$$

3. Для каждой стороны вычисляют значение приведенного превышения с точностью до 0,01 м в прямом и обратном направлениях:

$$\square = d \cdot tg\nu . \quad (15)$$

*В примере:*

$$\text{Для станции 1: } \square_{Т-1} = 234,19 \cdot tg(-0^{\circ}41'30'') = -2,83 \text{ м}$$

$$\square_{1-Т} = 234,19 \cdot tg(+0^{\circ}40'30'') = +2,76 \text{ м.}$$

4. Сравнивают значения прямого и обратного превышений для каждой стороны, которые могут отличаться по абсолютной величине не более чем на 4 см на каждые 100 м горизонтально

го расстояния. Если условие выполняется, то за окончательное значение принимается среднее и ему придается знак прямого хода.

*В примере:*

$$\text{Для станции 1: } \bar{\rho}_{\text{ср}} = \frac{2,83+2,76}{2} = -2,80 \text{ м.}$$

Увязка (уравнивание) превышений и вычисление отметок точек съемочной сети выполняется в специальной ведомости (табл. 4). Для этого



из табл. 3 в ведомость заносят значения прямых, обратных и средних превышений и горизонтальных проложений сторон ходов; из исходных данных выписывают отметки начальной (Т) и конечной точек (ПЗ5).

Вычисления выполняют в следующей последовательности.

1. Вычисляют высотную невязку диагонального хода:

$$f_{\square} = \sum \Delta - \sum \Delta_{\text{теор}} = \sum \Delta - (H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}})$$

(16) где  $\sum \Delta_{\text{теор}}$  - теоретическая сумма превышений в ходе;

$H_{\text{кон}} = H_{\text{ПЗ5}}$ ,  $H_{\text{нач}} = H_{\text{Т}}$  - отметки соответственно конечной и начальной точек хода.

*В примере:*

$$f_{\square} = -3,57 - (137,42 - 141,12) = +0,13 \text{ м}$$

2. Вычисляют допустимую высотную невязку диагонального хода по формуле:

$$f_{\square}^{\text{доп}} = \frac{0,004 \sum d}{\sqrt{N}} \text{ см} \quad (17)$$

где  $\sum d$  - длина диагонального хода, м;

$N$  - число сторон (превышений) в ходе.

*В примере:*

$$f_{\square}^{\text{доп}} = \frac{0,004 \cdot 1252,26}{\sqrt{7}} = 19 \text{ см} = 0,19 \text{ м}$$

3. Если фактическая высотная невязка хода допустима, т. е. выполняется условие

$$f_{\square} \leq f_{\square}^{\text{доп}}$$

то ее распределяют с обратным знаком пропорционально длинам сторон.

*В примере:*

$$0,13 < 0,19$$

Условие  
соблюдается.

Таблица 4 – Ведомость увязки превышений в высотных ходах

№ точек	Превышения h, м			Горизонтальное проложение	Поправки $\delta_0$ , м	Испр. превышения $\Delta_{испр}$ , м	Отметка точки Н, м	№ точек
	$\Delta_{пр}$	$\Delta_{обр}$	$\Delta_{ср}$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Т							141,12	1
	-2,83	+2,76	-2,80	234,10	-0,02	-2,82		
1							138,30	2
	-5,61	+5,67	-5,64	190,08	-0,02	-5,66		
2							132,64	3
	+6,20	-6,25	+6,23	163,87	-0,02	+6,21		
3							138,85	4
	-5,37	+5,43	-5,40	197,46	-0,02	-5,42		
4							133,43	5
	+0,07	-0,11	+0,09	154,18	-0,02	+0,07		
5							133,50	6
	+1,89	-1,85	+1,87	142,95	-0,01	+1,86		
6							135,36	1
	+2,05	-2,10	+2,08	169,62	-0,02	+2,06		
П35							137,42	
		$\sum \Delta_{ср} = -3,57$		$\sum d = 1252,26$	$\sum \delta_0 = -0,13$			
		$\sum \Delta_{теор} = -3,70$			$\sum \Delta_{испр} = -3,70$			
		$f_{\Delta} = +0,13$						
		$f_{доп} = 0,19$						

Поправки в превышения рассчитывают с округлением до 0,01 м по формуле:

$$\delta_{0_i} = -\frac{f_{\Delta}}{P} d \quad (18)$$

где  $d_i$  — горизонтальное проложение соответствующей стороны.

*Например, для стороны T-1 поправка в превышение:*

$$\delta_{\square_i} = -\frac{0,13}{1252,2} 234,10 = -0,02 \text{ м}$$

Вычисленные поправки выписывают в соответствующий столбец ведомости (см. табл. 4).

Сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком, т. е.

$$\sum \delta_{\square_i} = -f_{\square}$$

4. Вычисляют исправленные превышения как

$$\square_{\text{испр}i} = \square_i + \delta_{\square_i}, \quad (19)$$

*Контроль:*  $\sum \square_{\text{испр}} = \sum \square_{\text{теор}}$

5. Зная отметку начальной точки и исправленные превышения, последовательно рассчитывают отметки всех по формуле:

$$H_i = H_{i-1} + \square_{\text{испр}i}, \quad (20)$$

где  $H_i, H_{i-1}$  — отметки соответственно последующей и предыдущей точек хода.

*В примере:*

$$H_1 = 141,12 + (-2,82) = 138,30 \text{ м}$$

*Окончательный контроль:* повторное получение отметки конечной точки хода ( $H_{\text{кон}}=H_{\text{п35}}$ ).

*Полученные значения отметок, среднее значение МО записывают напротив каждой станции в журнал тахеометрической съемки.*

#### 1. 4 ОБРАБОТКА ЖУРНАЛА ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Обработка журнала включает вычисление углов наклона линий визирования, горизонтальных расстояний до пикетных точек, превышений и отметок пикетных точек (см. табл. 5).

1. Угол наклона линии визирования на пикетную точку

вычисляют по формуле

$$\nu = KL - MO.$$

2. Горизонтальное расстояние до пикетной точки вычисляют с точностью до 0,1 м как

$$d = L \cos^2 \nu , \quad (21)$$

где  $L$  — дальномерное расстояние.

3. Превышение пикетной точки над станцией вычисляют с точностью до 0,01 м по формуле:

$$\Delta = d \cdot \operatorname{tg} \nu$$

При этом знак превышения определяется знаком угла наклона.

4. Отметки пикетных точек вычисляют как

$$H_{\text{пик}i} = H_{\text{ст}} + \Delta_i, \quad (22)$$

где  $H_{\text{ст}}$  - отметка станции,

$\Delta_i$  - превышение пикетной (реечной) точки.

*В примере:*

$$\begin{aligned} \text{На станции 2, точка 1: } \nu_1 &= 0^\circ 01' - 1^\circ 30' \\ &= -1^\circ 29' \end{aligned}$$

$$d = 123,00 \cdot \cos^2(-1^\circ 29') = 122,94 \text{ м}$$

$$\Delta = 122,94 \cdot \operatorname{tg}(-1^\circ 29') = -3,73 \text{ м}$$

$$H_{\text{пик}1} = 132,64 - 3,73 = 128,91 \text{ м}$$

$$\begin{aligned} \text{На станции 2, точка 2: } \nu_1 &= (0^\circ 01' + 360^\circ) - 359^\circ 44' \\ &= +0^\circ 17' \end{aligned}$$

$$d = 148,00 \cdot \cos^2(+0^\circ 17') = 148,00 \text{ м}$$

$$\Delta = 148,00 \cdot \operatorname{tg}(+0^\circ 17') = +0,18 \text{ м}$$

$$H_{\text{пик}1} = 132,64 + 0,18 = 132,82 \text{ м}$$

*и т.д.*

Таблица 5 – Журнал тахеометрической съемки

№ точек визирования	Отсчеты по угломерным кругам		Дальное расстояние $L, м$	Угол наклона $\nu$	Горизонт. расстояние $d = L \cos^2 \nu$	Превышение $h, м$	Отметка точек $H, м$	Примечания
	горизонтальному	вертикальному						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Станция 2</b>								
$H_2 = 132,64$ м		$i = 1,45$ м			$V = 2,00$		$MO = 0^{\circ}01'$	
м Лимб ориентирован на ст.1 при КЛ								
Ст. 1	0°00'							
1	8°10'	1°30'	123,00	- 1°29'	122,94	-3,73	128,9 1	лу г
2	46°59'	359°4 4'	148,00	0°17'	148,00	+0,18	132,8 2	лу г
3	119°02'	2°17'	79,50	- 2°16'	79,38	-3,69	128,9 5	лу г
4	205°48'	0°24'	132,00	- 0°23'	131,99	-1,43	131,2 1	лу г
5	252°11'	1°22'	119,00	- 1°21'	118,93	-3,35	129,2 9	лу г
6	298°07'	3°50'	52,30	- 3°49'	52,07	-4,02	128,6 2	лу г
7	314°49'	3°02'	121,00	- 3°01'	120,66	-6,91	125,7 3	лу г
Ст. 1	0°01'							
<b>Станция 3</b>								
$H_3 =$		$i = 1,46$ м			$V = 2,00$ м		$MO =$	
Лимб ориентирован на ст.2 при КЛ								
Ст. 2	0°00'							



8	61°47'	358°1 6'	97,50					лу г
9	94°15'	359°1 8'	85,50					лу г
10	94°24'	358°5 8'	149,00					лу г
11	153°12'	358°1 3'	117,00					лу г
12	243°10'	358°2 1'	115,00					лу г
13	280°51'	358°4 1'	119,00					лу г
Ст. 2	0°01'							

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Станция 4</b>								
$H_4 =$ <span style="margin-left: 150px;"><math>i = 1,43 \text{ м}</math></span> <span style="margin-left: 150px;"><math>V = 2,00 \text{ м}</math></span> <span style="margin-left: 150px;">МО</span> = Лимб ориентирован на ст.3 при КЛ								
Ст. 3	0°00'							луг
14	107°1 5'	0°00'	135,00					луг
15	139°5 4'	1°05'	132,00					левый берег
16	211°3 2'	1°30'	56,00					левый берег
17	291°5 8'	0°21'	148,00					левый берег
Ст. 3	0°01'							
<b>Станция 5</b>								
$H_5 =$ <span style="margin-left: 150px;"><math>i = 1,47 \text{ м}</math></span> <span style="margin-left: 150px;"><math>V = 2,00 \text{ м}</math></span> <span style="margin-left: 150px;">МО</span> = Лимб ориентирован на ст.4 при КЛ								
Ст. 4	0°00'							
18	0°05'	0°24'	48,20					правы й берег
19	64°30'	1°07'	150,00					правый берег
20	107°5 4'	357°2 8'	145,00					кустарник
21	150°4 9'	359°1 1'	64,40					кустарник
22	224°1 5'	359°2 5'	84,50					кустарник
23	299°1 5'	0°57'	163,00					правы й берег

Ст. 4	0°00'							
----------	-------	--	--	--	--	--	--	--

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Станция 6</b> $H_6 =$ $i = 1,45$ м $V = 2,00$ м МО = Лимб ориентирован на ст.5 при КЛ								
Ст. 5	0°00'							
24	98°55'	359°4 6'	116,0					кустарник
25	133°0 7'	358°5 5'	138,00					кустарник
26	156°1 1'	359°3 8'	96,50					кустарник
27	206°5 7'	0°56'	82,50					кустарник
28	239°2 0'	1°18'	150,00					кустарник
29	271°1 2'	1°39'	91,00					кустарник
Ст. 5	0°00'							

24

## 1. 5 СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА УЧАСТКА

На чертежной бумаге размером 30x40 см построить сетку квадратов со сторонами 10 см. Значение подписей координат сторон сетки для масштаба 1: 3000 должны быть кратны 0,3 км.

