

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра маркшейдерского дела и геологии

В. А. Горбунова, В. П. Хамянок

**РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ГЕОДЕЗИЯ»**

Выполнил: студент гр. _____
индекс группы

_____ ФИО

Вариант № _____

Проверил:

Дата защиты отчета

Кемерово 2019

Лабораторная работа № 1

Линейные измерения на топографических планах

Требования по ведению рабочей тетради:

- записи выполнять аккуратно, цифры записывать вычислительным шрифтом. Заполнить такими цифрами одну строку.



- при исправлении записей правильное число записывать рядом с ошибочным, предварительно зачеркнув ошибочное значение;
- соблюдать правила округления чисел. Если же отбрасываемая часть равна 5, применять правило четного числа (Гаусса): последнее оставляемое число округлять в сторону четного;
- подсчет результатов вести с необходимой точностью;
- исходные и контрольные значения выделять красным цветом;
- вычисления производить на порядок точнее исходных данных.

1. Знакомство с топографической картой

Ознакомится с содержанием топографической карты: рамками, координатными сетками, зарамочными надписями, условными знаками ситуации и рельефа.

2. Задачи с численным и линейным масштабами

2.1. Расшифровать все элементы формулы численного масштаба, представляющего собой аликвотную (простую) дробь, где числитель всегда равен единице:

$$\frac{1}{M} = \frac{d}{S}; \text{ где}$$

M – _____

d – _____

S – _____

2.2. Горизонтальное проложение линии – это _____

2.3. Если масштаб карты 1:10 000, то масштаб вдвое крупнее 1: _____, масштаб впятеро мельче 1: _____.

Лабораторная работа № 2

Ориентирование линий на топографических планах

1. Ориентирование линий по азимутам, дирекционным углам, румбам, измерение углов геодезическим транспортиром

1.1. Измерить топографическим транспортиром на карте для линии AC ее дирекционный угол α_{AC} . Вычислить румб r_{AC} и другие ориентирные углы: истинный азимут $A^И_{AC}$, магнитный азимут $A^М_{AC}$.

$$\alpha_{AC} = \underline{\hspace{2cm}} ;$$

$$r_{AC} = \underline{\hspace{2cm}} ;$$

$$A^И_{AC} = \underline{\hspace{2cm}} ;$$

$$A^М_{AC} = \underline{\hspace{2cm}} .$$

1.2. Заполнить таблицу 3 «Связь между румбом и дирекционным углом».

Таблица 3

Связь между румбом и дирекционным углом

Четверти и их наименования	Значения дирекционных углов	Формула связи румбов с дирекционными углами	Знаки прираще-	
			ΔX	ΔY
1 –				
2 –				
3 –				
4 –				

2. Решение прямой и обратной геодезических задач

2.1. Решить прямую геодезическую задачу, используя результаты предыдущих измерений для линии AC :

<p>Дано:</p> <p>$X_A = \underline{\hspace{2cm}}$ м</p> <p>$Y_A = \underline{\hspace{2cm}}$ м</p> <p>$\alpha_{AC} = \underline{\hspace{2cm}}$</p> <p>$S_{AC} = \underline{\hspace{2cm}}$ м</p> <hr/> <p>Найти:</p> <p>$X_C = ?$</p> <p>$Y_C = ?$</p>	<p>Решение:</p> <p>$\Delta X_{AC} = S_{AC} \times \cos \alpha_{AC} = \underline{\hspace{2cm}}$</p> <p>$\Delta Y_{AC} = S_{AC} \times \sin \alpha_{AC} = \underline{\hspace{2cm}}$</p> <p>$X_C = X_A + \Delta X_{AC} = \underline{\hspace{2cm}}$</p> <p>$Y_C = Y_A + \Delta Y_{AC} = \underline{\hspace{2cm}}$</p>
---	---

2.2. Решить обратную геодезическую задачу для линии AC по результатам измерений координат:

