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

Кафедра маркшейдерского дела, кадастра и геодезии

Составитель

Т. Б. Рогова

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Методические указания к лабораторным работам

Рекомендовано учебно-методической комиссией
специализации 130404.65 «Маркшейдерское дело»
в качестве электронного издания
для использования в учебном процессе

КЕМЕРОВО 2014

УДК 622.1

Рецензенты:

Бахаева С. П. – д. т. н., профессор кафедры маркшейдерского дела, кадастра и геодезии

Игнатов Ю. М. – к. т. н., председатель учебно-методической комиссии специализации 130404.65 «Маркшейдерское дело»

Рогова Тамара Борисовна. Анализ точности маркшейдерских измерений: методические указания к лабораторным работам [Электронный ресурс] для студентов специальности 21.05.04 (130400.65) «Горное дело», специализация «Маркшейдерское дело», очной формы обучения / сост. : Т. Б. Рогова. – Кемерово : КузГТУ, 2014. – Систем. требования : Pentium IV ; ОЗУ 8 Мб ; Windows XP ; мышь. – Загл. с экрана.

Включают индивидуальные задания по вариантам, содержание и порядок выполнения работы, требования к оформлению результатов, контрольные вопросы для защиты каждой лабораторной работы и список рекомендуемой литературы.

© КузГТУ, 2014
© Рогова Т. Б.,
составление, 2014

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Анализ точности маркшейдерских измерений» составлены на основании требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования и с учетом рекомендаций Примерной основной образовательной программы по направлению подготовки специалистов 21.05.04 (130400.65) «Горное дело» специализации «Маркшейдерское дело». Дисциплина изучается в 10 семестре.

Целью освоения дисциплины является подготовка студентов к решению профессиональных задач по обеспечению необходимой и достаточной точности выполнения маркшейдерских съемок объектов горных работ.

В соответствии с рабочей программой дисциплины предусмотрено выполнение четырех лабораторных работ, распределение трудоемкости для которых приведено в табл. А.

Таблица А

Темы лабораторных работ и трудоемкость их выполнения

Неделя семестра	Раздел	Наименование работы	Объем в часах
1–4	1, 2, 3	Определение по материалам производственных съемок средней квадратической погрешности измерения горизонтального угла и коэффициента случайного влияния при измерении линий	8
5–8	4, 5	Определение погрешностей положения точек свободного полигона в плане и по высоте	8
9–12	6	Определение погрешности положения пункта полигонометрического хода, многократно ориентированного гироскопическим способом	8
13–17	7	Уравнивание сети подземных полигонометрических ходов	10
ВСЕГО			**34**

Лабораторные работы выполняются индивидуально каждым студентом по исходным данным, выбранным в соответствии

с номером варианта, который назначается студенту преподавателем на весь цикл работ.

Перед началом каждого занятия студент обязан, используя рекомендуемую учебную, методическую, научную литературу и конспекты лекций, изучить существующие методы решения разбираемых задач, уяснить условия их применения, знать их достоинства и недостатки.

Студент, не защитивший в срок отчет по предыдущей работе, к выполнению последующей работы не допускается.

Оформление и защита лабораторных работ производится в соответствии с положением о защите отчетов по лабораторным и практическим работам, утвержденным кафедрой маркшейдерского дела, кадастра и геодезии.

В основу настоящего цикла лабораторных работ положены методические разработки доцента, к.т.н. Марченко Порфирия Аверьяновича, выполненные на кафедре маркшейдерского дела за период 1965–2005 гг.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Анализ точности угловых и линейных измерений по результатам производственных съемок

1. Цель работы.

Научиться производить оценку фактической точности угловых и линейных измерений в подземных опорных маркшейдерских сетях.

2. Исходные данные.

2.1. Количество замкнутых полигонометрических ходов и длин сторон в выборке (прил. 1, табл. П.1.1).

2.2. Основные параметры замкнутых полигонов (табл. П1.2).

2.3. Результаты двойных независимых измерений длин сторон в подземных полигонометрических ходах (табл. П1.3).

3. Содержание работы.

3.1. В соответствии с назначенным вариантом произвести выборку случайных чисел, количество которых (N) определяется согласно варианту по табл. П.1.1.

3.2. Из табл. П1.2 выписать основные параметры замкнутых полигонов, номера которых определяются случайными числами.

3.3. Из табл. П1.3 выписать результаты двойных независимых измерений длин сторон по тем же случайным числам.

3.4. Определить среднюю квадратическую погрешность измерения горизонтального угла:

– для каждого замкнутого полигона установить допустимую угловую невязку, рекомендуемую «Инструкцией…» [1], и сравнить ее с фактической угловой невязкой;

– скорректировать данный ряд угловых невязок;

– по основной и контрольной формулам установить среднюю квадратическую погрешность измерения горизонтального угла для исследуемого ряда полигонов и сравнить с требованиями «Инструкции…» [1].

3.5. Определить коэффициент случайного влияния при измерении линий:

– определить разности между прямыми и обратными измерениями длин сторон и сравнить их с допустимыми «Инструкцией…» [1];

– скорректировать данный ряд измерений, исходя из допустимой разности двойных измерений;

– проверить наличие систематических погрешностей в измерениях;

– по основной и контрольной формулам вычислить коэффициент случайного влияния;

– сравнить коэффициент случайного влияния с рекомендуемым «Инструкцией…» [1].

3.6. Дать оценку точности угловых и линейных измерений в исследуемых полигонометрических ходах.

4. Оформление работы.

Результаты расчетов средней квадратической погрешности измерения угла и коэффициента случайного влияния представить в табличной форме (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Расчет средней квадратической погрешности измерения угла m_β

№ п/п	Номер полигона	Число вершин полигона n	Угловая невязка полигона f_β, с	Допустимая угловая невязка $f_{\beta_д}$, с	f_β^2	$\frac{f_\beta^2}{n}$
1						
2						
…						
N						
		$\sum$			$\sum$	$\sum$
					m_β	m_β

Таблица 2

Расчет коэффициента случайного влияния μ
при измерении длин линий

№ п/п	Номер стороны	Длина стороны, м		d, м	$d_{доп}$, м	dd	$\frac{dd}{l}$	$d°$	$d°d°$
		$l_п$	$l_о$						
1									
2									
…									
N									
		Σ		Σ		Σ	Σ		Σ
						μ	μ		μ

5. Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы № 1.

1. Особенности построения маркшейдерских сетей (по сравнению с геодезическими).

2. Как делятся плановые (высотные) поверхностные маркшейдерские сети по назначению?

3. Как делятся плановые (высотные) подземные маркшейдерские сети по назначению?

4. С какой целью выполняется анализ точности маркшейдерских измерений?

5. Как определяют среднюю квадратическую погрешность измерения горизонтального угла по результатам производственных маркшейдерских съемок:

– по разностям двойных измерений углов;

– по невязкам замкнутых теодолитных ходов?

6. Как определяют коэффициент случайного влияния при измерении линий по разностям их двойного измерения?

7. Как определяют и исключают систематические погрешности в разностях двойных измерений?

8. Нормативные требования к точности измерения горизонтальных и вертикальных углов в подземной полигонометрии.

9. Нормативные требования к точности измерения длин сторон в подземной полигонометрии.

10. Нормативные требования к точности измерения углов и длин сторон в подземных теодолитных ходах.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Определение погрешностей положения конечного пункта свободного полигона в плане и по высоте

1. Цель работы.

Научиться устанавливать погрешность положения конечного пункта свободного полигонометрического хода в заданном направлении.

2. Исходные данные.

Схемы горных выработок (прил. 2, табл. П2.1).

3. Содержание работы.

3.1. Составить план околоствольных выработок и наметить вершины проектного свободного полигонометрического хода.

3.2. Принять для прокладки полигонометрического хода необходимые инструменты, привести их технические характеристики.

3.3. Согласно «Инструкции…» [1] установить методику измерения углов и длин сторон в проектном полигонометрическом ходе.

3.4. Установить для выбранного теодолита и принятой методики измерений погрешность собственно измерения угла.

3.5. Обосновать способ центрирования теодолита и сигналов и принять значение линейных погрешностей центрирования теодолита и сигналов.