По координатам нанести все съёмочные точки тахеометрического хода. На плане записать (в виде дроби) номера и высоты съёмочных точек.

Используя геодезический транспортир и поперечный масштаб, нанести на план съёмочные пикеты и справа записать его высоту, округленную до 0,1 м.

По данным абриса (приложения А, Б) нанести на план ситуацию.

По высотам съёмочных пикетов произвести интерполяцию горизонталей “на глаз” по направлениям, указанным на абрисах стрелками и провести горизонталю через 1 м по высоте. Следует иметь в виду, что интерполяцию можно производить только между пикетами соединенными стрелками.

Если между двумя пикетами проходит несколько горизонталей, то они должны находиться на одинаковом расстоянии друг от друга.

Подписать на плане высоту уреза воды в озере как среднее арифметическое из всех значений высот уреза с округлениями до 0,01 м.

Вычертить план тушью в соответствии с требованиями условных знаков топографических планов масштаба 1: 3000 (приложение Г).

## ЗАДАНИЕ 2. ТЕОРИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБРАБОТКЕ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Контрольная работа выполняется в соответствии с вариантами. Номер варианта определяется по двум последним цифрам номера зачетной книжки минус  $15 \cdot N$ , где  $N=1;2;3$ . (Номер варианта не может превышать 15).

Для подготовки работы к защите необходимо проработать перечень вопросов, предназначенных для самопроверки, приведенный в конце раздела.

При решении контрольных задач необходимо обратить внимание на следующее:

1. При вычислении средних квадратических погрешностей и весов измерений в промежуточных результатах следует удерживать две — три значащие цифры, причем, в случае суммирования оставлять две значащие цифры в наибольшем по абсолютной величине слагаемом, остальные слагаемые вычислять с тем же числом десятичных знаков, которое будет иметь наибольшее слагаемое; окончательные значения следует округлять до двух значащих цифр.

Вычисления по формулам следует приводить к виду

$$m = \frac{\Delta^2}{n} \quad m = \frac{300}{6} = 7,1''.$$

Не следует записывать в виде

$$m = \frac{\Delta^2}{n} = \frac{300}{6} = \sqrt{50} = 7,1''.$$

В такой записи допущены три ошибки: буквенное выражение не равно численному; запись 50 является лишней; обозначения угловых секунд следует применять как  $7,1''$ , а не

7,"1.

Окончательный результат вычислений должен содержать наименование единиц обрабатываемой величины.

#### СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ

##### *Округление приближенных чисел*

1. если первая из отброшенных цифр меньше 5, то оставшиеся десятичные знаки сохраняются без изменений ( $44,3 \approx 44$ );

2. если первая из отброшенных цифр больше 5, то к последней оставшейся цифре прибавляется единица ( $44,6 \approx 45$ );

3. если первая из отброшенных цифр равна 5 и среди остальных отброшенных цифр имеются ненулевые, то последняя оставшаяся цифра увеличивается на единицу ( $44,51 \approx 45$ );

4. если же первая из отброшенных цифр равна 5 и все остальные отброшенные цифры являются нулями, то последняя оставшаяся цифра сохраняется неизменной, если она четная, и увеличивается на единицу, если она нечетная ( $44,50 \approx 44$ , а  $45,5 \approx 46$ ).

##### *Точность приближенных чисел*

Точность приближенных чисел определяется числом значащих цифр.

Пример: число 28,3 имеет три значащих цифры. Число 0,00422 имеет тоже три значащих цифры. Число 1,06005 имеет шесть значащих цифр. Число 2500,0 имеет пять значащих цифр, так как оно верно до десятых долей единицы.

Если вместо числа 25643 взять число 26000, то говорят, что в округленном числе имеется две верные цифры; рекомендуемая запись этого числа —  $26 \cdot 10^3$ .



## 2.1 ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПО ИСТИННЫМ ПОГРЕШНОСТЯМ

Абсолютными погрешностями называют:

1. истинную погрешность:  $\Delta = l - a$ , (23)

где  $\Delta$  — погрешность измерения,

$l$  — результат измерения,

$a$  — точное значение величины;

2. среднеквадратическую погрешность:  $m = \frac{\Delta}{n}$ ; (24)

3. среднюю погрешность:  $\theta = \frac{\Delta}{n}$ ; (25)

4. предельную погрешность:  $\Delta_{\text{пред}} = \tau \cdot m$ , (26)

при теоретических расчетах обычно принимают  $\Delta_{\text{пред}} = 3m$ ,

а для практических целей используют более жесткий допуск  $\Delta_{\text{пред}} = 2m$ ;

5. вероятную погрешность:  $r \approx \frac{2}{3} m$ ; (26)

6. определить надежность вычислений средней квадратической погрешности:  $m = \frac{m}{\sqrt{2 \cdot n}}$ . (27)

Решение примера

Задача 1. Линия, истинное значение длины которой равно 125,43 м, измерена 6 раз. Результаты измерений следующие: 125,56; 125,49; 125,39; 125,38; 125,44; 125,35 м. Определить абсолютные погрешности одного измерения. **(Для выполнения индивидуальных заданий результаты измерений взять из таблицы 2.1, а истинные согласно своему варианту из приложения Д, таблица 1)**

Решение выполняется в табличной форме.

Таблица 2.1 - Оценка точности по абсолютным погрешностям

№ измерения	Результаты измерения, м	Абсолютные погрешности Δ, см	Δ <sup>2</sup> , см <sup>2</sup>	Оценка точности
1	125,56	+13	169	$m = \frac{\overline{311}}{6} = 7,2 \text{ см}$ $\theta = \frac{37}{6} = 6,2 \text{ см}$ $\Delta_{\text{пред}} = 3 \times 7,2 = 21,6 \text{ см}$ $r \approx \frac{2}{3} \cdot 7,2 \approx 4,8 \text{ см}$ $m_m = \frac{7,2}{\sqrt{2 \times 6}} = 2,1 \text{ см}$
2	125,49	+6	36	
3	125,39	-4	16	
4	125,38	-5	25	
5	125,44	+1	1	
6	125,35	-8	64	
	125,43-истинное значение		311	

## 2.2 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РАВНОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Сущность задачи обработки ряда равноточных измерений одной величины заключается в следующем:

а) определение наиболее надежного значения измеряемой величины;

б) оценка точности результатов измерений.

Обработку ряда равноточных измерений производят в следующей последовательности.

1. Определяют наиболее надежное значение измеренной величины. Для этого вычисляют среднее арифметическое из результатов равноточных измерений.

$$\bar{x} = \bar{x} + \frac{[\varepsilon]}{n}, \quad (28)$$

где  $x_0$  - минимальное значение измеренной величины;

$\varepsilon_i = x_i - x_0$  - остатки.

2. Вычисляют поправки  $v$ : 
$$v_i = \bar{x} - x_i. \quad (29)$$

3. Выполняют контроль:  $[v] = 0$ .

Если при делении  $[\varepsilon]$  была допущена погрешность в округлении, равная  $\omega = X_{\text{прин}} - X_{\text{точн}}$ , то  $[v] = \omega n$ .

4. Находят  $[v^2]$ ,  $[\varepsilon^2] \frac{[\varepsilon]^2}{n}$ .

5. Контролируют вычисление  $[v^2]$  по формуле  $[v^2] = [\varepsilon^2] \frac{[\varepsilon^2]}{n}$ .  
(30)

Расхождение между вычисленным значением  $[v^2]$  в п.4 и определенным в п.5 не должно быть более 2-3 %.

6. Вычисляют среднюю квадратическую погрешность одного измерения  $m = \frac{[v]}{n-1}$ , (31)

характеризующуюся средней квадратической погрешностью

$$m_{\diamond} = \frac{m}{\sqrt{2(n-1)}} \quad (32)$$

7. Вычисляют среднюю квадратическую погрешность арифметической середины  $M = \frac{m}{\sqrt{n}}$ , (33)

характеризующуюся средней квадратической погрешностью

$$m_{\diamond} = \frac{M}{\sqrt{2n}} \quad (34)$$

8. Записывают окончательный результат измерений

$$X = \bar{x} \pm M (m_M = \dots).$$

Задача 2. Определить вероятнейшее значение угла, измеренного шестью приемами, и его среднюю квадратическую погрешность.

**(Для выполнения индивидуальных заданий результаты измерений взять согласно своему варианту из приложения Д, таблица 2)**

Решение. Обработку равноточных измерений производим в таблице.

Таблица 2.2 – Обработка равноточных измерений

№ по порядку	Результаты измерений	$\varepsilon_i''$	$(\varepsilon_i'')^2$	$v_i''$	$(v_i'')^2$
1	35° 12' 56"	+1	1	+3	9
2	12 55	0	0	+4	16
3	12 59	+4	16	0	0
4	13 02	+7	49	-3	9
5	13 00	+5	25	-1	1
6	12 59	+4	16	0	0
$\alpha_{мин}$	35 12 55	+2	107	+3	35
$\alpha_{макс}$	35 12 59	1			

$$1. \bar{x} = 35^{\circ}12'55'' \pm \frac{+21}{6} = 35^{\circ}12'58,5'' \approx 35^{\circ}12'59''$$

$$2. [u] = 0 \quad \omega = 59 - 58,5 = 0,5'' \quad \omega n = 0,5'' \times 6 = +3''$$

$$5. [u^2] = 107 \frac{21}{6} = 34'' \quad 33,5'' \approx 35'' \text{ расхождение равно } 3\%$$

$$6. m = \frac{35}{6-1} = 2,6'' \quad \text{и} \quad m_{\diamond} = \frac{2,6}{\sqrt{2 \times 5}} = 0,8''$$

$$7. M_{1,1} = \frac{2,6}{\sqrt{6}} = 1,1'' \quad \text{и} \quad m_M = \frac{2,6}{\sqrt{2 \times 6}} = 0,3''$$

8. Окончательный результат измерений:

$$X = 35^{\circ}12'59'' \pm 1,1'' (m_M = 0,3'')$$

### 2.3 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА НЕРАВНОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

При вычислении наиболее надежного значения многократно и неравноточно измеренной величины и для оценки точности ее определения рекомендуется такая последовательность.

1. Определяют веса измерений

$$p_i = \frac{1}{v_i^k}, \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (35)$$

$n_i$

2. Находят минимальное значение величины  $I_0$  и вычисляют

31

разности  $\varepsilon_i = l_i - l_0$ .

3. Вычисляют  $p_i \cdot \varepsilon_i$  и  $[p_i \cdot \varepsilon_i]$ .

4. Вычисляют наиболее надежное значение измеряемой величины

$$L_B = l \pm \frac{[p_i \cdot \varepsilon_i]}{[p_i]}. \quad (36)$$

и погрешность округления  $\omega = l_{\text{прин}} - l_{\text{точн}}$ .