Дано:

$$X_A = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$$

$$X_C = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$$

$$Y_A = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$$

$$Y_C = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}$$

Решение:

$$\Delta X_{AC} = X_C - X_A = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\Delta Y_{AC} = Y_C - Y_A = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$S_{AC} = \sqrt{\Delta X_{AC}^2 + \Delta Y_{AC}^2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\text{tgr}_{AC} = \frac{\Delta Y_{AC}}{\Delta X_{AC}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$r_{AC} = \underline{\hspace{1cm}} : \underline{\hspace{1cm}}^\circ \underline{\hspace{1cm}}'; \quad \alpha_{AC} = \underline{\hspace{1cm}}^\circ \underline{\hspace{1cm}}'.$$

Найти:

$$S_{AC} = ?$$

$$\alpha_{AC} = ?$$

Проверка решения:

$$S_{AC} = \frac{\Delta X_{AC}}{\cos \alpha_{AC}} = \underline{\hspace{2cm}} =$$

$$S_{AC} = \frac{\Delta Y_{AC}}{\sin \alpha_{AC}} = \underline{\hspace{2cm}} =$$

2.3. Что такое *ориентирование* _____

2.4. Что такое *румб* _____

2.5. Что такое *дирекционный угол* _____

2.6. Сформулировать *условие обратной геодезической задачи*

2.7. Сформулировать *условие прямой геодезической задачи*

Лабораторная работа № 3

Определение площадей и объемов

1. Определение площади участка геометрическим способом.

Определить по топографической карте площадь участка ACD , используя формулу треугольника $P = \frac{A \times H}{2}$, где A – основание треугольника, H – его высота. Результаты представить в табл. 4.

Таблица 4

Журнал вычисления площади геометрическим способом

Основание треугольника a , см	Основание с учетом масштаба A , м	Высота h , см	Высота с учетом мас- штаба, H , м	Площадь участка P , м ²

2. Определение площади участка аналитическим способом

Определить по карте площадь участка ACD аналитическим способом по нижеследующим формулам. Результаты вычислений записать в табл. 5. Обязателен контроль вычислений:

- 1) суммы разностей $(Y_{i-1} - Y_{i+1})$ и $(X_{i+1} - X_{i-1})$ должны быть равны нулю.
- 2) суммы произведений в столбцах 6 и 7 должны совпадать.

$$P_1 = \frac{\sum [X_i(Y_{i-1} - Y_{i+1})]}{2}; \quad (3.1)$$

$$P_2 = \frac{\sum [Y_i(X_{i+1} - X_{i-1})]}{2}. \quad (3.2)$$

Таблица 5

Ведомость вычисления площади аналитическим способом

Вер- шина	Координаты, м		Разности, м		Произведения, м ²	
	X_i	Y_i	$Y_{i-1} - Y_{i+1}$	$X_{i+1} - X_{i-1}$	$X_i(Y_{i-1} - Y_{i+1})$	$Y_i(X_{i+1} - X_{i-1})$
1	2	3	4	5	6	7
<i>D</i>			–	–	–	–
<i>A</i>						
<i>C</i>						
<i>D</i>						
<i>A</i>			–	–	–	–
<i>i</i> – текущая точка			$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0$	$\Sigma =$	$\Sigma =$
<i>(i-1)</i> – предыдущая точка					$P_1 =$	$P_2 =$
<i>(i+1)</i> – следующая точка						

3. Определение площади электронным планиметром.

3.1. Изучить устройство планиметра *PLANIX-5*, записать основные части планиметра:

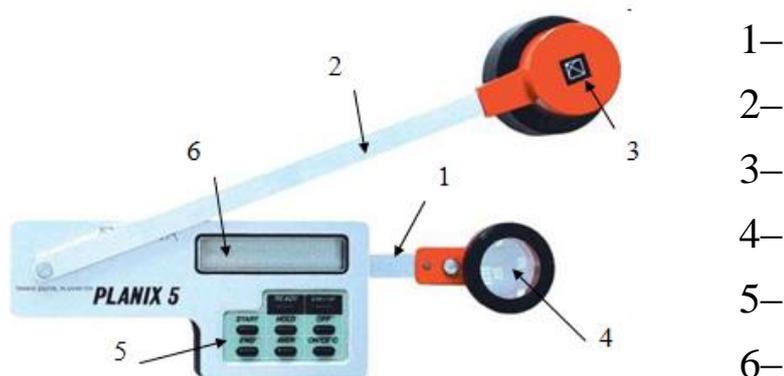


Рис.1. Устройство планиметра *PLANIX-5*

3.2. На рис. 2 изображена насыпь в виде двух замкнутых контуров – горизонталей 100 м и 102 м. Высота насыпи $H=102,8$ м. Измерить электронным планиметром площадь внутри двух контуров, если масштаб плана 1:1000, результаты внести в табл. 6.