3.6. Вычислить для каждого горизонтального угла среднюю квадратическую погрешность измерения.

3.7. Рассчитать графоаналитическим или аналитическим способами относительно исходных маркшейдерских пунктов на поверхности погрешность положения в плане конечного пункта проектного свободного полигона вдоль и перпендикулярно оси выработки в зависимости от:

– погрешностей измерения углов;

– погрешностей измерения длин сторон;

– погрешности ориентирования исходной стороны хода.

3.8. Установить общую линейную погрешность конечного пункта хода, обусловленную погрешностями измерения углов, длин сторон и ориентирования хода.

3.9. Установить ожидаемую погрешность положения конечного пункта хода и сравнить с допустимой погрешностью по «Инструкции…» [1].

3.10. Установить, как изменится погрешность положения конечного пункта хода при гироскопическом ориентировании его конечной стороны.

3.11. В соответствии с «Инструкцией…» [1] установить методику геометрического нивелирования по трассе проектного полигонометрического хода.

3.12. Рассчитать среднюю квадратическую погрешность положения конечного пункта хода по высоте, относительно подземного исходного репера.

3.13. Определить ожидаемую погрешность двойного нивелирного хода и сравнить ее с допустимой по Инструкции [1].

3.14. Установить погрешность передачи высотной отметки с поверхности на горизонт.

3.15. Установить погрешность положения по высоте конечного пункта проектного полигонометрического хода относительно исходного репера на поверхности.

3.16. Сформулировать выводы о соответствии принятых методик измерений и принятых решений относительно целесообразности повышения точности тех или других видов измерений.

4. Оформление работы.

План горных выработок и проектного полигонометрического хода представить в масштабе 1:1000. Результаты расчетов погрешностей представить в табличной форме (табл. 3, 4, 5).

Таблица 3

Расчет погрешности измерения углов

Вершина	Длина стороны l, м		Угол β, град	Погрешность измерения горизонтального угла m_β, с
	a	b		
1				
2				
…				
$k-1$				

Таблица 4

Расчет значений $\sum R_{x_i}^2 m_{\beta_i}^2$, $\sum R_{y_i}^2 m_{\beta_i}^2$ и $\sum R_i^2 m_{\beta_i}^2$

Вершина	m_{β_i}, с	R_{x_i}, м	$R_{x_i}^2 m_{\beta_i}^2$	R_{y_i}, м	$R_{y_i}^2 m_{\beta_i}^2$	R_i, м	$R_i^2 m_{\beta_i}^2$
1							
2							
…							
$k-1$							
			$\sum$		$\sum$		$\sum$

Таблица 5

Расчет значений $\sum_1^k l_i \cos^2\alpha_i$ и $\sum_1^k l_i \sin^2\alpha_i$

Сторона	Длина стороны l, м	Дирекционный угол α, град	$l\sin^2\alpha$, м	$l\cos^2\alpha$, м
А–1				
1–2				
…				
(k–1)–k				
	$\sum$		$\sum$	$\sum$

5. Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы № 2.

1. Какие параметры определяют погрешность центрирования теодолита и сигналов?

2. Какие параметры определяют погрешность измерения горизонтального угла (инструментальную погрешность измерения угла способом повторений и способом приемов)?

3. Какие параметры определяют погрешность измерения вертикального угла?

4. Перечислите виды центрирования теодолита, обоснуйте возможность использования каждого из них.

5. Как уменьшить погрешность измерения горизонтального угла?

6. Как определить погрешности отсчитывания и визирования при измерении горизонтального угла теодолитами Т5, Т15, 2Т30?

7. Какие параметры определяют случайные и систематические погрешности при измерении длин сторон в теодолитных ходах рулетками (дальномерами)?

8. Как уменьшить погрешность положения пункта подземного теодолитного хода?

9. Перечислите составляющие погрешности положения и координат пункта подземного теодолитного хода.

10. Какие параметры определяют погрешность репера при передаче высотной отметки с поверхности на подземный горизонт через вертикальную горную выработку (геометрическим нивелированием, тригонометрическим нивелированием)?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Определение погрешности положения конечного пункта полигонометрического хода, многократно ориентированного гироскопическим способом

1. Цель работы.

Научиться устанавливать погрешность положения конечного пункта полигонометрического хода многократно ориентированного гироскопическим способом.

2. Исходные данные.

Схемы горных выработок (прил. 2, табл. П2.1).

3. Содержание работы.

3.1. Составить план горных выработок и наметить вершины проектных полигонометрических ходов.

3.2. Принять согласно «Инструкции…» [1] средние квадратические погрешности измерения:

– горизонтальных углов;

– длин сторон;

– дирекционных углов сторон, полученных путем гироскопического ориентирования.

3.3. Установить согласно «Инструкции…» [1] допустимую погрешность положения конечного пункта хода.

3.4. Рассчитать необходимое количество гироскопически ориентированных сторон.

3.5. Составить схему расчетного полигона.

3.6. Рассчитать графоаналитическим способом относительно исходных маркшейдерских пунктов на поверхности погрешность положения в плане конечного пункта проектного полигонометрического хода в зависимости от:

– погрешностей измерения углов;

– погрешностей измерения длин сторон;

– погрешности ориентирования сторон.

3.7. Установить общую и ожидаемую линейную погрешность конечного пункта хода и сравнить её с допустимой по «Инструкции…» [1].

4. Оформление работы.

План горных выработок и проектного полигонометрического хода представить в масштабе 1:10000. Результаты расчетов погрешностей представить в табличной форме произвольной формы.

5. Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы № 3.

1. Сформулируйте нормативные требования, предъявляемые к подземной многократно ориентированной полигонометрии.

2. Перечислите преимущества гироскопического ориентирования.

3. Назовите составляющие погрешности положения удаленного пункта многократно ориентированного полигонометрического хода.

4. Что такое «расчетный полигон»? Порядок построения «расчетного» полигона.

5. Как определяется центр тяжести секции?

6. Как можно уменьшить погрешность положения пункта полигонометрического хода?

7. Как определяется допустимая погрешность положения пункта подземной полигонометрии?

8. Показать на схеме возможные виды полигонометрических ходов и параметры их расчетных полигонов.

9. Как определяется погрешность положения удаленного пункта полигонометрического хода вследствие погрешностей измерения длин сторон дальномером (рулеткой)?

10. Как определяется погрешность положения удаленного пункта полигонометрического хода вследствие погрешностей измерения горизонтальных углов (вследствие погрешностей измерения дирекционных углов)?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
Уравнивание сети подземных полигонометрических ходов по способу полигонов

1. Цель работы.

Научиться производить распределение угловых и линейных невязок в сети полигонов раздельным способом.

2. Исходные данные.

2.1. Схема подземных полигонометрических ходов – рис. 1.

2.2. Номера полигонов, подлежащих уравниванию – табл. 6.

2.3. Значение горизонтальных углов, измеренных в полигонах, – табл. 7. Для одного из углов на внешней стороне в каждом полигоне значение секунд следует заменить номером варианта.

2.4. Значение горизонтальных проложений длин сторон уравниваемых полигонов – табл. 8.

2.5. Координаты исходного пункта R_2 для всех вариантов:

$X = 1000{,}000$ м, $Y = 1000{,}000$ м.

2.6. За исходную сторону для всех вариантов принять сторону $R_2 - 13$ с дирекционным углом, равным в градусах номеру варианта.