5. Вычисляют  $u_i = L_B - l_i$  и произведение  $p_i \cdot u_i$ .

8. Вычисляют  $[p_i \cdot u]$  и выполняют контроль:  $[p_i \cdot u] = 0$ .

Если при делении  $\frac{[p_i \cdot \varepsilon_i]}{[p_i]}$  была допущена погрешность в округлении,

то  $[p_i \cdot u] = \omega [p_i]$ .

7. Вычисляют  $[p \cdot \varepsilon^2]$  и  $[p \cdot u^2]$ .

8. Выполняют контроль по формуле

$$[p \cdot u^2] \approx [p \cdot \varepsilon^2] - \frac{[p_i \cdot \varepsilon_i]^2}{[p_i]}. \quad (37)$$

Расхождение между вычисленным значением  $[p \cdot u^2]$  в п. 7 и определенным по контрольной формуле (п. 8) не должно быть более 2—3%.

9. Вычисляют погрешность единицы веса

$$\mu = \sqrt{\frac{[pu^2]}{n-1}} \quad (38)$$

$$\text{и } m_{\mu} = \frac{\mu}{\sqrt{2(n-1)}}. \quad (39)$$

10. Вычисляют среднюю квадратическую погрешность общей арифметической середины  $M = \frac{\mu}{\sqrt{[p]}}$  40)

$$\text{и } m_M = \frac{m_{\mu}}{\sqrt{[p]}}. \quad (41)$$

11. Записывают окончательный результат

$$l = L_B \pm M (m_M = \dots).$$

*Задача 3. Отметка узловой точки получена из четырех нивелирных ходов. Вычислить вероятнейшее значение высоты узловой точки,*

среднюю квадратическую ошибку единицы веса, среднюю квадратическую ошибку арифметической середины.

**(Для выполнения индивидуальных заданий результаты измерений взять согласно своему варианту из приложения Д, таблица 3)**

Решение. Обработку результатов неравноточных измерений проводим в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Обработка результатов неравноточных измерений

№№ ходов	Значения высоты узловой точки, м	Число станций, $n$	$p = k/n, k = 10$	$\varepsilon$ , мм	$p\varepsilon$ , мм	$p\varepsilon^2$ , мм <sup>2</sup>	$u$ , мм	$pu$ , мм	$pu^2$ , мм <sup>2</sup>
1	547,271	49	0,20	31	6,2	192,2	-4	-0,8	3,2
2	547,248	73	0,14	8	1,12	8,96	+19	+2,66	50,54
3	547,240	60	0,17	0	0	0	+27	+4,59	123,93
4	547,285	27	0,37	45	16,65	749,25	-18	-6,66	119,88
			0,88	84	23,97	950,41		-0,21	297,55

1. Находим веса по формуле

$$p_i = \frac{10}{49} = 0,20 \text{ и т.д.}$$

2. Минимальное значение – 547,240м.

Для удобства остатки считаем только для мм:

$$\varepsilon_i = 271 - 240 = 31 \text{ мм и т.д.}$$

$$4. I_{\phi} = 240 + \frac{23,97}{0,88} = 240 + 27,239 = 267,239 \approx 267 \text{ мм}$$

$$\omega = 267 - 267,239 = -0,239$$

$$5. u_i = 267 - 271 = -4 \text{ мм}$$

$$6. [p_i \cdot u] = -0,21$$



Контроль:  $\omega[p_i] = -0,239 \cdot 0,88 = -0,21$

8. Производим контроль по формуле

$$951 - \frac{23,97^2}{0,88} = 297,5 \text{ мм}$$

$$297,55 \text{ мм} \approx 297,5 \text{ мм}$$

Расхождение не превышает 2—3%.

$$9. \quad \mu = \frac{\sqrt{297,55}}{4-1} = 10 \text{ мм} \text{ и } m_{\mu} = \frac{10}{\sqrt{6}} = 4 \text{ мм}$$

$$10. \quad M = \frac{10}{\sqrt{0,88}} = 11 \text{ мм} \text{ и } m_M = \frac{4}{\sqrt{0,88}} = 4 \text{ мм}$$

$$11. \quad l = 547,267 \pm 0,011 \text{ (} m_M = 4 \text{ ) м}$$

### ЗАДАНИЕ 3. ПРЯМАЯ УГЛОВАЯ ЗАСЕЧКА

Прямая геодезическая угловая засечка применяется для определения координат дополнительной точки на основании двух исходных пунктов с известными координатами. Для обеспечения надежного контроля измерений и повышения точности определения положения искомого пункта на практике, как правило, применяют многократные прямые засечки не менее чем с трех исходных пунктов.

Вычисление координат определяемой точки в зависимости от условий наблюдений может быть выполнено по формулам Юнга (формулам котангенсов измеренных углов) либо формулам Гаусса (формулам тангенсов или котангенсов дирекционных углов направлений).

Задаaniem предусмотрено решение прямой геодезической засечки с тремя исходными пунктами А, В, С в двух комбинациях с использованием формул Юнга, так как между исходными пунктами А и В (рис. 2) имеется видимость и при них измерены углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$ .

**Варианты задания указаны в приложении Е.** Номер варианта

определяется по двум последним цифрам номера зачетной книжки минус  $15 \cdot N$ , где  $N=1;2;3;4$ . (Номер варианта не может превышать 15).

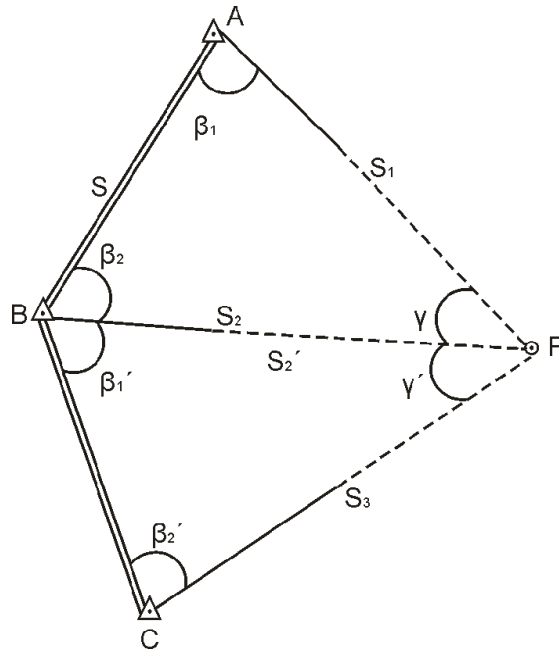


Рисунок 2 – Схема прямой засечки

Формулы Юнга для определения координат пункта P имеют вид:

$$\begin{aligned}
 x_p &= \frac{x_A \operatorname{ctg} \beta_2 + x_B \operatorname{ctg} \beta_1 - y_A + y_B}{\operatorname{ctg} \beta_2 + \operatorname{ctg} \beta_1} \\
 y_p &= \frac{y_A \operatorname{ctg} \beta_2 + y_B \operatorname{ctg} \beta_1 - x_A + x_B}{\operatorname{ctg} \beta_2 + \operatorname{ctg} \beta_1}
 \end{aligned} \quad (42)$$

Задача по определению координат пункта P решается прямой подстановкой исходных данных и результатов измерений в формулы (42). Разберем решение данной задачи на примере.

Таблица 1 – Исходные данные

Пункт	Координаты		Углы	
	X	Y	наименование	величина а ° ' "
A	6295,16	1709,3 3	$\beta_1$	54 48 00
B	5705,55	5533,4 2	$\beta_2$	51 13 30
C	8241,02	6726,0 3	$\beta_1'$	55 12 12

			$\beta_2'$	71 06 12
--	--	--	------------	-------------

Из  $\Delta ABP$  получаем выражения:

$$X_{P'} = \frac{6295,16 \operatorname{ctg} 51^{\circ} 13' 30'' - 1709,33 + 5705,55 \operatorname{ctg} 54^{\circ} 48' 00'' + 5533,42}{\operatorname{ctg} 51^{\circ} 13' 30'' + \operatorname{ctg} 54^{\circ} 48' 00''} = 8554,13 \text{ м}$$

$$Y_{P'} = \frac{1709,33 \operatorname{ctg} 51^{\circ} 13' 30'' + 6295,16 + 5532,42 \operatorname{ctg} 54^{\circ} 48' 00'' - 5705,55}{\operatorname{ctg} 51^{\circ} 13' 30'' + \operatorname{ctg} 54^{\circ} 48' 00''} = 3888,13 \text{ м}$$

Из контрольного треугольника  $BSP$ :

$$X_{P''} = \frac{5705,55 \operatorname{ctg} 71^{\circ} 06' 12'' - 5533,42 + 8241,02 \operatorname{ctg} 55^{\circ} 12' 12'' + 6726,03}{\operatorname{ctg} 71^{\circ} 06' 12'' + \operatorname{ctg} 55^{\circ} 12' 12''} = 8584,05 \text{ м}$$

$$Y_{P''} = \frac{5533,42 \operatorname{ctg} 71^{\circ} 06' 12'' + 5705,55 + 6726,03 \operatorname{ctg} 55^{\circ} 12' 12'' - 8241,02}{\operatorname{ctg} 71^{\circ} 06' 12'' + \operatorname{ctg} 55^{\circ} 12' 12''} = 3888,01 \text{ м}$$

С целью оценки качества определения координат пункта  $P$

в треугольниках  $ABP$  и  $BSP$  вычисляют длины сторон  $S_1, S_2, S_2', S_3$  (рисунок 2).

$$S_1 = \sqrt{(X'_P - X_A)^2 + (Y'_P - Y_A)^2} \quad S_2 = \sqrt{(X'_P - X_B)^2 + (Y'_P - Y_B)^2}$$

$$S'_2 = \sqrt{(X''_P - X_B)^2 + (Y''_P - Y_B)^2} \quad S_3 = \sqrt{(X''_P - X_C)^2 + (Y''_P - Y_C)^2}$$

$$S_1 = \sqrt{(8554,13 - 6295,16)^2 + (3888,13 - 1709,33)^2} = 3138,49 \text{ м}$$

$$S_2 = \sqrt{(8554,13 - 5705,55)^2 + (3888,13 - 5533,42)^2} = 3289,59 \text{ м}$$

$$S'_2 = \sqrt{(8554,05 - 5705,55)^2 + (3888,01 - 5533,42)^2} = 3289,58 \text{ м}$$

$$S_3 = \sqrt{(8554,05 - 8241,02)^2 + (3888,01 - 6726,03)^2} = 2855,23 \text{ м}$$

Принимая среднюю квадратическую погрешность измерения угла  $\beta$  равной паспортной характеристике прибора (в данном случае  $m\beta = 5''$ ), вычисляют  $M_1$  и  $M_2$  – средние квадратические погрешности положения пункта

Р из  $\Delta ABP$  и  $\Delta BCP$ :

$$M_1 = \frac{m_\beta}{\rho \sin \gamma_1} \sqrt{S_1^2 + S_2^2}$$

$$M_2 = \frac{m_\beta}{\rho \sin \gamma'_2} \sqrt{S_2^2 + S_3^2}$$

$$M_1 = \frac{5''}{206'' \times 10^3 \sin 73^\circ 58' 30''} \sqrt{3138,49^2 + 3289,59^2} = 0,11 \text{ м}$$

$$M_2 = \frac{5''}{206'' \times 10^3 \sin 53^\circ 41' 36''} \sqrt{3289,58^2 + 2855,23^2} = 0,13 \text{ м}$$

Углы  $\gamma$  и  $\gamma'$  находят из суммы углов соответствующих треугольников.