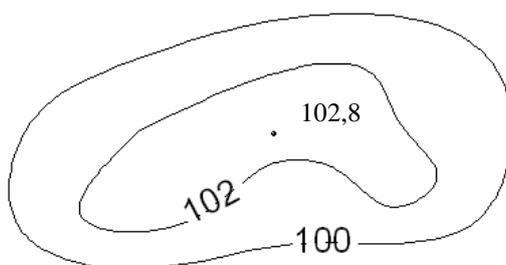


Рис. 2. Контур насыпи

Таблица 6

Результат измерения площади электронным планиметром

Контур	Показания планиметра, см ²	Площадь контура P , м ² C – цена масштаба (10м×10м=100 м ²)
горизонталь 100м	$P'э = \underline{\quad}$ $P''э = \underline{\quad}$ $P_{ср} э = \underline{\quad}$	$Pэ = P_{ср} э \times C = \underline{\hspace{2cm}}$
горизонталь 102м	$P'э = \underline{\quad}$ $P''э = \underline{\quad}$ $P_{ср} э = \underline{\quad}$	$Pэ = P_{ср} э \times C = \underline{\hspace{2cm}}$

4. Определение площади участка квадратной палеткой

4.1. Подготовить на прозрачном материале (кальке, пленке) палетку с квадратными окнами размером 5 мм. Размер палетки должен соответствовать размерам определяемой площади (5см×5см).

4.2. Вычислить цену деления окошка палетки, т. е. его площадь с учетом масштаба карты M : $c=(5\text{мм}\times M)\times(5\text{мм}\times M)$. Результаты внести в табл. 7.

4.3. Наложить палетку на измеряемую фигуру. Подсчитать количество квадратов внутри фигуры: целых квадратов $n_{ц}$ и неполных квадратов $n_{н}$.

4.4. Вычислить площадь контура по формуле:

$$P = c \times (n_u + \frac{1}{2}n_n) \quad (3.3)$$

Таблица 7

Вычисление площади квадратной палеткой

Контур	Цена деления палетки c ,	Число целых квадратов n_u	Число неполных квадратов n_n	Площадь контура P , м ²
горизонталь 100 м	25 м ²			
горизонталь 102 м	25 м ²			

4.5. Сравнить результаты измерения площади внутри горизонтали 100 м, расхождение между значениями площади выразить в процентах (табл. 8):

Таблица 8

Сравнительный анализ результатов

Способ измерения	Площадь P_{100}	P_{cp}	$\Delta P = P_{max} - P_{min}$	$t = \frac{\Delta P}{P_{cp}} \times 100\%$
Планиметр PLANIX-5				
Квадратная палетка				

4.6. Убедиться, что расхождение между измерениями находится в пределах 0–10%. При большем расхождении указать причину

4.7. Вычислить объем насыпи способом горизонтальных сечений: как сумму объема слоя между двумя горизонталями и объема верхнего купола. Объем слоя между горизонталями определяется:

$$V_{\text{слоя } 100-102} = \frac{1}{2}(P_{100} + P_{102})h, \quad (3.4)$$

где h – высота слоя. Объем купола определяется по формуле

$$V_{\text{купола}} = \frac{1}{3}P_{102}h_{\text{купола}}, \quad (3.5)$$

где $h_{\text{купола}}$ определяется как разность отметок вершины насыпи и нижележащей горизонтали.

$$P_{100} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}^2; \quad P_{102} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}^2$$

$$V_{\text{купола}} = \underline{\hspace{4cm}}$$

$$V_{\text{слоя } 100-102} = \underline{\hspace{4cm}}$$

$$V_{\text{всей насыпи}} = V_{\text{слоя } 100-102} + V_{\text{купола}} = \underline{\hspace{4cm}}$$

Лабораторная работа № 4

Определение отметок точек по горизонталям

1. Метод изображения рельефа

1.1. Что такое *горизонталь* _____

высота сечения рельефа _____

отметка _____

1.2. Вычертить основные формы рельефа тремя горизонталями, подписать их с учетом склона поверхности (основание цифр в сторону понижения). Вычертить бергштрихи. Подписать характерные линии. Высоту сечения рельефа принять $h_0=1$ м.