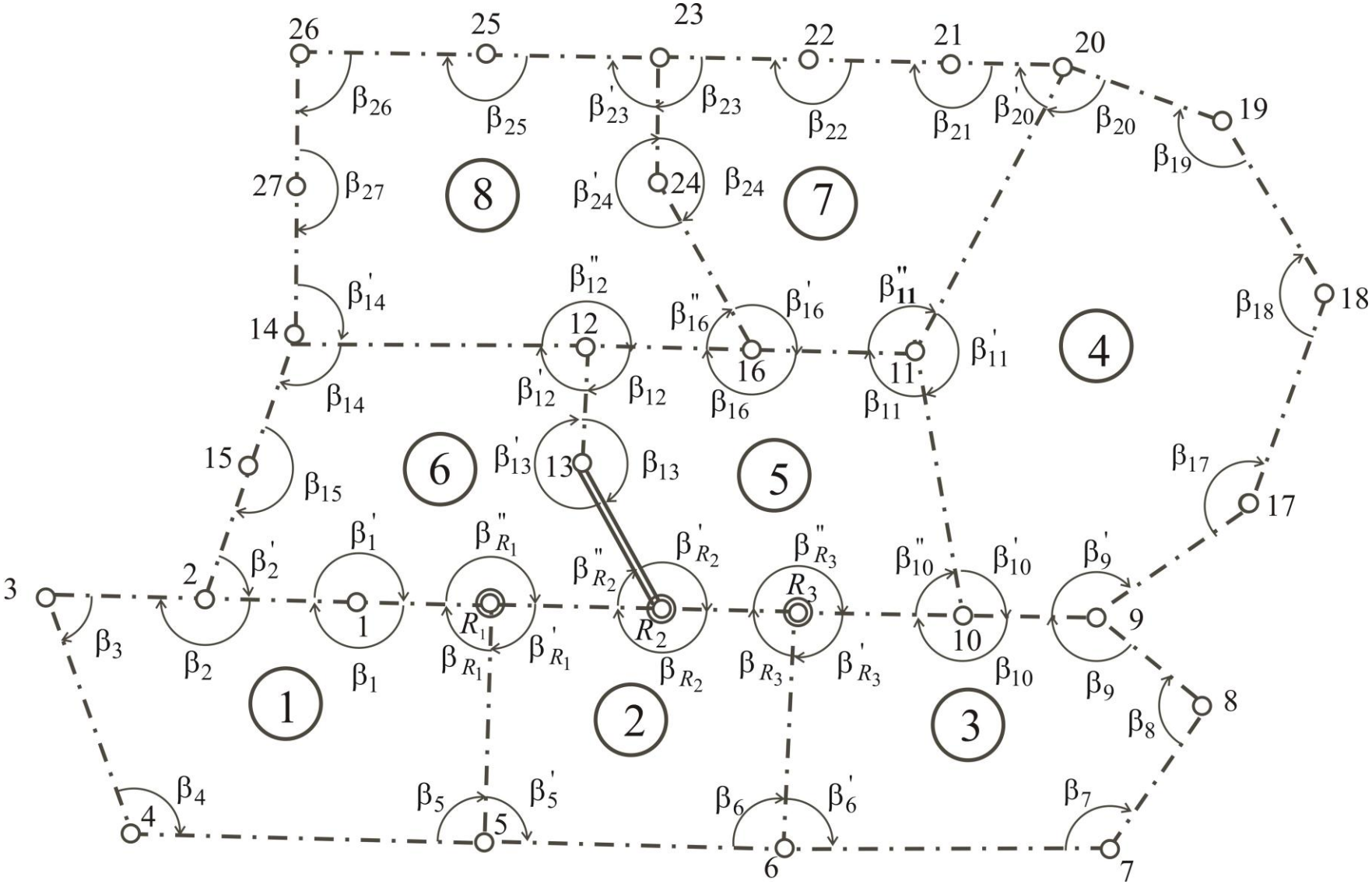


Рис. 1. Схема замкнутых полигонометрических ходов

Таблица 6

Уравниваемые полигоны

Вариант	Полигоны
1, 8, 15, 22, 29	1, 2, 6
2, 9, 16, 23, 30	2, 5, 6
3, 10, 17, 24	2, 3, 5
4, 11, 18, 25	3, 4, 5
5, 12, 19, 26	4, 5, 7
6, 13, 20, 27	5, 6, 8
7, 14, 21, 28	5, 7, 8

Таблица 7

Значения измеренных углов в сети полигонов

Угол	Значение угла			Угол	Значение угла		
	°	′	″		°	′	″
1 полигон				2 полигон			
β_{R_1}	92	22	07	β'_{R_1}	87	29	08
β_1	180	11	21	β_{R_2}	178	53	52
β_2	179	41	00	β_{R_3}	92	32	12
β_3	90	27	52	β'_5	92	37	00
β_4	90	06	36	β_6	88	28	44
β_5	87	10	02				
3 полигон				4 полигон			
β'_{R_3}	88	36	20	β'_9	147	00	48
β'_6	91	01	08	β'_{10}	102	07	53
β_7	91	03	36	β'_{11}	142	07	51
β_8	126	57	59	β_{17}	126	21	11
β_9	142	46	00	β_{18}	140	10	34
β_{10}	179	35	58	β_{19}	130	02	20
				β_{20}	112	08	05

Продолжение табл. 7

Угол	Значение угла			Угол	Значение угла		
	°	′	″		°	′	″
5 полигон				7 полигон			
β'_{R_2}	125	02	33	β''_{11}	113	21	38
β''_{R_3}	178	51	46	β'_{16}	130	37	19
β''_{10}	78	15	30	β'_{20}	67	12	58
β_{11}	104	29	53	β_{21}	180	24	30
β_{12}	90	05	47	β_{22}	180	09	31
β_{13}	143	12	16	β_{23}	88	13	40
β_{16}	180	01	00	β_{24}	140	01	32
6 полигон				8 полигон			
β''_{R_1}	180	09	25	β''_{12}	179	52	44
β''_{R_2}	56	04	20	β'_{14}	90	27	05
β'_1	179	48	21	β''_{16}	49	22	21
β'_2	58	33	48	β'_{23}	92	04	12
β'_{12}	90	01	41	β'_{24}	219	58	52
β'_{13}	216	47	24	β_{25}	180	07	13
β_{14}	120	17	12	β_{26}	88	00	17
β_{15}	178	19	00	β_{27}	180	08	19

Таблица 8

Значения измеренных длин сторон полигонов

Сторона	Длина стороны, м									
	варианты									
	1, 11, 21	2, 12, 22	3, 13, 23	4, 14, 24	5, 15, 25	6, 16, 26	7, 17, 27	8, 18, 28	9, 19, 29	10, 20, 30
R_1–1	22,520	23,646	24,772	25,898	27,024	28,150	29,276	30,402	31,528	32,654
1–2	28,629	30,060	31,491	32,923	34,354	35,784	37,218	38,649	40,081	41,512
2–3	22,238	23,350	24,462	25,574	26,686	27,797	28,910	30,021	31,133	32,245
3–4	40,426	42,447	44,468	46,490	48,511	50,532	52,554	54,575	56,596	58,618
4–5	75,257	79,020	82,782	86,546	90,308	94,071	97,834	101,597	105,360	109,123
5–R_1	41,047	43,099	45,152	47,204	49,256	51,308	53,361	55,413	57,466	59,518
5–6	57,920	60,816	63,712	66,598	69,504	72,400	75,296	78,192	81,088	83,984
6–R_3	40,648	42,680	44,713	46,745	48,778	50,810	52,842	54,875	56,907	58,940
R_3-R_2	24,512	25,738	26,963	28,189	29,414	30,640	31,866	33,091	34,317	35,542
R_2-R_1	33,914	35,610	37,305	39,001	40,697	42,392	44,088	45,784	47,480	49,175
6–7	60,567	63,595	66,623	69,652	72,680	75,709	78,737	81,765	84,794	87,822
7–8	34,262	35,975	37,688	39,401	41,114	42,827	44,541	46,254	47,967	49,680
8–9	9,409	9,879	10,350	10,820	11,291	11,762	12,232	13,702	13,173	13,643
9–10	33,052	34,705	36,357	38,010	39,662	41,315	42,968	44,620	46,273	47,925
10–R_3	21,449	22,521	23,594	24,666	25,739	26,811	27,884	28,956	30,029	31,101
9–17	37,221	39,082	40,943	42,804	44,665	46,526	48,387	50,248	52,109	53,970
17–18	24,321	25,537	26,753	27,969	29,185	30,401	31,617	32,833	34,049	35,265
18–19	45,312	47,578	49,843	52,109	54,374	56,640	58,905	61,170	63,437	65,702