В заключении проверяют выполнение условия

$$r < 3M$$

Величину  $r$  находят по формуле  $r = \sqrt{(X' - X'')^2 + (Y' - Y'')^2}$ .

Общая средняя квадратическая погрешность определения

положения пункта P:  $M = \sqrt{\frac{M_1^2 + M_2^2}{2}}$

$$r = \sqrt{(8554,13 - 8554,05)^2 + (3888,13 - 3888,01)^2} =$$

$$0,14 \text{ м} \quad M = \sqrt{0,11^2 + 0,13^2} = 0,17 \text{ м}$$

$$0,14 < 0,51$$

Условие (40) выполняется, поэтому за окончательные значения координат пункта P принимают их средние арифметические значения из двух решений:

$$X = \frac{X'_P + X''_P}{2}$$

$$Y = \frac{Y'_P + Y''_P}{2}$$

$$X = \frac{8554,13 + 8554,05}{2} = 8554,09 \text{ м}$$

$$Y = \frac{3888,13 + 3888,01}{2} = 3888,07 \text{ м}$$

#### ЗАДАНИЕ 4. УРАВНИВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕОДОЛИТНЫХ ХОДОВ

##### ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

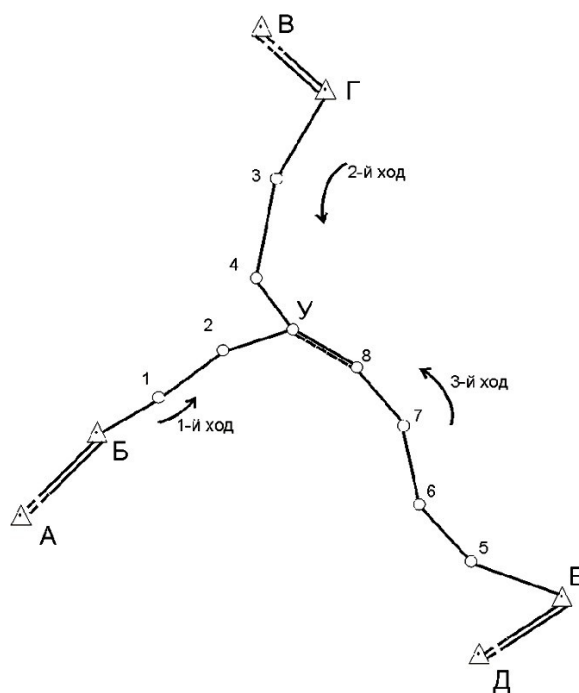


Координаты пунктов могут быть определены проложением  
через них теодолитных ходов, опирающихся в начале и в  
конце хода на пункты с  
известными координатами и стороны с известными  
дирекционными

углами. При математической обработке результатов таких измерений координаты определяемых пунктов получают однозначно, а их точность зависит от точности полевых измерений, точности исходных данных и принятого метода обработки измерений.

На практике возможно появление ситуаций, когда в геодезических построениях возникает неоднозначность получения определяемых величин, например координат пунктов.

С этой точки зрения рассмотрим геодезическое построение в виде системы трех теодолитных ходов с одной узловой точкой (рис. 3). Практическая необходимость построения такой системы обусловлена невозможностью определения положения пунктов путем проложения через них одного теодолитного хода (например, из-за отсутствия на местности необходимых видимостей). Ограничивающим фактором может быть превышение допустимой длины одиночного теодолитного хода или нарушение каких-либо других нормативных требований.



### Рисунок 3 - Схема системы теодолитных ходов

В системе теодолитных ходов, показанных на рисунке 3, положение пунктов определено от трех исходных — *Б, Г, Е*. *(Примечание: на рисунке 3 представлена схема ходов соответствующая исходным данным рассматриваемым в примере, таблица 1)* **Варианты индивидуальных заданий указаны в приложении Ж.** Номер варианта определяется по двум последним цифрам номера зачетной книжки минус  $15 \cdot N$ , где  $N=1;2;3;4$ . (Номер варианта не может превышать 15).

Однако для этой цели достаточно было двух из них. Следовательно, в сети имеются избыточные измерения (избыточные в смысле их необходимого числа при бесконтрольном определении координат пунктов). Эта избыточность и приводит к неоднозначности решения. Так, например, координаты любого определяемого пункта сети, показанной на рисунке 3, могут быть получены, как минимум, дважды. В таком случае говорят о необходимости уравнивания.

Способы уравнивания разделяются на строгие, когда уравнивание производится под условием минимума суммы произведений квадратов поправок в измеренные величины  $[pu^2] = \min$ , и нестрогие (раздельные), когда сначала уравнивают углы, а затем раздельно между собой приращения координат.

При выборе способа уравнения исходят прежде всего из необходимой точности получения координат пунктов. Если раздельное уравнивание обеспечивает указанное требование, то его применение в настоящее время предпочтительно, т. к. упрощает процесс вычислений. Последний может быть выполнен как посредством

традиционных средств, так и с помощью микрокалькуляторов или мини-ЭВМ.

При отдельном уравнивании системы теодолитных ходов с одной узловым точкой сначала уравнивают измеренные углы, а затем по полученным вероятнейшим значениям дирекционных углов и измеренным горизонтальным проложениям линий вычисляют

приращения координат, которые уравнивают отдельно, приращения по оси абсцисс и приращения по оси ординат.

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

Вычислить координаты пунктов системы теодолитных ходов с одним узловым пунктом.

Схема сети показана на рисунке 3. Исходные данные и результаты полевых измерений приведены в таблице 1.

Таблица 4.1 - Координаты и дирекционные углы

Номер а точек	Углы поворота (левые) $\beta_{\text{лев}}$ °, ' "	Длины сторон d, м	Дирекционн ые углы $\alpha$ °, ' "	Координаты, м	
				X	Y
1	2	3	4	5	6
Ход № 1					
А			89 31 00		
Б	86 06 54			49609,9 0	675,20
		224,6 3			
1	156 08 24				
		358,1 3			
2	179 34 12				
		116,3 3			
У	268 35 42				
8					
Ход № 2					
В			240 35 18		
Г	83 34 00			50645,7 0	189,50
		178,2 7			
3	189 29 48				
		143,0 8			
4	174 41 12				
		143,2 2			

У	91 37				
8					
Ход № 3					
Д					
			302 15 20		
Е	112 55 24			50904,5 0	1686,0 0
		259,2 8			
5	176 08 48				
		283,2 4			
6	207 44 30				

Продолжение  
таблицы 1

1	2	3	4	5	6
		322,1 0			
7	166 25 18				
		221,0 1			
8	174 26 00				
		349,5 2			
у					

### **3 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

Выбирают узловую линию, т. е. линию, выходящую из углового пункта, который разделяет всю сеть на отдельные теодолитные ходы.

При выборе в качестве узловой линии (в рассматриваемом примере это линия У-8) решаемая система разделится на три одиночных теодолитных хода, которые в своем начале опираются на исходные пункты и стороны с известными дирекционными углами, а в конце — на узловой пункт (точка У).

Уравнивание системы теодолитных ходов с одним узловым пунктом выполняется в следующем порядке.

#### **Уравнивание углов**

1. Находим дирекционный угол узловой линии по каждому из трех ходов

$$\alpha_i = \alpha_{исх} + 180^\circ \cdot n_i - [\beta_i], \text{ для правых углов;} \quad (43)$$

$$\alpha_i = \alpha_{исх} - 180^\circ \cdot n_i + [\lambda_i] \pm 180^\circ, \text{ для левых;}$$



(44) где  $\alpha_{i \text{ исх}} = \alpha_{AB}, \alpha_{BC}, \alpha_{DE}$ ;  $n_i$  — число углов, входящих в сумму  $[\beta]_i, [\lambda]_i$ .

*В примере измерены левые углы, поэтому считаем по формуле 44:*

$$\alpha_1 = 89^\circ 31' 00'' - 180^\circ \cdot 4 + 690^\circ 25' 12'' = 59^\circ 56' 12''$$

$$\alpha_2 = 240^\circ 35' 18'' - 180^\circ \cdot 4 + 539^\circ 20' 00'' = 59^\circ 57' 18''$$

$$\alpha_1 = 302^\circ 15' 20'' - 180^\circ \cdot 5 + 837^\circ 40' 00'' = 239^\circ 55' 20''$$

2. По значениям  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  находят угловые невязки по ходам, заключенным между исходными дирекционными углами, выбрав два хода с наименьшим числом углов,

$$f_{\beta_{1+2}} = \alpha_2 - \alpha_1 \quad f_{\beta_{1+2}} = \alpha_3 - \alpha_2$$

$$f_{\beta_{1+2}}^{\text{доп}} = \pm 1' \sqrt{n_1 + n_2} \quad f_{\beta_{2+3}}^{\text{доп}} = \pm 1' \sqrt{n_2 + n_3},$$

где  $n_1, n_2, n_3$  - количество углов в первом, втором и третьем ходе соответственно

В примере:

$$f_{\beta_{1+2}} = 59^\circ 57' 18'' - 59^\circ 56' 12'' = 00^\circ 01' 06''$$

$$f_{\beta_{1+2}}^{\text{доп}} = \pm 1' \sqrt{4 + 4} = 2,8'$$

$$f_{\beta_{2+3}} = 239^\circ 55' 20'' - 59^\circ 57' 18'' - 180^\circ = 00^\circ 01' 06''$$

$$f_{\beta_{2+3}}^{\text{доп}} = \pm 1' \sqrt{4 + 5} = 3,0'$$

3. Убедившись в допустимости полученных невязок, определяем

веса значений  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  по формуле  $p_i = \frac{k}{n_i}$ , ( $k=6$ ).

Вычисления проводят

в таблице 2.

Таблица 2 - Уравнивание дирекционных углов

№ хода	Исходные дирекционные углы, $\alpha_{\text{исх}}$	Суммы измеренных углов	$\alpha_1$ $\alpha_2$ $\alpha_3$	$\varepsilon_i, ''$	$n_i$	$P_i$	$P_i \varepsilon_i, ''$	$f_{\beta_i}, ''$	$P_i f_{\beta_i}, ''$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	89 31 00	690 25 12	59 56 12	52	4	1,5	78	-9	-13,5
2	24 35 18	539 22 00	59 56 12	118	4	1,5	177	+57	+85,5
3	302 15 20	837 40 00	239 55 20	0	5	1,2	0	-61	-73,2
$\Sigma$						4,2	255		-1,2

4. Находим среднее весовое значение дирекционного угла узловой линии

$$\alpha = \varrho \frac{\sum [p_i \cdot \varepsilon_i]}{\sum [p_i]}, \quad (45)$$

где  $\varepsilon$  — остаток, вычисленный по формуле  $\varepsilon_i = l_i - l_0$ .

*В примере:*

$$\alpha = 59^\circ 55' 20'' + \frac{255''}{4,2} = 59^\circ 56' 20,714'' \approx 59^\circ 56' 21''$$

5. После этого вычисляют угловые невязки по всем трем ходам. Эти невязки легко вычислить по значениям дирекционного угла узловой линии.