холм

котловина

седловина

.19,7

.19,7

.19,7

лощина

хребет

терраса

.19,7

.19,7

.19,7

2. Методы интерполирования

2.1. Определить отметки заданных по варианту точек:

$$H_A = \text{_____ м}; \quad H_C = \text{_____ м}.$$

2.2. Вычислить уклон i линии AC , результат записать в тысячных долях и в промилле (‰):

$$i_{AC} = \text{tg} \nu_{AC} = \frac{H_C - H_A}{S_{AC}} = \text{_____} = \text{_____}$$

2.3. Вычертить горизонтали по отметкам четырёх точек:

.1
65,8

.2
61,1

.3
59,4

.4
58,6

2.4. Построить профиль местности по заданной линии: _____

Масштабы: горизонтальный 1: _____ вертикальный 1: _____

Отметки	
Условный горизонт	

2.5. Указать основное отличие понятий *заложение* и *горизонтальное проложение* _____

2.6. Дать определение понятиям: *превышение* _____

уклон _____

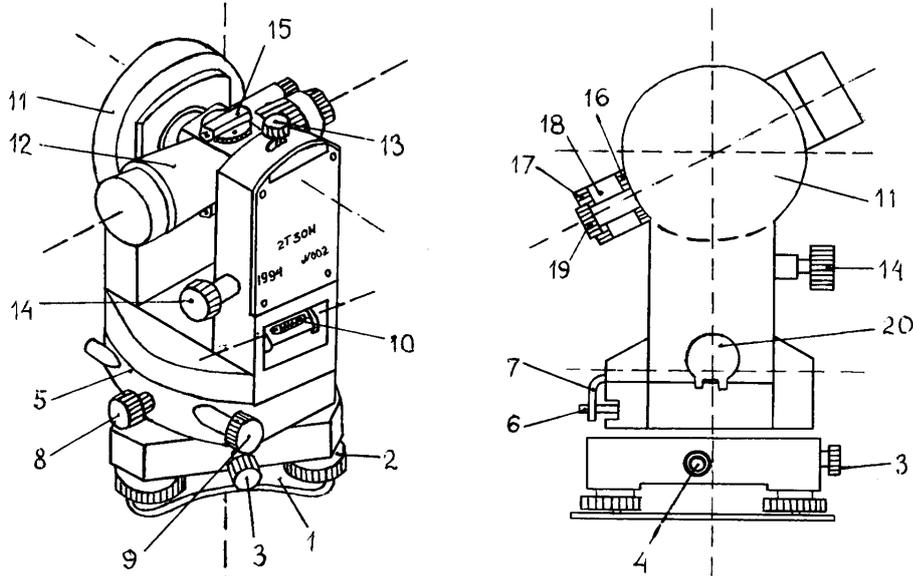
2.7. В чем отличие абсолютной, относительной и условной отметок? _____

2.8. Какова зависимость между крутизной склона и горизонтальным проложением линии? _____

Лабораторная работа № 5 Работа с теодолитом

1. Устройство оптического теодолита 2Т30М

1.1. Изучить устройство теодолита. Перечислить основные части теодолита 2Т30М:



1-	11-
2-	12-
3-	13-
4-	14-
5-	15-
6-	16-
7-	17-
8-	18-
9-	19-
10-	20-

1.2. Подписать на рисунке основные оси теодолита 2Т30М и перечислить их: _____

1.3. Описать назначение каждой нити сетки нитей теодолита 2Т30М.

1.4. Записать отсчеты по вертикальному (ВК) и горизонтальному (ГК) кругу.