Продолжение табл. 8

Сторона	Длина стороны, м									
	варианты									
	1, 11, 21	2, 12, 22	3, 13, 23	4, 14, 24	5, 15, 25	6, 16, 26	7, 17, 27	8, 18, 28	9, 19, 29	10, 20, 30
19–20	27,120	28,476	29,832	31,188	32,544	33,900	35,256	36,612	37,968	39,324
20–11	47,102	49,457	51,812	54,167	56,522	58,878	61,233	63,588	65,943	68,298
11–10	41,269	43,332	45,396	47,459	49,522	51,586	53,650	55,713	57,776	59,840
11–16	20,010	21,010	22,011	23,012	24,012	25,012	26,013	27,014	28,014	29,014
16–12	30,501	32,026	33,551	35,076	36,601	38,126	39,651	41,176	42,701	44,226
12–13	21,408	22,478	23,549	24,619	25,690	26,760	27,830	28,901	29,971	31,042
13–R_2	25,162	26,420	27,678	28,936	30,194	31,452	32,711	33,969	35,227	36,485
20–21	20,155	21,163	22,170	23,178	24,186	25,194	26,202	27,209	28,217	29,225
21–22	22,617	23,748	24,879	26,010	27,140	28,278	29,402	30,533	31,664	32,795
22–23	16,028	16,829	17,631	18,432	19,233	20,035	20,836	21,638	22,439	23,241
23–24	21,112	22,167	23,223	24,279	25,334	26,390	27,446	28,501	29,557	30,612
24–16	30,421	31,942	33,463	34,984	36,505	38,026	39,547	41,068	42,589	44,110
23–25	27,501	28,876	30,251	31,626	33,001	34,376	35,751	37,126	38,501	39,876
25–26	27,503	28,878	30,253	31,628	33,004	34,378	35,754	37,129	38,504	39,879
26–27	25,486	26,760	28,035	29,308	30,583	31,858	33,132	34,406	35,680	36,955
27–14	20,012	21,012	22,013	23,014	24,014	25,015	26,015	27,016	28,017	29,017
12–14	44,112	46,317	48,523	50,729	52,934	55,140	57,346	59,551	61,757	63,964
14–15	23,068	24,221	25,375	26,528	27,681	28,835	29,988	31,142	32,295	33,449
15–2	29,801	31,291	32,781	34,271	35,761	37,251	38,741	40,231	41,721	43,211

3. Содержание работы.

3.1. Составить схему уравниваемых полигонов.

3.2. Выписать в соответствии с вариантом значение измеренных углов и горизонтальные проложения длин сторон уравниваемых полигонов.

3.3. Произвести увязку углов, измеренных за горизонт.

3.4. Определить угловые невязки полигонов и сравнить их с допустимыми.

3.5. Произвести распределение угловых невязок уравниваемых полигонов:

– составить и решить систему нормальных уравнений по схеме Гаусса;

– вычислить вероятные поправки к углам;

– произвести контроль правильности распределения угловых невязок в полигонах;

– вычислить исправленные углы.

3.6. Вычислить дирекционные углы всех сторон уравниваемых полигонов.

3.7. Вычислить приращения координат и невязки приращений координат в полигонах.

3.8. Вычислить относительные линейные невязки в полигонах и сравнить их с допустимыми по «Инструкции…» [1].

3.9. Произвести распределение невязок приращений координат полигонов по осям абсцисс и ординат:

– составить и решить системы нормальных уравнений отдельно для невязок по осям абсцисс и ординат;

– определить вероятнейшие поправки к вычисленным приращениям координат;

– произвести контроль правильности распределения невязок приращений координат;

– вычислить исправленные приращения координат;

– вычислить координаты вершин хода.

3.10. Определить средние квадратические погрешности измерения угла и приращений координат в сети полигонов по результатам уравнивания.

4. Оформление работы.

Графическая часть работы состоит из схемы уравниваемых полигонов и плана положения пунктов полигонов, выполненного в масштабе 1:2000.

Расчеты дирекционных углов и координат полигонометрических ходов произвести в типовом журнале в соответствии с общепринятыми обозначениями (исходные дирекционные углы, координаты, поправки – красным цветом).

Результаты расчета погрешностей приращений координат привести в табличной форме.

5. Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы № 4.

1. Цель уравнивания подземной полигонометрии.

2. Пояснить процесс уравнивания одиночных теодолитных ходов.

3. Что такое геометрическое условие, уравнение невязок, условные уравнения?

4. Поясните суть раздельного уравнивания.

5. Правило составления нормальных уравнений при распределении угловых невязок.

6. Правило составления нормальных уравнений при распределении невязок в приращения координат.

7. Правило определения поправок к горизонтальным углам полигонов (расположенных на внешних участках, для внутренних узловых пунктов, для внешних узловых пунктов).

7. Правило определения поправок к приращениям координат полигонов (для внешних сторон, для внутренних сторон).

8. Поясните на примере результат уравнивания плановой (высотной) сети полигонометрических ходов.

9. Составить систему нормальных уравнений для распределения угловых невязок (по схеме на рис. 1) для двух (четырех) замкнутых полигонометрических ходов.

10. Как выполняется оценка точности угловых и линейных измерений по результатам уравнивания?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Маркшейдерская энциклопедия / гл. ред. Л. А. Пучков. – М.: Изд-во «Мир горной книги», 2006. – 605 с. http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=79276

2. Попов В. Н. Комментарии к инструкции по производству маркшейдерских работ: учеб. пособие / В. Н. Попов, В. Н. Сученко, С. В. Бойко. – Москва: МГГУ, 2007. – 272 с. http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=79290&razdel=257

3. Бахаева, С. П. Маркшейдерские работы при открытой разработке полезных ископаемых : учеб. пособие / Кузбасс. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2010. – 171 с.

Дополнительная литература

4. Маркшейдерия: учебник для вузов / под ред. М. Е. Певзнера, В. Н. Попова. – М.: Изд-во МГГУ, 2003. – 419 с. http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=99342&razdel=257

5. Маркшейдерское дело. Ч. 2 / И. Н. Ушаков [и др.]. – М.: Недра, 1989. – 437 с.

6. Маркшейдерское дело / Д. Н. Оглоблин [и др.]. – М.: Недра, 1981. – 704 с.

7. Акулов, В. И. Расчет маркшейдерских съемок при гироскопическом ориентировании шахт / Кузбас. политехн. ин-т. – Кемерово, 1972. – 474 с.

8. Справочник по маркшейдерскому делу / под общ. ред. А. Н. Омельченко. – М.: Недра, 1979. – 576 с.

9. Жариков, Е. Д. Новые технологии ведения подземных маркшейдерских работ / Е. Д. Жариков [и др.]. – М. : Недра, 1992. –32 с.

Нормативно-методическая литература

10. Инструкция по производству маркшейдерских работ / Министерство угольной промышленности СССР, ВНИМИ. – М.: Недра, 1987. – 240 с.

11. Методические указания по построению и обработке подземных маркшейдерских опорных сетей. – Л.: ВНИМИ, 1975. – 125 с.

12. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03) / Кол. авт. – М.: ФГУП Государственное предприятие НТЦ по безопасности в промышленности ГГТН России, 2004. – 120 с.

Приложение 1

Исходные данные к лабораторной работе № 1

Таблица П1.1

Количество полигонометрических ходов и длин сторон в выборке

Вариант	Количество случайных чисел *N*	Вариант	Количество случайных чисел *N*
1	55	16	67
2	53	17	63
3	59	18	76
4	50	19	64
5	58	20	51
6	56	21	62
7	52	22	61
8	46	23	68
9	54	24	60
10	66	25	54
11	57	26	72
12	71	27	73
13	69	28	77
14	65	29	75
15	70	30	74

Правила выборки случайных чисел

Для формирования выборки случайных чисел использовать пакет анализа статистических данных Excel. Для этого в меню **Сервис выбрать** команду **Анализ данных** и инструмент **Генерация случайных чисел**. Заполнить в инструменте **Генерация случайных чисел** элементы информации: число переменных – 1; число случайных чисел – ***N***; распределение – равномерное; между – 1 и 356; выходной интервал – А1. Полученные значения случайных чисел округлить до целых значений и ранжировать.