Невязки в суммах правых по ходу углов вычисляют по формуле

$$f_{\beta i} = \alpha - \alpha_i.$$

В случае левых по ходу углов  $f_{\lambda i} = \alpha_i - \alpha$

Правильность вычисления дирекционного угла и невязок можно проконтролировать по формуле

$$p \times f_{\beta} = 0 \quad \text{или} \quad [p \times f_{\lambda}] = 0.$$

Равенство может не соблюдаться, т.к. при определении окончательного значения дирекционного угла использовалось округление, тогда

$$p \times f_{\beta} = -\omega[p] \quad \text{или} \quad [p \times f_{\lambda}] = -\omega[p],$$

где  $\omega$  — ошибка округления (разность между округленным значением угла и точным).

*В примере:*  $[p \times f_{\lambda}] = -1,2$

$$\omega = 59^\circ 56' 21'' - 59^\circ 56' 20,714'' = 0,286''$$

$$-0,286 \times 4,2 = -1,2$$

$$-1,2 = -1,2$$

Выяснив, что все невязки допустимы, их распределяют с противоположным знаком в соответствующих ходах поровну на каждый угол и вычисляют дирекционные углы сторон.

6. Окончательное значение дирекционного угла

записывают в ведомость координат (таблица 5), там же записываем вычисленные углы.

7. Средняя квадратическая погрешность измерения угла может

быть вычислена по формуле  $m_{\beta} = \frac{\mu}{\sqrt{k}}$ ,

где  $\mu = \frac{\sqrt{\rho f_{\beta}^2}}{N-1}$  — средняя квадратическая погрешность единицы

веса,  $N$ - число ходов.

$$\begin{aligned} \text{В примере:} \quad \mu &= \sqrt{\frac{9460,2}{3-1}} = 69'' \\ m_{\beta} &= \frac{69}{\sqrt{6}} = 28'' \end{aligned}$$

8.Находим остальные дирекционные углы

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^{\circ} - \beta_i \quad \text{- для правых углов,}$$

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} - 180^{\circ} + \lambda_i \quad \text{- для левых.}$$

Контроль: получение окончательного значения дирекционного угла узловой линии.

В примере:

$$\alpha_{Б-1} = 89^{\circ}31'00'' - 180^{\circ} + 86^{\circ}52'12'' = 355^{\circ}37'56'' \text{ и т.д.}$$

По вычисленным дирекционным углам и длинам сторон вычисляют приращения координат и их суммы по ходам. И приступают ко второму уравниванию.

### **Уравнивание приращений координат**

1.По каждому ходу вычисляют координаты узловой точки

$$X_i = X_{исх} + [\Delta x]_i; \quad Y_i = Y_{исх} + [\Delta y]_i \quad (46)$$

В примере:

$$X_1 = 49609,90 + 641,60 = 50251,50$$

$$X_2 = 50645,70 - 394,60 = 50251,10$$

$$X_3 = 50904,50 - 652,76 = 50251,74$$

$$y_1 = 675,20 - 242,28 = 432,92$$

$$y_2 = 189,50 + 243,12 = 432,62$$

$$Y_3 = 1686,00 - 1253,89 = 432,11$$

2. Для проверки доброкачественности линейных измерений вычисляют невязки по двум наиболее коротким ходам, результаты заносят в таблицу 3.

$$f_{x_{1+2}} = X_1 - X_2 \qquad f_{y_{1+2}} = Y_1 - Y_2$$

$$f_{L_{1+2}} = \frac{\sqrt{f_{x_{1+2}}^2 + f_{y_{1+2}}^2}}{2} \qquad \text{отн} = \frac{f_{L_{1+2}}}{L_{1+2}}$$

$$f_{x_{2+3}} = X_2 - X_3 \qquad f_{y_{2+3}} = Y_2 - Y_3$$

$$f_{L_{2+3}} = \frac{\sqrt{f_{x_{2+3}}^2 + f_{y_{2+3}}^2}}{3} \qquad \text{отн} = \frac{f_{L_{2+3}}}{L_{2+3}}$$

Таблица 3 – Вычисление невязок

Название хода	Длина хода, м	Невязки				
		$f_x$	$f_y$	$f_{абс}$	$f_{отн}$	$f_{доп}$
1+	1164	0,40	0,32	0,51	1/2282	1/200
2	1900	-0,64	0,51	0,82	1/2317	0
2+						
3						

3. Выяснив, что невязки допустимы, вычисляют веса координат

$$p_k = \frac{L_i}{L_k}, \quad (k=1).$$

4. После этого находят среднее весовое

(окончательное) значение координат узловой точки.

Вычисления окончательного значения координат узловой точки производим в таблице 4.

$$X_{ок} = X_0 + \frac{[p \cdot \varepsilon_x]}{[p]}; \quad Y_{ок} = Y_0 + \frac{[p \cdot \varepsilon_y]}{[p]} \qquad (47)$$

В примере:

4,14



[  
р  
]

$$= 51,348 \approx 51,35 \text{ м}$$

$$y_o = 32,11 + \frac{2,18}{4,14} = 32,636 \approx 32,64 \text{ м}$$

5. По этим координатам вычисляют невязки в приращениях по каждому ходу

Таблица 4 – Уравнивание координат узловой точки

№	$X_i, \text{м}$	$\varepsilon_{X_i}, \text{м}$	$P_i \varepsilon_{X_i}, \text{м}$	$f_{xi}, \text{м}$	$P_i f_{xi}, \text{м}$	$L_i, \text{км}$	$P_i = k/L_i$	$P_i f_{yi}, \text{м}$	$f_{yi}, \text{м}$	$P_i \varepsilon_{y_i}, \text{м}$	$\varepsilon_{y_i}, \text{м}$	$Y_i, \text{м}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	51,50	0,40	0,572	0,15	0,21	0,7	1,43	0,40	0,28	1,16	0,81	32,92
2	51,10	0	0	-0,25	-0,50	0,5	2,00	-0,04	-0,02	1,02	0,51	32,62
3	51,74	0,64	0,454	0,39	0,28	1,4	0,71	-0,38	-0,53	0	0	32,11
$\Sigma$			1,026		0,01		4,14	-0,02		2,18		

$$f_x = X_i - X_{ок}$$

$$f_y = Y_i - Y_{ок}$$

Правильность вычисления среднего весового значения координат узловой точки и невязок в приращениях по ходам контролируют по формулам:

$$\sum p f_x = 0, \sum p f_y$$

$$= 0 \text{ или}$$

$$[p f_x] = -\omega[p], [p f_y] = -\omega[p]$$

*В примере:*

$$0,002 \times 4,14 = 0,01 \quad 0,01 = 0,01$$

$$-0,004 \times 4,14 = -0,02 \quad -0,02 = -0,02$$

6. Полученные невязки с противоположным знаком распределяют в приращения пропорционально длинам сторон.

7. Значения координат всех пунктов сети получают путем соответствующих вычислений, при этом в качестве исходных принимают координаты соответствующего исходного пункта (в зависимости от номера хода) и среднего весового значения координат узлового пункта.

Результаты вычислений оформить в «Ведомости вычисления координат пунктов теодолитного хода» (таблица 5).

Оценивают точность планового положения узловой точки в следующем порядке:

- вычисляют средние квадратические погрешности единицы веса

$$\mu_x = \frac{[p f_x^2]}{N-1}; \quad \mu_y = \frac{[p f_y^2]}{N-1}$$

*В примере:*  $\mu_x = \sqrt{0,265} = 0,4; \mu_y = \sqrt{0,312} = 0,3$

$\overline{3-1}$  $\overline{3-1}$ 

- вычисляют средние квадратические погрешности абсцисс и

ординат

$$m_x = \frac{\mu_x}{\sqrt{[p]}}; \quad m_y = \frac{\mu_y}{\sqrt{[p]}}$$

В примере:  $m_x = \frac{0,4}{\sqrt{4,14}} = 0,2$ ;  $m_y = \frac{0,3}{\sqrt{4,14}} = 0,1$

- вычисляют среднюю квадратическую погрешность планового

положения узловой точки  $M = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$ .

В примере:  $M = \sqrt{0,2^2 + 0,1^2} = 0,2$

Таблица 5 - Ведомость координат

№ пункт а	Измеренные углы (левые)	Исправленные углы	Дирекционные углы	Горизонтальное проложение	Приращения координат				Координаты		
					вычисленные		уравненные		X	Y	
					±Δx	±Δy	±Δx	±Δy			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1 ход											
A	+2		89 31 00								
Б	86 06 54	86 06 56			-0,05	-0,09			49609,9 0	675,20	
	+2		355 37 56	224,63	223,98	-17,11	223,93	-17,20			
1	156 08 24	156 08 26			-0,08	-0,14			49833,8 3	658,00	
	+2		331 46 22	358,13	315,54	-169,38	315,46	- 169,52			
2	179 34 12	179 34 14			-0,02	-0,05			50149,2 9	488,48	
	+3		331 20 36	116,33	102,08	-55,79	102,06	-55,84			
У	268 35 42	268 35 45							50251,3 5	432,64	
			59 56 21								
8				P=699,09							
Σβ	690 25 12			Σ	641,60	-242,28					
fβ	-9				fΔX=0,1 5	fΔY=0,28					
					fабс=0,3 2	fотн=1/218 4					
2 ход											
В	-14		240 35 18								
Г	83 34 00	83 33 46			+0,10	+0,01			50645,7 0	189,50	
	-14		144 09 04	178,27	-144,50	104,40	- 144,40	014,41			
3	189 29 48	189 29 34			+0,08				50501,3 0	293,91	
	-14		153 38 38	143,08	-128,21	63,52	- 128,13	63,52			
4	174 41	174 40			+0,07	+0,01			50373,1	357,43	

	12	58						7	
	-15		148 19 36	143,22	-121,89	75,20	-	75,21	
y	91 37 00	91 36 45					121,82		432,64
			91 36 45						50251,3 5
8				P=464,57					
$\sum\beta$	539 22			$\Sigma$	-394,60	243,12			
f $\beta$	+57				f $\Delta X$ =- 0,25	f $\Delta Y$ =-0,02			
					f $\alpha\beta\gamma$ =	f $\sigma_{\tau\eta}$ =1/186 0			

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3 ход										
Д										
	+12		302 15 20							
Е	112 55 24	112 55 36			-0,07	+0,10			50904,5 0	1686,0 0
	+12		235 10 56	259,28	-148,04	-212,86	-	-		
							148,11	212,76		
5	176 08 48	176 09 00			-0,08	+0,10			50756,3 9	1473,2 4
	+12		231 19 56	283,24	-176,97	-221,15	-	-		
							177,05	221,05		
6	207 44 30	207 44 42			-0,09	+0,12			50579,3 4	1252,1 9
	+12		259 04 38	322,10	-61,03	-316,26	-61,12	-		
								316,14		
7	166 25 18	166 25 30			-0,06	+0,08			50518,2 2	936,05
	+13		245 30 08	221,01	-91,64	-201,11	-91,70	-		
								201,03		
8	174 26 00	174 26 13			-0,09	+0,13			50426,5 2	735,02
			239 56 21	349,52	-175,08	-302,51	-	-		
							175,17	302,38		
у									50251,3 5	432,64
$\sum\beta$	837 40 00			P=1435,1 5						
f $\beta$	-61			$\sum$	-652,76	-1253,89				
					f $\Delta X=0,3$ 9	f $\Delta Y=-0,53$				
					f $abc=0,6$ 6	f $отн=1/217$ 4				