В	0 1 2 3 4 5 6 	Отсчет по ВК составляет:
Г	0 1 2 3 4 5 6 	Отсчет по ГК составляет:

2. Приведение прибора в рабочее положение

2.1. Описать последовательность установки теодолита в рабочее положение в вершине угла _____

2.2. Записать определение понятия *поверка теодолита* _____

2.3. Изучить и кратко записать порядок выполнения **поверки цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга:**

а) формулировка _____

б) производство _____

в) исправление _____

2.4. Записать определение понятия *место нуля теодолита:*

2.5. Изучить и кратко записать порядок выполнения **поверки места нуля (МО) теодолита:**

а) формулировка _____

б) производство _____

в) исправление _____

3. Измерение горизонтального и вертикального углов

3.1. Записать определение понятия *угол наклона линии* _____

3.2. Измерить угол наклона, результаты записать в журнал измерений. Вычислить место нуля $МО = \frac{КЛ + КП \pm 180^\circ}{2}$ и углы наклона

(результаты по всем формулам должны совпасть):

$$v = КЛ - МО; \quad v = 1/2(КЛ - КП - 180^\circ); \quad v = МО - КП - 180^\circ.$$

Журнал измерения вертикальных углов

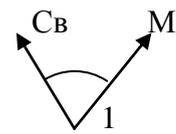
Точки		Отсчеты по вертикальному кругу		Место нуля МО ' "	Угол наклона v ° ' "
стоя- ния	визиро- вания	КЛ ° ' "	КП ° ' "		
1	Мыс	6° 15' 00"	173° 44' 00"	-0' 30"	6° 15' 30"

3.3. Измерить горизонтальный угол способом полного приема.

Журнал измерения горизонтальных углов способом приемов

Дата..... Теодолит 2Т30М Наблюдал.....

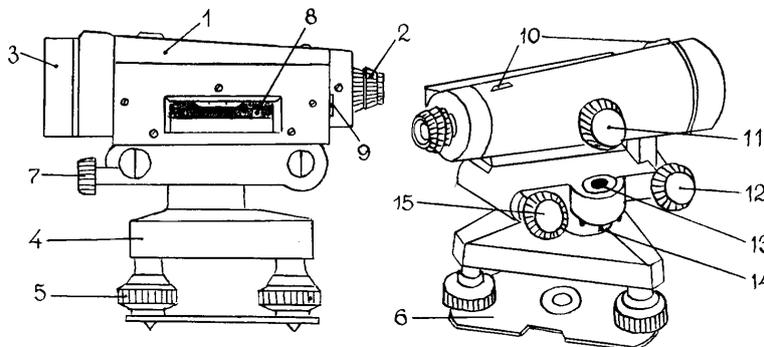
Видимость..... № Вычислял.....

Точки		Круг	Отсчет по горизон- тальному кругу ° ' "	Угол в полуприеме ° ' "	Среднее значение угла ° ' "	Схема располо- жения точек
стоя- ния	визиро- вания					
1	Светлый	КЛ	42° 15' 30"	10° 33' 00"	10° 32' 30"	
	Мыс		52° 48' 30"			
1	Светлый	КП	207° 21' 00"	10° 32' 00"		
	Мыс		217° 53' 00"			
		КЛ				
		КП				
		КЛ				
		КП				
		КЛ				
		КП				

Лабораторная работа №6 Работа с нивелиром

1. Устройство нивелира Н-3 и нивелирной рейки

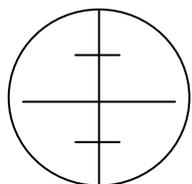
1.1. Изучить устройство и записать название основных частей нивелира Н-3:



1-	8-
2-	9-
3-	10-
4-	11-
5-	12-
6-	13-
7-	14-

1.2. Показать на чертеже и подписать основные оси нивелира.

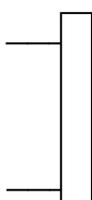
1.3. Изучить вид сетки нитей нивелира Н-3. Указать назначение нитей:



1.4. Дать определение понятию *пятка рейки* _____

1.5. Подписать на схеме пяточные отсчеты по двум сторонам рейки. *Пяточная разность двух реек* определяется как _____

черная сторона



мм; красная сторона



мм;

мм;

мм.