По выбранным случайным числам из соответствующей совокупности всех наблюдений из табл. П1.2 выписать результаты угловых, а из табл. П1.3) – линейных измерений. При этом номер измерения соответствует случайному числу.

Таблица П1.2

Основные параметры полигонометрических ходов шахт Кузбасса

Номер полигона	Число сторон n	Угловая невязка f_β, с	Номер полигона	Число сторон n	Угловая невязка f_β, с	Номер полигона	Число сторон n	Угловая невязка f_β, с
1	15	53	20	12	50	39	13	87
2	7	29	21	24	211	40	9	31
3	7	27	22	13	18	41	7	8
4	18	178	23	43	77	42	7	12
5	8	20	24	22	32	43	12	15
6	23	243	25	16	46	44	31	162
7	16	145	26	13	35	45	18	33
8	9	41	27	22	46	46	11	38
9	38	163	28	12	88	47	21	22
10	6	51	29	10	33	48	33	79
11	17	120	30	38	165	49	20	21
12	17	130	31	11	56	50	32	23
13	5	61	32	11	39	51	40	43
14	21	45	33	8	78	52	19	11
15	13	101	34	21	61	53	18	28
16	13	15	35	19	27	54	22	22
17	10	46	36	13	73	55	11	38
18	12	108	37	13	29	56	14	32
19	27	176	38	16	46	57	19	55

Продолжение табл. П1.2

Номер полигона	Число сторон n	Угловая невязка f_β, с	Номер полигона	Число сторон n	Угловая невязка f_β, с	Номер полигона	Число сторон n	Угловая невязка f_β, с
58	9	72	78	16	129	98	26	70
59	53	21	79	14	133	99	15	23
60	35	181	80	6	29	100	14	67
61	37	193	81	11	21	101	22	108
62	24	26	82	13	25	102	38	124
63	20	145	83	18	36	103	22	73
64	16	19	84	26	71	104	30	126
65	42	230	85	19	142	105	30	224
66	40	32	86	16	55	106	32	117
67	20	60	87	11	62	107	15	138
68	35	259	88	44	95	108	14	78
69	19	35	89	8	104	109	12	30
70	33	14	90	16	52	110	8	20
71	11	26	91	18	106	111	9	22
72	14	109	92	17	4	112	34	24
73	11	68	93	12	34	113	13	75
74	8	3	94	7	20	114	15	59
75	8	17	95	14	53	115	32	130
76	28	4	96	22	38	116	16	80
77	13	1	97	54	61	117	10	30

Продолжение табл. П1.2

Номер полигона	Число сторон n	Угловая невязка f_β, с	Номер полигона	Число сторон n	Угловая невязка f_β, с	Номер полигона	Число сторон n	Угловая невязка f_β, с
118	26	17	138	58	238	158	12	38
119	32	49	139	22	12	159	11	33
120	24	80	140	26	99	160	28	64
121	19	26	441	18	53	161	18	166
122	6	26	142	29	7	162	35	123
123	15	87	143	15	38	163	18	75
124	36	296	144	16	106	164	21	139
125	24	46	145	10	21	165	30	39
126	18	40	146	33	132	166	25	194
127	15	128	147	34	213	167	23	51
128	10	105	148	35	26	168	11	20
129	32	150	149	18	40	169	22	49
130	28	97	150	25	175	170	14	112
131	87	23	151	13	15	171	24	150
132	56	131	152	14	90	172	24	71
133	32	45	153	21	133	173	24	349
134	37	133	154	24	26	174	23	160
135	10	81	155	18	170	175	24	37
135	26	113	156	24	55	176	23	25
137	18	14	157	26	31	177	24	68

Продолжение табл. П1.2

Номер полигона	Число сторон n	Угловая невязка f_β, с	Номер полигона	Число сторон n	Угловая невязка f_β, с	Номер полигона	Число сторон n	Угловая невязка f_β, с
178	39	141	198	31	116	218	30	196
179	12	119	199	44	170	219	23	243
180	50	63	200	12	103	220	25	203
181	49	135	201	7	54	221	48	168
182	10	28	202	7	11	222	26	23
183	23	120	203	12	24	223	25	36
184	22	139	204	25	37	224	12	72
185	13	13	205	7	24	225	10	126
186	7	60	206	15	40	226	28	72
187	16	49	207	11	74	227	17	24
188	30	10	208	14	38	228	9	91
189	32	100	209	11	16	229	13	44
190	33	212	210	8	15	230	32	133
191	9	60	211	15	86	231	26	156
192	11	33	212	24	99	232	16	125
193	17	73	213	10	71	233	9	88
194	16	93	214	6	41	234	17	165
195	34	18	215	13	78	235	14	98
196	40	228	216	17	97	236	12	150
197	24	42	217	38	241	237	22	182

Продолжение табл. П1.2

Номер полигона	Число сторон n	Угловая невязка f_β, с	Номер полигона	Число сторон n	Угловая невязка f_β, с	Номер полигона	Число сторон n	Угловая невязка f_β, с
238	10	89	258	24	78	278	36	91
239	21	38	259	11	69	279	20	72
240	38	178	260	27	108	280	12	151
241	41	125	261	33	219	281	16	188
242	21	210	262	27	49	282	24	158
243	27	23	263	27	118	283	34	64
244	14	52	264	22	71	284	9	11
245	27	122	265	38	53	285	11	17
246	25	122	266	14	132	286	23	11
247	27	52	267	19	86	287	27	30
248	7	30	268	29	120	288	14	94
249	33	19	269	11	56	289	19	34
250	15	45	270	23	130	290	13	16
251	23	33	271	25	132	291	14	101
252	34	18	272	13	26	292	19	182
253	16	56	273	20	187	293	16	31
254	23	60	274	13	31	294	23	24
255	18	30	275	25	32	295	19	20
256	26	23	276	34	132	296	27	57
257	29	90	277	37	66	297	16	36

Продолжение табл. П1.2

Номер полигона	Число сторон n	Угловая невязка f_β, с	Номер полигона	Число сторон n	Угловая невязка f_β, с	Номер полигона	Число сторон n	Угловая невязка f_β, с
298	13	60	318	31	194	338	14	11
299	22	10	319	20	209	339	19	16
300	21	50	320	11	136	340	17	115
301	16	16	321	28	87	341	100	348
302	10	45	322	10	53	342	75	365
303	22	52	323	13	43	343	34	63
304	16	31	324	24	61	344	44	234
305	24	120	325	49	233	345	34	68
306	20	14	326	10	135	346	38	72
307	16	135	327	20	29	347	57	31
308	32	147	328	6	21	348	23	114
309	20	68	329	14	140	349	14	101
310	46	75	330	48	79	350	55	130
311	15	18	331	22	10	351	40	178
312	48	94	332	18	49	352	11	29
313	52	116	333	21	93	353	37	36
314	84	99	334	25	21	354	14	34
315	10	22	335	26	236	355	14	75
316	37	39	336	21	67	356	15	41
317	53	16	337	13	40	357	30	228

Таблица П1.3

Результаты двойных независимых измерений длин сторон в подземных полигонометрических ходах шахт Кузбасса