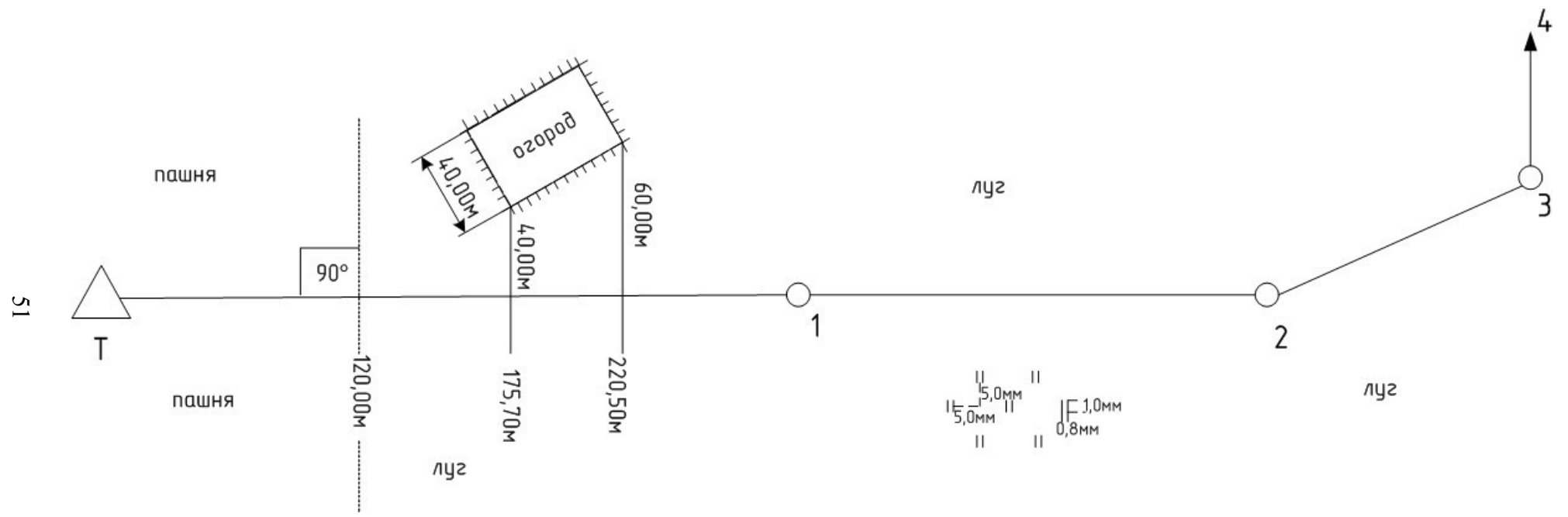


Рисунок 1 - Абрис съемки ситуации

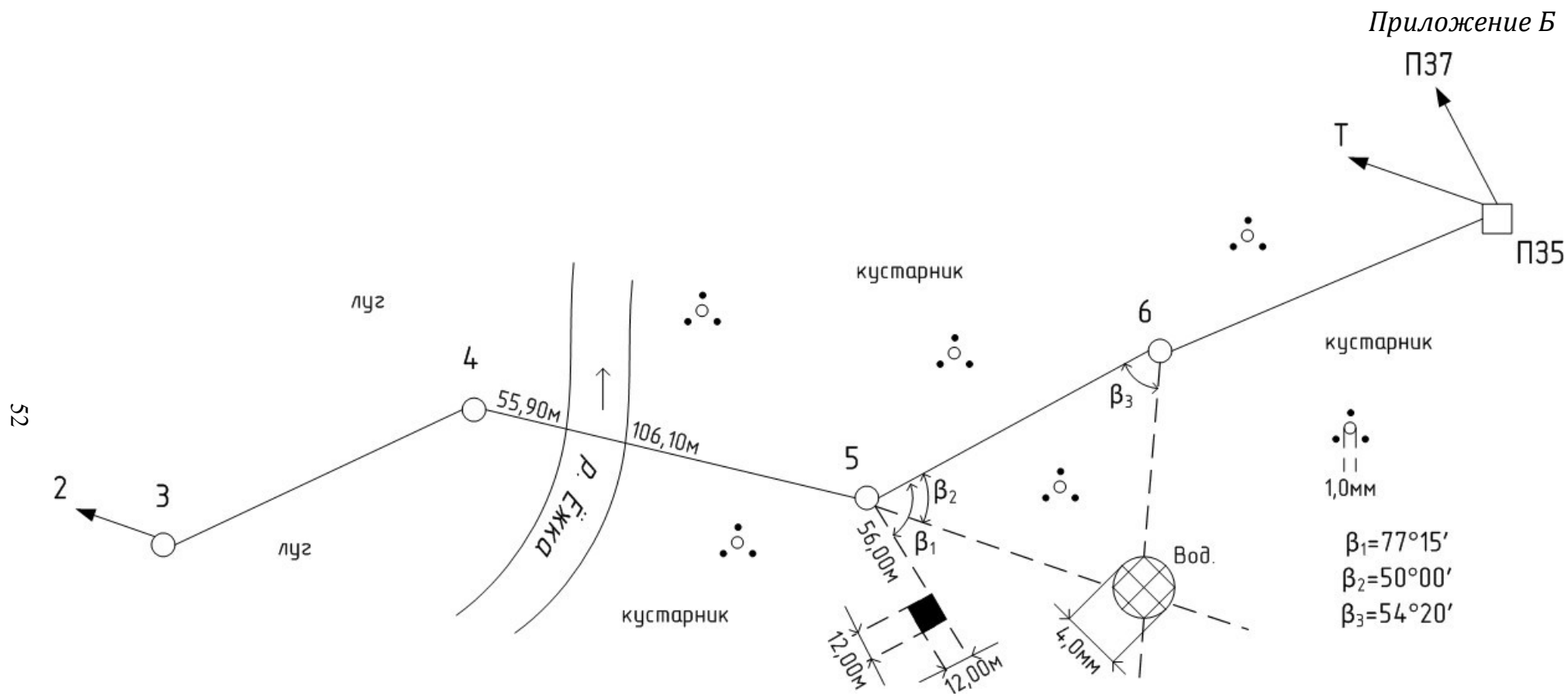


Рисунок 1 - Абрис съемки ситуации

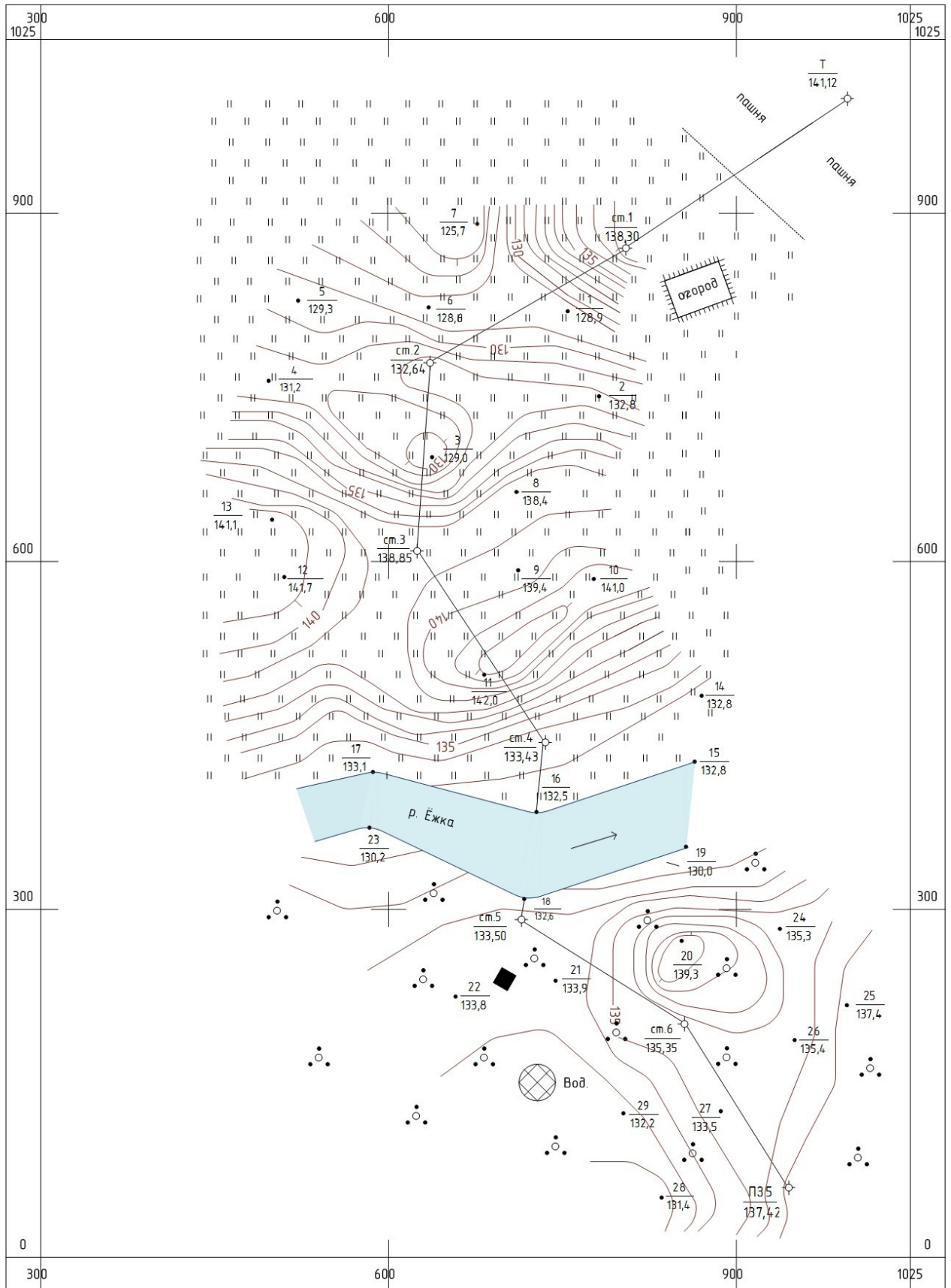
Таблица 1 – Исходные данные

Координаты точки Т:  $x=+1000,00$  м,  $y=1000,00$  м

№ вариант	Координаты, м		Дирекционные углы, ° ' "		Отметки точек, м	
	X <sub>ПЗ5</sub>	У <sub>ПЗ5</sub>	$\alpha_{5-Т}$	$\alpha_{5-7}$	H <sub>Т</sub>	H <sub>ПЗ5</sub>
1	2	3	4	5	6	7
1	30,48	913,90	8 35 00	85 00 00	131,12	127,42
2	74,57	828,48	10 30 00	84 05 00	142,05	138,35
3	102,77	715,67	17 35 00	91 10 00	143,27	139,57
4	144,68	607,20	24 40 00	98 15 00	144,11	140,41
5	199,65	504,73	31 45 00	105 20 00	145,40	141,70
6	266,83	409,81	38 50 00	112 25 00	146,18	142,48
7	345,21	323,91	45 55 00	119 30 00	147,34	143,64
8	433,58	248,33	53 00 00	126 35 00	148,14	144,44
9	530,59	184,22	60 05 00	133 40 00	149,17	145,47
10	634,77	133,55	67 10 00	140 45 00	150,23	146,53
11	744,52	94,14	74 15 00	147 50 00	151,21	147,51
12	858,17	69,55	81 20 00	154 55 00	152,40	148,70
13	973,99	59,16	88 25 00	162 00 00	153,35	149,65
14	1090,21	63,13	95 30 00	169 05 00	154,31	150,61
15	1205,05	81,41	02 35 00	176 10 00	155,34	151,64
16	1316,76	113,70	09 40 00	183 15 00	156,32	152,62
17	1423,63	159,53	16 45 00	190 20 00	157,20	153,50
18	1524,04	218,18	23 50 00	197 25 00	158,09	154,39
19	1616,45	288,77	30 55 00	204 30 00	159,02	155,32
20	1699,44	370,21	38 00 00	211 35 00	160,16	156,46
21	1771,77	461,28	45 05 00	218 40 00	161,08	157,38
22	1832,31	560,55	52 10 00	225 45 00	162,22	158,52
23	1880,14	666,54	59 15 00	232 50 00	163,37	159,67
24	1914,55	777,62	66 20 00	239 55 00	164,01	160,31
25	1935,00	892,09	73 25 00	247 00 00	165,03	161,33
26	1941,16	1008,22	80 30 00	254 05 00	166,13	152,48
27	1932,96	1124,21	87 35 00	261 10 00	167,48	163,78
28	1910,54	1238,31	94 40 00	268 15 00	168,19	164,49
29	1874,20	1348,77	101 45 00	275 20 00	169,20	165,50
30	1824,52	1453,90	108 50 00	282 25 00	170,12	166,42
31	1762,25	1552,12	115 55 00	289 30 00	171,15	167,45
32	1688,35	1641,90	123 00 00	296 35 00	172,27	168,57

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
33	1603,94	1721,88	230 05 00	303 40 00	173,16	169,46
34	1510,32	1790,84	237 10 00	310 45 00	174,26	170,56
35	1408,90	1847,74	244 15 00	317 50 00	175,29	171,59
36	1301,24	1891,69	251 20 00	324 55 00	176,31	172,61
37	1188,98	1922,03	258 25 00	332 00 00	177,09	173,39
38	1073,85	1938,30	265 30 00	339 05 00	178,00	174,30
39	957,58	1940,24	272 35 00	346 10 00	179,03	175,33
40	841,96	1927,33	279 40 00	353 15 00	180,07	176,37
41	728,75	1901,26	286 45 00	0 20 00	181,42	177,72
42	619,68	1860,93	293 50 00	7 25 00	182,15	178,45
43	516,43	1807,46	300 55 00	14 30 00	183,33	179,63
44	420,54	1741,68	308 00 00	21 35 00	184,13	180,43
45	333,51	1664,56	315 05 00	28 40 00	185,00	181,30
46	256,34	1577,30	322 10 00	35 45 00	186,11	182,41
47	191,12	1481,23	329 15 00	42 50 00	187,39	183,69
48	137,96	1377,81	336 20 00	49 55 00	188,43	184,73
49	97,94	1268,63	343 25 00	57 00 00	189,30	185,60
50	71,70	1155,34	350 30 00	64 05 00	190,35	186,65



1:3000

Высота сечения рельефа 1 м

Таблица 1 - Исходные данные для решения задачи 1

№ варианта	Истинное значение, м	№ варианта	Истинное значение, м	№ варианта	Истинное значение, м	№ варианта	Истинное значение, м
1	125,38	5	125,50	9	125,57	13	125,42
2	125,45	6	125,52	10	125,39	14	125,43
3	125,47	7	125,55	11	125,40	15	125,44
4	125,46	8	125,56	12	125,41		

Таблица 2 - Исходные данные для решения задачи 2

Номер приема	Результаты измерений			
	1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант
1	54°12'30"	73°43'25"	41°17'37"	39°26'52"
2	24	17	41	51
3	38	14	49	50
4	29	20	40	59
5	36	15	39	48
6	31	16	46	49
	5 вариант	6 вариант	7 вариант	8 вариант
1	83°24'03"	112°45'15"	91°36'28"	72°46'35"
2	12	12	20	29
3	08	19	27	39
4	09	22	30	37
5	05	20	21	30
6	10	19	24	32
	9 вариант	10 вариант	11 вариант	12 вариант
1	96°15'12"	46°47'26"	39°56'39"	51°26'43"
2	18	29	36	52
3	19	23	31	46
4	17	28	34	48
5	10	27	37	50
6	20	24	32	49
	13 вариант	14 вариант	15 вариант	
1	29°31'14"	90°25'31"	86°23'44"	
2	13	23	51	
3	12	28	53	
4	24	24	50	
5	21	30	47	