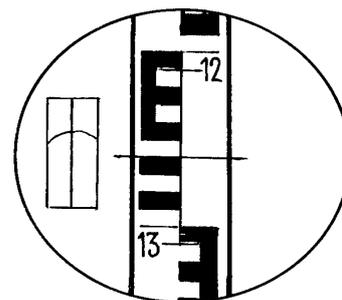
1.6. Указать наименьший отрезок, нанесенный на рейку _____, точность отсчитывания по рейке _____.

1.7. Записать отсчеты по черной стороне рейки согласно рисунку:

отсчет по верхней нити **в** = _____ мм

отсчет по средней нити **с** = _____ мм

отсчет по нижней нити **н** = _____ мм



2. Поверка круглого уровня

а) формулировка _____

б) производство _____

в) исправление _____

г) результат проверки круглого уровня: _____

3. Измерение расстояния

3.1. Вычислить расстояние L от нивелира до рейки по нитяному дальномеру, используя отсчеты по черной стороне рейки.

$v =$ _____ мм; $c =$ _____ мм; $n =$ _____ мм.

$$L = (n - v) : 10 = (c - v) \times 2 : 10 = (n - c) \times 2 : 10$$

Расстояние $L =$ _____ м

3.2. Проверить результат измерением расстояния рулеткой:

$L =$ _____ м. Расхождение в измерениях составляет _____ м.

4. Техническое нивелирование

4.1. Выполнить техническое нивелирование между тремя точками, образующими замкнутый нивелирный ход. Результат измерений внести в журнал технического нивелирования. При работе в аудитории можно использовать закрепленные на стенах рейки.

4.2. Выполнить постраничный контроль для проверки правильности вычислений $\Sigma Z - \Sigma П = \Sigma h = 2\Sigma h_{cp}$.

4.3. Выполнить контроль измерений в замкнутом нивелирном ходе: сумму превышений Σh_{cp} сравнить с допустимой величиной $f_{h.} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L}$, где L – длина нивелирного хода, выраженная в километрах, получается суммированием расстояний между станциями.

$L = L_1 + L_2 + L_3 =$ _____ .

$f_{h.} =$ _____ .

Лабораторная работа №7

Вычисление координат точек замкнутого теодолитного хода

1. Исходные данные

Записать в ведомость вычисления координат точек замкнутого теодолитного хода исходные данные:

– измеренные *левые по ходу* горизонтальные углы в вершинах углов занесены в таблицу 9 по данным полевого журнала;

– *горизонтальные проложения* между вершинами перенесены в таблицу 9 из полевого журнала;

– *координаты исходной точки* Пп145 выписаны из каталога точек опорной геодезической сети: $X_{145} = 1900,10$ м; $Y_{145} = 2900,20$ м;

– *дирекционный угол исходной стороны* Пп145–ст1 каждым студентом подсчитывается самостоятельно: $\alpha_{145-1} = (10 \times n)^\circ n' n''$, где n – номер варианта. Минуты и секунды записывают двузначным числом.

2. Вычислить координаты точек замкнутого хода в следующей последовательности:

2.1. Подсчитать и записать под таблицей измеренную $\Sigma\beta_{\text{изм}}$ и теоретическую сумму измеренных углов: $\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^\circ (n - 2)$, где n – число углов в ходе.

2.2. Вычислить угловую невязку $f_\beta = \Sigma\beta_{\text{изм}} - \Sigma\beta_{\text{теор}}$ и сравнить её с допустимой величиной $f_\beta = \pm 2 \times t \sqrt{n}$, где $t = 30''$, n – число углов в ходе.

2.3. Если фактическая невязка меньше допустимой, вычислить поправку в измеренные углы: $v_\beta = \frac{f_\beta}{n}$. Поправки распределяются поровну на все углы с *обратным знаком* и подписываются *над секундами*.

2.4. Подсчитать исправленные углы с учетом поправки и их сумму. *Контроль вычислений*: $\Sigma\beta_{\text{испр}} = \Sigma\beta_{\text{теор}}$.

2.5. Последовательно вычислить дирекционные углы всех линий **для левых углов** $\alpha_{\text{посл}} = (\alpha_{\text{пред}} + \beta_{\text{испр}}) - 180^\circ$.