№ пп	Длина, м		№ пп	Длина, м		№ пп	Длина, м	
	прямо	обратно		прямо	обратно		прямо	обратно
1	41,630	41,620	34	41,631	41,643	67	43,703	43,697
2	43,652	43,641	35	35,373	35,365	68	60,667	60,661
3	23,882	23,887	36	19,285	19,286	69	36,211	36,209
4	26,792	26,794	37	30,537	30,54	70	18,216	18,218
5	19,559	19,558	38	29,762	29,768	71	23,219	23,221
6	23,144	23,143	39	18,964	18,963	72	18,001	18,005
7	27,440	27,448	40	17,543	17,544	73	44,033	44,026
8	37,069	37,071	41	23,415	23,418	74	87,708	87,717
9	29,202	29,190	42	26,458	26,454	75	30,025	30,021
10	37,524	27,505	43	38,180	38,17	76	54,146	54,144
11	24,830	24,837	44	26,902	26,904	77	35,180	35,179
12	33,202	33,197	45	21,980	21,927	78	37,391	37,387
13	18,957	18,952	46	19,722	19,717	79	33,351	33,35
14	19,506	19,508	47	43,700	43,703	80	29,716	29,719
15	20,467	20,468	48	60,662	60,665	81	56,914	56,912
16	40,693	40,697	49	43,437	43,441	82	38,885	38,883
17	26,216	26,218	50	18,073	18,073	83	25,608	25,602
18	42,582	42,570	51	36,318	36,31	84	36,126	36,129
19	31,498	31,489	52	34,541	34,542	85	38,369	38,373
20	24,078	24,072	53	46,812	46,812	86	28,770	28,774
21	22,45	22,454	54	54,963	54,961	87	29,301	29,304
22	36,514	36,507	55	67,427	67,429	88	43,155	43,161
23	21,787	21,788	56	34,566	34,555	89	35,487	25,486
24	24,998	24,995	57	50,123	50,124	90	30,484	30,488
25	37,45	37,339	58	38,685	38,685	91	27,501	27,500
26	27,47	27,468	59	30,423	30,42	92	37,659	37,662
27	34,08	34,09	60	39,405	39,405	93	53,440	53,438
28	46,811	46,802	61	42,249	42,242	94	98,962	98,972
29	29,042	29,046	62	42,058	42,055	95	101,255	101,239
30	31,707	31,717	63	44,465	44,457	96	49,463	49,467
31	38,14	38,149	64	37,249	37,252	97	19,991	19,991
32	27,586	27,577	65	23,320	23,318	98	37,659	37,661
33	35,443	35,453	66	19,717	19,722	99	27,499	27,501

Продолжение табл. П1.3

№ пп	Длина, м		№ пп	Длина, м		№ пп	Длина, м	
	прямо	обратно		прямо	обратно		прямо	обратно
100	41,341	41,344	135	25,608	25,602	170	23,555	23,554
101	55,179	55,148	136	26,126	26,129	171	21,138	21,138
102	45,701	45,698	137	38,369	38,373	172	22,956	22,95
103	47,220	47,218	138	28,77	28,776	173	80,669	80,672
104	25,053	25,054	139	29,301	29,306	174	40,256	40,252
105	82,382	82,385	140	117,6	117,575	175	35,18	35,179
106	25,955	25,954	141	29,998	29,993	176	22,562	22,562
107	83,209	83,210	142	38,32	38,329	177	34,58	34,89
108	78,762	78,708	143	94,002	94,017	178	37,391	37,387
109	41,331	41,339	144	170,837	170,851	179	33,351	33,359
110	35,978	35,989	145	25,232	25,233	180	25,494	25,478
111	21,178	21,178	146	30,794	30,796	181	35,58	35,581
112	29,609	29,605	147	25,232	25,236	182	70,62	70,609
113	52,152	52,165	148	39,436	39,432	183	38,023	38,018
114	35,659	35,650	149	56,632	56,636	184	44,385	44,38
115	27,990	27,999	150	73,97	73,99	185	27,75	27,769
116	57,408	57,403	151	64,186	64,183	186	31,692	31,689
117	74,383	74,388	152	84,14	84,141	187	33,95	33,947
118	29,965	29,968	153	107,14	107,132	188	48,445	48,439
119	64,379	64,37	154	116,491	116,481	189	41,368	41,351
120	64,852	64,853	155	112,371	112,358	190	94,509	94,522
121	21,432	21,434	156	65,248	65,233	191	75,497	75,505
122	63,208	63,218	157	26,757	26,755	192	34,771	34,768
123	109,96	109,967	158	29,159	29,158	193	60,421	60,410
124	74,253	74,257	159	42,115	42,106	194	33,391	33,403
125	45,864	45,866	160	24,694	24,698	195	34,863	34,857
126	37,094	37,093	161	21,18	21,181	196	49,575	49,585
127	19,552	19,551	162	52,132	52,137	197	39,877	39,898
128	38,132	38,138	163	35,66	35,67	198	28,562	28,566
129	46,71	46,71	164	55,731	55,724	199	20,230	20,231
130	83,735	83,746	165	41,099	41,096	200	28,501	28,506
131	75,39	75,371	166	62,205	62,204	201	41,68	41,689
132	29,716	29,717	167	16,476	16,479	202	38,212	38,216
133	56,914	56,912	168	22,068	22,066	203	24,282	24,28
134	38,885	38,883	169	26,985	26,984	204	23,605	23,6

Продолжение табл. П1.3

№ пп	Длина, м		№ пп	Длина, м		№ пп	Длина, м	
	прямо	обратно		прямо	обратно		прямо	обратно
205	102,337	102,329	240	59,81	59,81	275	45,432	45,443
206	20,325	20,322	241	28,301	28,296	276	56,343	56,338
207	34,495	34,498	242	28,158	28,156	277	50,682	50,688
208	22,49	22,491	243	55,435	55,425	278	34,098	34,104
209	23,86	23,86	244	91,325	91,321	279	37,558	37,554
210	84,394	84,404	245	28,156	28,152	280	29,14	29,148
211	42,462	42,464	246	21,905	21,901	281	22,947	22,947
212	35,999	36,003	247	48,234	48,241	282	86,879	86,864
213	57,387	57,382	248	58,922	58,93	283	45,512	45,514
214	42,952	42,95	249	48,334	48,339	284	45,804	45,807
215	37,409	37,406	250	34,038	34,034	285	34,429	34,42
216	41,311	41,304	251	70,285	70,288	286	45,671	45,66
217	27,609	27,604	252	27,274	27,265	287	57,155	57,165
218	34,556	34,55	253	24,720	24,716	288	61,478	61,498
219	59,731	59,724	254	42,155	42,147	289	20,005	20,009
220	41,096	41,099	255	53,269	53,275	290	60,11	60,1
221	34,521	34,528	256	35,829	35,811	291	30,865	30,888
222	24,526	24,515	257	48,863	48,870	292	21,254	21,255
223	29,165	29,15	258	65,970	65,988	293	92,683	92,698
224	27,94	27,936	259	46,520	46,510	294	21,04	21,036
225	28,02	28,018	260	34,271	34,265	295	38,47	38,476
226	43,858	43,848	261	44,119	44,114	296	60,776	60,766
227	39,534	39,539	262	56,983	56,970	297	53,683	53,693
228	25,329	25,313	263	27,559	27,568	298	41,019	41,01
229	28,192	28,188	264	58,337	58,349	299	49,732	49,732
230	37,81	37,807	265	48,31	48,319	300	52,746	52,756
231	46,16	46,16	266	46,66	46,669	301	37,615	37,639
232	43,195	43,193	267	38,176	38,164	302	46,496	46,505
233	44,152	44,145	268	51,342	51,336	303	28,362	28,365
234	30,94	30,92	269	16,335	16,336	304	20,806	20,805
235	44,01	44,008	270	22,131	22,13	305	34,412	34,419
236	23,364	23,258	271	24,233	24,231	306	25,521	25,521
237	49,304	49,292	272	76,522	76,521	307	63,281	63,278
238	54,186	54,177	273	133,532	133,569	308	36,480	36,488
239	42,266	42,265	274	46,989	46,978	309	45,870	45,865