6	20	29	49	

Таблица 3 - Исходные данные для решения задачи 3

№ ходо в	Н, м	Число станци й	Н, м	Число станци й	Н, м	Число станци й
	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
1	479,095	32	284,819	40	516,020	82
2	047	65	856	72	032	96
3	040	51	873	84	061	50
4	058	74	868	96	055	41
	Вариант 4		Вариант 5		Вариант 6	
1	323,748	65	197,157	85	608,487	74
2	745	72	125	48	480	66
3	732	47	148	63	449	30
4	771	84	166	70	442	45
	Вариант 7		Вариант 8		Вариант 9	
1	421,516	91	532,646	82	319,261	28
2	530	65	640	56	223	74
3	561	31	632	41	230	57
4	558	48	656	93	232	39
	Вариант 10		Вариант 11		Вариант 12	
1	251,359	21	630,528	56	145,962	26
2	330	32	520	35	525	62
3	341	84	563	91	540	46
4	362	37	511	35	532	53
	Вариант 13		Вариант 14		Вариант 15	
1	459,740	80	368,483	94	547,271	49
2	758	52	452	68	248	73
3	764	39	475	71	240	60
4	770	40	440	38	285	27

Таблица 1 - Исходные данные для расчета прямой угловой засечки по формулам Юнга

Название пунктов	Координаты, м		Измеренные углы		Название пунктов	Координаты, м		Измеренные углы	
	х	у	о	' "		х	у	о	' "
	2	3	4	5	1	2	3	4	5
вариант 1					вариант 2				
A	1913,3	711377,1	$\beta_1$	22 27 09	A	8460,9	6562,6	$\beta_1$	65 30 32
B	8677,1	700294,4	$\beta_2$	34 22 47	B	5660,3	5966,2	$\beta_2$	55 52 31
C	1871,2	692306,5	$\beta_1'$	73 47 21	C	3587,1	8424,3	$\beta_1'$	62 14 53
			$\beta_2'$	32 45 21				$\beta_2'$	56 24 14
вариант 3					вариант 4				
A	3677,8	6349,0	$\beta_1$	93 36 50	A	1608,4	0091,8	$\beta_1$	28 59 17
B	2690,9	5122,2	$\beta_2$	19 56 42	B	1925,3	6419,2	$\beta_2$	31 11 57
C	2071,0	6948,3	$\beta_1'$	37 36 55	C	5024,7	5675,9	$\beta_1'$	48 10 48
			$\beta_2'$	61 23 58				$\beta_2'$	72 34 11
вариант 5					вариант 6				
A	7183,6	8934,7	$\beta_1$	32 26 46	A	5813,3	87701,7	$\beta_1$	22 05 48
B	5024,7	5675,9	$\beta_2$	56 51 30	B	267,8	93957,8	$\beta_2$	14 05 02
C	1925,3	6419,2	$\beta_1'$	53 10 48	C	7032,4	95555,1	$\beta_1'$	47 38 50
			$\beta_2'$	41 00 48				$\beta_2'$	49 30 10
вариант 7					вариант 8				
A	83587,1	8424,3	$\beta_1$	67 23 34	A	76595,4	6443,2	$\beta_1$	67 34 43
B	80866,2	7436,7	$\beta_2$	67 47 30	B	80866,2	7436,7	$\beta_2$	35 58 32
C	76595,4	6443,2	$\beta_1'$	105 21 13	C	81369,5	4331,3	$\beta_1'$	50 08 06
			$\beta_2'$	34 09 19				$\beta_2'$	81 35 08
вариант 9					вариант 10				
A	1369,5	4331,3	$\beta_1$	42 09 34	A	4999,8	3964,1	$\beta_1$	76 03 37
B	4126,1	5860,8	$\beta_2$	56 41 37	B	5660,3	5966,2	$\beta_2$	57 51 54
C	4999,8	3964,1	$\beta_1'$	29 01 01	C	8460,9	6562,6	$\beta_1'$	62 24 55
			$\beta_2'$	78 16 42				$\beta_2'$	58 25 12
вариант 11					вариант 12				
A	91166,5	4896,7	$\beta_1$	65 54 38	A	5927,9	979,1	$\beta_1$	42 48 58
B	88460,9	6562,6	$\beta_2$	73 48 04	B	2366,3	1713,3	$\beta_2$	63 08 52
C	86808,8	8794,2	$\beta_1'$	84 19 56	C	1369,5	4331,3	$\beta_1'$	59 20 02
			$\beta_2'$	62 24 04				$\beta_2'$	56 01 13
вариант 13					вариант 14				
A	3587,1	8424,3	$\beta_1$	81 55 27	A	3177,0	5174,7	$\beta_1$	75 49 21
B	4126,1	5860,8	$\beta_2$	52 19 35	B	5796,2	4066,2	$\beta_2$	58 38 36
C	1369,5	4331,3	$\beta_1'$	54 49 25	C	4971,8	1546,1	$\beta_1'$	36 10 58
			$\beta_2'$	70 10 15				$\beta_2'$	101 34 39
вариант 15									
A	53177,0	35174,7	$\beta_1$	43 20 37					
B	52202,2	28688,2	$\beta_2$	46 28 46					
C	46610,3	28088,6	$\beta_1'$	58 11 16					
			$\beta_2'$	49 38 48					



Ж Таблица 1 - Исходные данные для уравнивания системы теодолитных

ходов

Номер а точек	Углы поворота (левые) $\beta_{лев}$ о ' "	Длин ы сторо н d, м	Дирекционн ые углы $\alpha$ о ' "	Координаты, м	
				X	У
1	2	3	4	5	6
<b>Вариант 1</b>					
Ход № 1					
А					
			101 40 48		
Б	237 41 18			50413,00	6600,30
		487,2 6			
1	185 25 24				
		188,2 5			
2	187 37 12				
		373,2 2			
3	179 33 00				
		281,3 1			
У					
Ход № 2					
В					
			66 57 30		
Г	167 21 18			48918,30	6619,70
		358,2 0			
У	117 37 18				
3					
Ход № 3					
Д					
			230 27 30		
Е	272 35 30			48779,30	7516,20
		218,4 1			
4	147 00 36				
		505,5 0			
У	241 53 00				
3					
<b>Вариант 2</b>					
Ход № 1					
А					

			357 15 48		
Б	249 00 30			8584,50	5845,30
		388,1 6			
1	180 43 12				
		455,8 2			
У					
Ход № 2					
В					
			189 57 00		