Чтобы дирекционные углы не получились отрицательными, необходимо прибавить 360° к значению, заключенному в скобки, если оно получается меньше, чем вычитаемое. Если в результате расчетов дирекционный угол получился более 360° , следует вычесть 360° .

2.6. *Контроль вычисления дирекционных углов:*

$$\alpha_{1-2}^{\text{вычисленный}} = \alpha_{1-2}^{\text{исходный}}.$$

2.7. Вычислить румбы линий, расставить знаки приращений, исходя из четверти, в которой находится каждая линия. По румбам вы-

числить синусы и косинусы табличных углов, используя шестизначные таблицы тригонометрических функций или микрокалькулятор.

2.8. Вычислить приращения координат:

$$\Delta X_i = S_i \times \cos \alpha_i; \Delta Y_i = S_i \times \sin \alpha_i.$$

2.9. Вычислить сумму приращений $\Delta X_i = f_x$ и $\Delta Y_i = f_y$ с учетом знака.

2.10. Вычислить абсолютную невязку: $f_{абс} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$.

2.11. Вычислить относительную невязку: $f_{отн} = \frac{f_{абс}}{P} = \frac{1}{P/f_{абс}} = \frac{1}{N}$.

Сравнить $f_{отн}$ с допустимой величиной $f_{доп} = \frac{1}{2000}$: $f_{отн} \leq f_{доп}$.

2.12. Ввести поправки в приращения (с обратным знаком) пропорционально длинам сторон $V_{x_i} = -\frac{f_x}{P} S_i$, $V_{y_i} = -\frac{f_y}{P} S_i$.

Проконтролировать вычисление поправок: $\Sigma V_{x_i} = -f_x$; $\Sigma V_{y_i} = -f_y$

2.13. Вычислить исправленные приращения и их сумму.

2.14. *Контроль вычислений: $\Sigma \Delta X_{испр} = 0$; $\Sigma \Delta Y_{испр} = 0$.*

2.15. Последовательно вычислить координаты точек:

$$X_i = X_{i-1} + \Delta X_i; Y_i = Y_{i-1} + \Delta Y_i.$$

2.16. Повторно вычислить координаты исходной точки 1. *Контроль вычисления координат:*

$$X_{1\text{ выч}} = X_{1\text{ исх}}; Y_{1\text{ выч}} = Y_{1\text{ исх}}.$$

Контрольные вопросы

1. Что такое угловая невязка, как она определяется в замкнутом ходе? _____

2. Как вычислить дирекционные углы сторон, если измерены правые по ходу углы? А если левые? _____

3. Что представляет собой абсолютная невязка приращений? Как она определяется? _____

4. С какой точностью наносятся на план вершины теодолитного хода? _____

Таблица 9

Ведомость вычисления координат точек замкнутого теодолитного хода

Станция / вершина хода	Углы левые по ходу		Дирекци- онные углы ° ' "	Румбы ° ' "	Гориз. про- ложе- ния, м	Приращения, м						Координаты, м		Станция / вершина хода	
	измерен- ные ° ' "	исправ- ленные ° ' "				вычисленные			исправленные			X	Y		
						±	ΔX	±	ΔY	±	ΔX				±
Пп145			$\alpha_{исх}$		63,94								1900,10	2900,20	Пп145
1	117°47'40"				53,97										1
2	112°57'00"				49,30										2
3	137°33'30"				91,65										3
4	63°24'10"				104,49										4
Пп145	108°17'30"												1900,10	2900,20	Пп145
										$\Sigma=0$	$\Sigma=0$				

$$\Sigma\beta_{изм} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\Sigma\beta_{теор} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$f_{\beta} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$f_{\beta}^{доп} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\Sigma\beta_{испр} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$P = \underline{\hspace{2cm}} \quad f_x = \underline{\hspace{2cm}} \quad f_y = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$f_{абс} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} =$$

$$f_{отн} = \frac{f_{абс}}{P} = \frac{1}{N} = \frac{1}{P/f_{абс}} = \frac{1}{\hspace{2cm}}$$

$$f_{отн}^{доп} = \frac{1}{2000}; \quad f_{отн} \leq f_{отн}^{доп}$$

У-34-37-В-3