Продолжение табл. П1.3

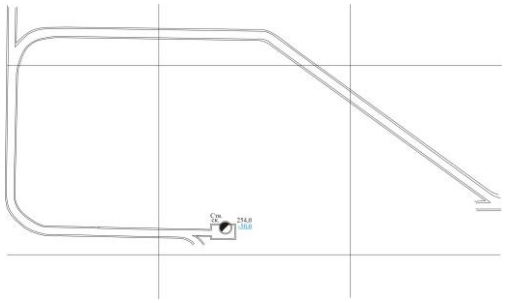
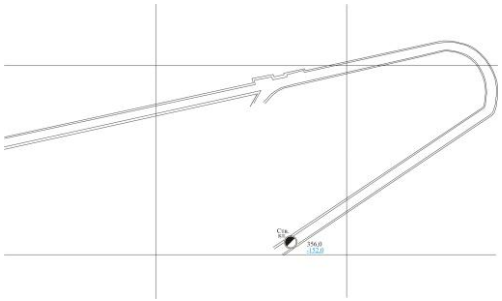
№ пп	Длина, м		№ пп	Длина, м		№ пп	Длина, м	
	прямо	обратно		прямо	обратно		прямо	обратно
310	32,884	32,873	327	20,402	20,399	344	34,501	34,494
311	32,147	32,150	328	36,13	36,137	345	44,338	44,339
312	52,759	52,771	329	36,551	36,554	346	53,841	53,834
313	28,144	28,144	330	22,668	22,666	347	44,462	44,465
314	56,942	56,938	331	55,408	55,393	348	39,217	39,216
315	59,496	59,496	332	62,655	62,637	349	33,343	33,346
316	47,740	47,730	333	45,43	45,424	350	52,877	52,875
317	39,621	39,614	334	24,398	24,396	351	32,777	32,776
318	32,577	32,569	335	45,012	45,001	352	51,657	51,657
319	39,445	39,444	336	29,775	29,791	353	43,196	43,19
320	21,076	21,071	337	32,612	32,61	354	43,747	43,736
321	29,304	29,305	338	56,116	56,128	355	50,877	50,879
322	44,979	44,98	339	55,32	55,31	356	36,678	36,682
323	29,176	29,17	340	21,49	21,485	357	46,256	46,237
324	49,938	49,93	341	25,387	25,385	358	28,221	28,213
325	52,683	52,67	342	45,212	45,204	359	21,348	21,342
326	61,146	61,125	343	37,834	37,837	360	52,413	52,407

Приложение 2

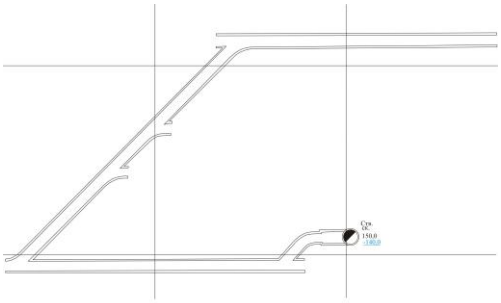
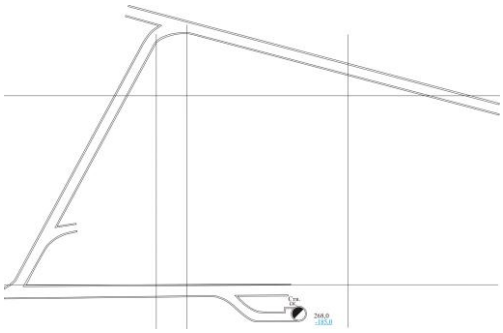
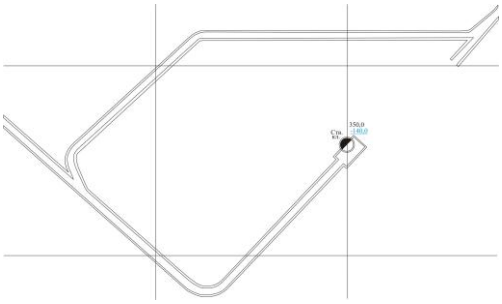
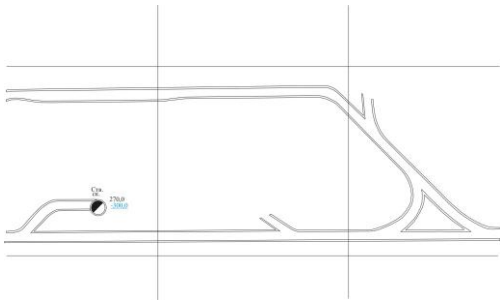
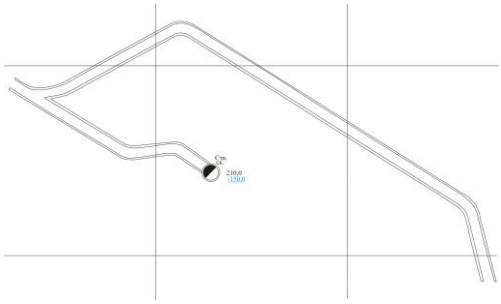
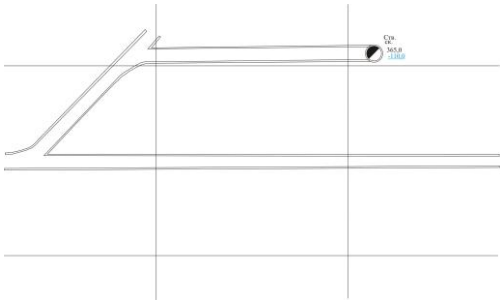
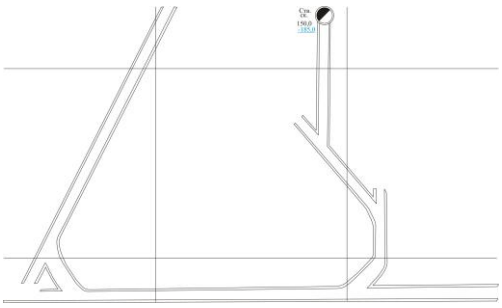
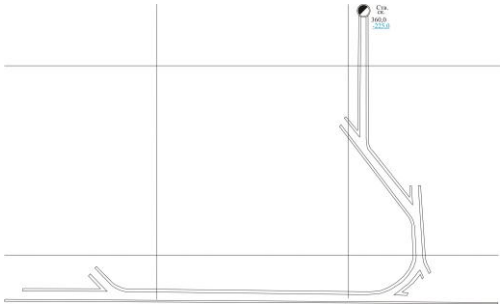
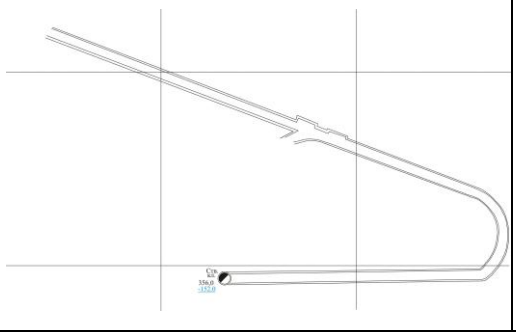
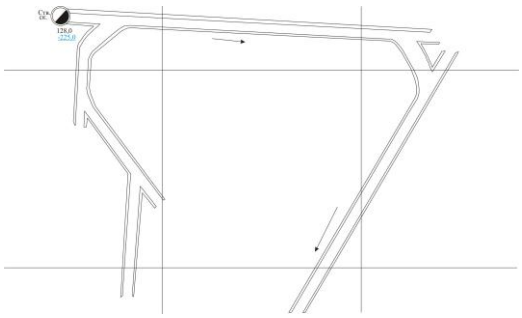
Исходные данные к лабораторной работе № 2