Г	224 22 48			89127,50	6910,50
		358,16			
У	192 38 48				

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
1					
<b>Ход № 3</b>					
Д					
			77 00 06		
Е	52 45 42			8147,90	7065,80
		571,7 8			
2	218 15 00				
		249,0 7			
3	207 33 18				
		167,2 5			
У	51 24 12				
1					
<b>Вариант 3</b>					
<b>Ход № 1</b>					
А					
			195 12 48		
Б	223 48 00			1832,90	4804,80
		475,2 9			
1	182 08 30				
		404,5 5			
У	286 23 42				
6					
<b>Ход № 2</b>					
В					
			62 28 12		
Г	97 20 42			535,10	4351,60
		494,4 0			
2	180 48 18				
		417,9 1			
У	186 57 00				
6					
<b>Ход № 3</b>					
Д					
			255 53 20		
Е	73 33 48			2793,70	3514,00
		619,3 3			
3	199 41 12				
		141,2			

		0			
4	177 01 42				
		266,0 6			
5	177 30 42				
		288,3 3			
6	183 54 00				
		197,0 2			

У					
<b>Вариант 4</b>					
Ход № 1					
А					
			258 46 30		
Б	90 03 30			2562,50	2458,20
		330,41			

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
1	180 23 48				
		351,7 7			
2	178 32 06				
		154,2 5			
3	155 19 42				
		302,0 8			
4	153 37 12				
		312,3 3			
5	192 30 48				
		310,2 3			
6	157 06 48				
		320,9 8			
У					
Ход № 2					
В					
			195 13 48		
Г	223 48 12			1832,90	4804,00
		475,3 0			
7	182 08 36				
		404,5 5			
8	171 03 48				
		521,9 0			
У	234 05 00				
6					
Ход № 3					
Д					
			359 02 12		
Е	251 59 30			236,90	2175,60
		517,5 8			
9	161 01 24				
		630,1 4			

10	186 54 12				
		545,0 4			
У	47 20 42				
6					
<b>Вариант 5</b>					
Ход № 1					
А					
			95 09 06		
Б	123 24 18			3935,90	6400,20

		806,63			
1	227 21 30				
		322,75			
2	183 46 18				
		258,42			
У	248 07 48				
9					
<b>Ход № 2</b>					
В					
			335 22 42		
Г	107 17 42			4748,30	9014,50

**Продолжение таблицы 1**

1	2	3	4	5	6
		411,8 0			
3	177 4 24				
		472,6 0			
4	184 13 00				
		407,6 5			
5	187 51 24				
		251,8 9			
У	65 17 42				
9					
<b>Ход № 3</b>					
Д					
			91 24 24		
Е	327 07 06			3869,20	9112,90
		387,4 3			
6	202 00 06				
		205,6 4			
7	155 26 54				
		158,8 9			
8	243 33 18				
		803,4 0			
9	218 15 54				
		703,0 3			
У					
<b>Вариант 6</b>					
<b>Ход № 1</b>					
А					
			59 57 00		
Б	185 33 48			426,20	734,20
		221,0 1			

1	193 34 30				
		322,1 0			
2	152 15 18				
		283,2 4			
3	183 51 06				
		259,2 8			
y					



Ход № 2					
В			57 27 54		
Г	275 53 12			1368,50	1512,30
		250,42			
4	192 25 30				
		249,08			
У	249 23 30				
3					
Ход № 3					
Д			345 57 18		
Е	19 46 42			1600,00	2067,50
		476,50			
5	236 35 18				

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
		220,4 3			
6	167 00 12				
		183,6 0			
У	185 50 30				
3					
Вариант 7					
Ход № 1					
А			44 10 48		
Б	215 41 48			5797,00	4067,00
		491,5 0			
1	184 15 00				
		629,1 5			
2	200 39 42				
		557,8 6			
У	309 45 12				
4					
Ход № 2					
В			359 34 06		
Г	204 18 00			4779,20	4867,40
		416,6 0			
3	187 28 48				
		334,0 0			
4	203 12 48				
		621,1 0			

У					
Ход № 3					
Д					
			350 16 06		
Е	205 38 48			3751,00	5076,00
		676,0 0			

5	201 40 54				
		673,00			
6	151 17 42				
		407,80			
7	168 36 00				
		467,60			
У	57 02 12				
4					
<b>Вариант 8</b>					
Ход № 1					
А			195 14 42		
Б	149 12 42			51832,00	4804,30
		432,10			
1	188 23 24				
		572,91			
2	154 45 24				
		396,04			
3	205 59 30				

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
		258,6 6			
У	247 53 54				
7					
Ход № 2					
В			62 28 00		
Г	246 06 18			50534,30	4350,60
		382,5 2			
4	145 24 12				
		584,1 2			
У	327 30 00				
7					
Ход № 3					
Д			60 32 00		
Е	204 26 24			49811,00	3231,10
		470,0 3			
5	162 15 12				
		541,5 8			
6	221 25 24				
		440,6 4			
7	132 49 18				
		701,3 3			
У					

<b>Вариант 9</b>					
Ход № 1					
A					
			17 25 18		

Б	73 45 30			9406,30	9552,60
		433,27			
1	150 34 42				
		360,33			
2	196 44 42				
		487,57			
3	178 44 48				
		350,41			
4	171 30 00				
		231,31			
5	161 44 18				
		324,00			
У					
<b>Ход № 2</b>					
В					
			93 35 00		
Г	54 20 18			8029,30	7889,30
		424,42			
6	191 23 30				
		417,23			
У	251 08 48				
5					
<b>Ход № 3</b>					

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Д					
			54 20 00		
Е	235 44 12			9127,30	6910,40
		505,5 0			
7	212 59 00				
		218,4 0			
У	87 24 30				
5					
<b>Вариант 10</b>					
<b>Ход № 1</b>					
А					
			52 02 18		
Б	185 05 30			517,60	29214,9 0
		121,4 8			
1	182 07 18				
		332,7 1			
2	211 43 48				
		173,9 4			
3	143 12 00				
		146,3 9			

4	186 54 18				
		146,8 3			
5	173 09 42				
		185,4 7			

У					
Ход № 2					
В					
			230 44 48		
Г	123 08 42			1471,10	30087,6 0
		361,59			
6	159 29 48				
		106,92			
У	260 51 54				
5					
Ход № 3					
Д					
			60 34 00		
Е	84 20 12			739,60	30355,5 0
		174,47			
7	183 51 48				
		155,95			
У	85 29 00				
5					
<b>Вариант 11</b>					
Ход № 1					
А					
			8 03 54		
Б	173 43 18			2511,10	8699,10
		173,76			
1	201 41 48				
		383,35			

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
2	176 12 48				
		408,3 1			
3	180 19 12				
		268,9 5			
У					
Ход № 2					
В					
			91 24 18		
Г	276 09 30			3869,20	9112,90
		196,9 4			
У	192 26 30				
3					
Ход № 3					
Д					
			155 42 00		
Е	164 15 24			4188,00	9270,00

		162,3 8			
4	263 37 42				
		183,1 4			
5	184 16 06				



		149,49			
6	150 02 36				
		164,98			
У	182 06 00				
3					
<b>Вариант 12</b>					
Ход № 1					
А					
			68 31 18		
Б	41 20 24			600269,8 0	10781,6 0
		1052,73			
1	221 25 00				
		274,17			
У	100 39 24				
4					
Ход № 2					
В					
			75 41 48		
Г	123 27 24			599750,6 0	9259,00
		417,11			
2	156 27 54				
		305,73			
3	192 36 18				
		344,82			
4	243 43 42				
		251,46			
У					
Ход № 3					
Д					
			142 52 54		
Е	271 19 48			602278,9 0	10524,0 0

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
		501,7 7			
5	157 36 30				
		435,6 7			
6	165 09 18				
		780,7 9			
У	234 59 12				
4					
<b>Вариант 13</b>					
Ход № 1					
А					
			270 15 54		
Б	324 11 48			7229,90	1124,00

		770,2 9			
1	263 56 30				
		905,9 0			
2	110 41 24				

		649,88			
У	312 10 06				
4					
Ход № 2					
В			240 14 00		
Г	211 44 36			7219,40	3309,20
		350,28			
У	109 16 18				
4					
Ход № 3					
Д			45 59 30		
Е	177 10 42			5784,30	1855,30
		782,47			
3	178 37 12				
		604,54			
4	159 29 30				
		456,08			
У					
<b>Вариант 14</b>					
Ход № 1					
А			49 43 24		
Б	235 28 42			6652,30	7148,00
		763,29			
1	200 28 30				
		928,63			
У	246 01 18				
5					
Ход № 2					
В			226 52 00		
Г	225 08 06			5886,00	9826,70
		751,44			

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
2	177 38 24				
		437,3 5			
У	102 03 30				
5					
Ход № 3					
Д			23 58 00		
Е	113 37 30			5221,50	9147,80
		245,1 7			
3	144 59 06				
		336,9			

		4			
4	237 42 12				

		197,22			
5	211 24 06				
		253,94			
У					
<b>Вариант 15</b>					
Ход № 1					
А					
			342 02 00		
Б	154 30 00			1895,40	6467,60
		565,77			
1	228 54 24				
		493,53			
2	236 15 36				
		562,20			
3	179 42 48				
		439,69			
У					
Ход № 2					
В					
			95 08 02		
Г	214 31 42			3935,70	6400,50
		465,19			
4	196 17 12				
		441,08			
У	275 27 48				
3					
Ход № 3					
Д					
			10 04 00		
Е	95 33 36			2512,00	8699,00
		230,83			
5	180 04 36				
		528,82			
6	204 55 54				
		408,09			
7	163 20 30				
		714,66			
У	127 27 12				
3					

### СОДЕРЖАНИЕ

<i>Введение</i>	3
<i>Методика самостоятельного изучения курса</i>	4
<i>1.1. Основные разделы</i>	4
<i>1.2. Рекомендуемая литература</i>	4
<i>1.3. Рекомендации по изучению основных разделов</i>	5

<i>1.4. Рекомендации по оформлению контрольной работы</i>	6
<i>Контрольная работа</i>	6
<i>1. Тахеометрическая съемка</i>	6
<i>2. Теория погрешностей измерений</i>	26
<i>3. Прямая угловая засечка</i>	34
<i>4. Уравнивание системы теодолитных ходов</i>	37
Приложение А	51
Приложение Б	52
Приложение В	53
Приложение Г	55
Приложение Д	56
Приложение Е	58
Приложение Ж	59

*Пшеничная Надежда Николаевна*

*Геодезия: методические указания по изучению дисциплины и задания  
контрольной работы для студентов 2 курса заочного обучения  
направления подготовки 21.03.02 (120700.62) «Землеустройство и  
кадастры»*

*Подписано в печать ...2021 г. Формат 60x90 1/16. Бумага писчая.  
Печать офсетная. Уч. – изд. л. 4,4. Тираж 50 экз. Заказ.....*

*ФГБОУ ВПО «Приморская государственная сельскохозяйственная  
академия».*

*692510, г. Уссурийск, Блюхера 44.*

*Участок оперативной полиграфии ФГБОУ ВПО «Приморская  
государственная сельскохозяйственная академия», 692508, г. Уссурийск,  
ул. Раздольная, 8.*