Таблица П2.1

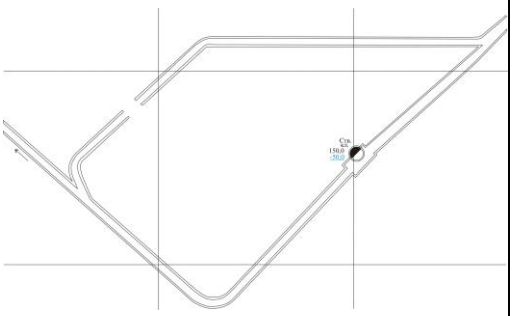
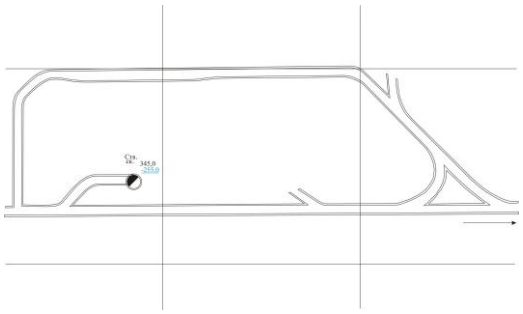
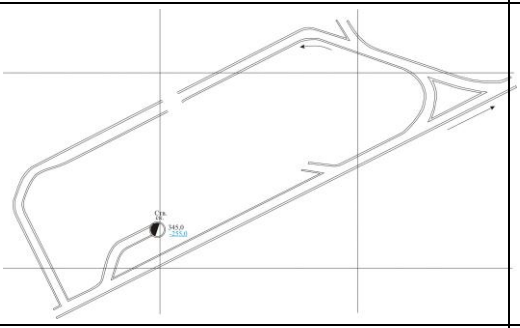
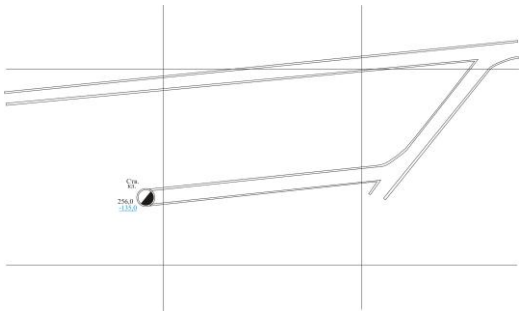
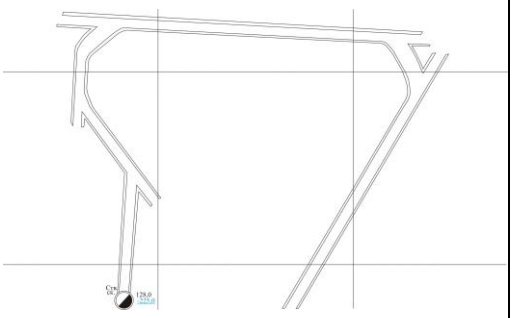
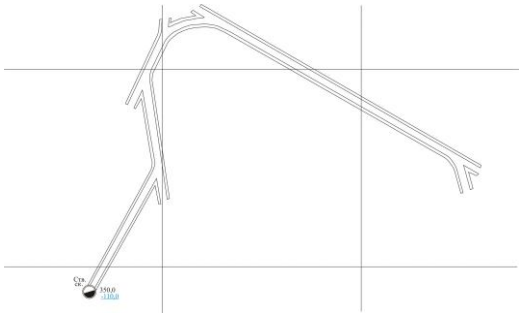
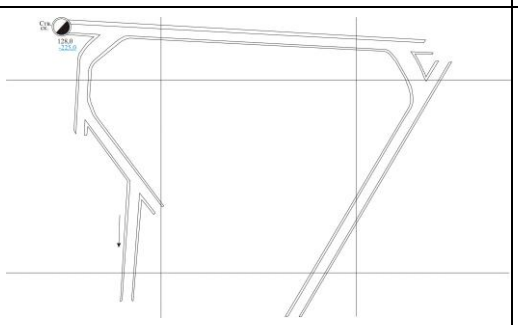
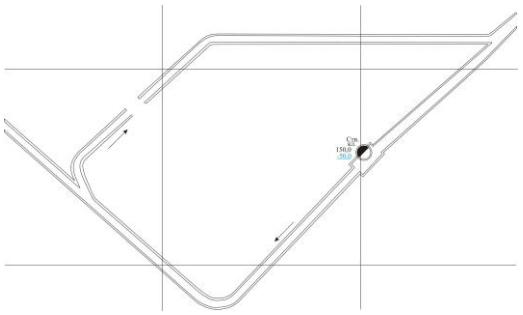
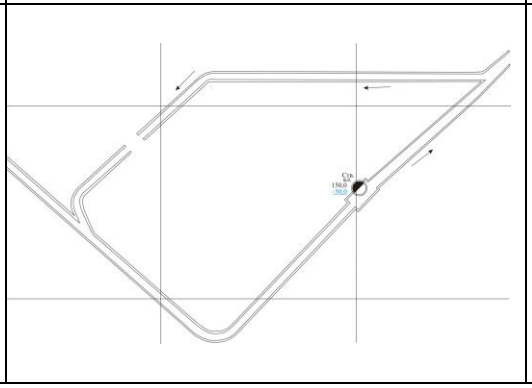
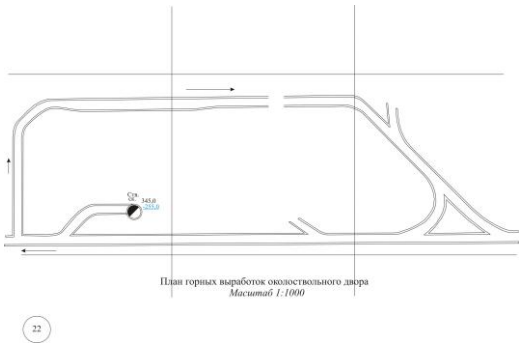
Схемы горных выработок околоствольного двора
Масштаб 1:1000

Схема к варианту		Схема к варианту	
1		2	

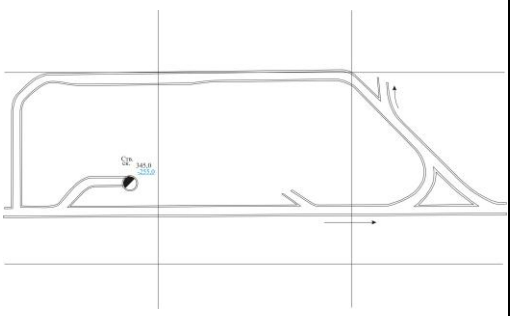
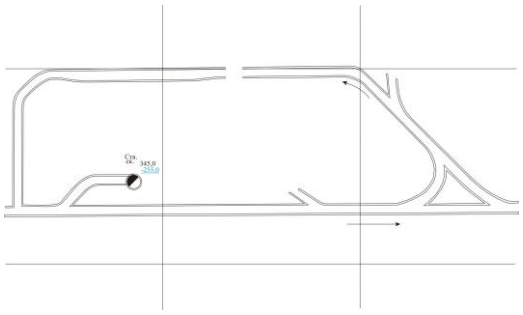
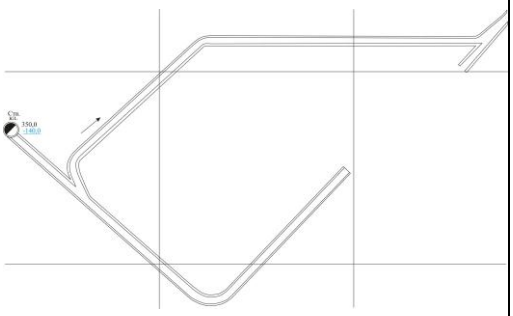
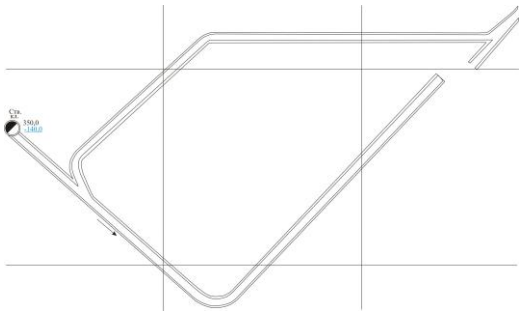
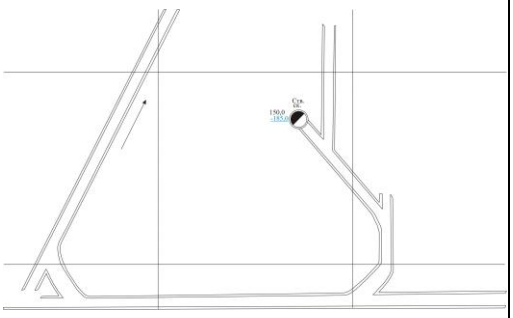
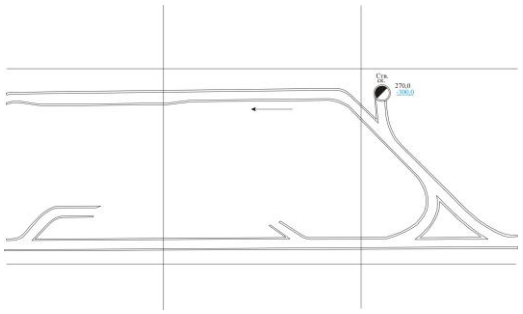
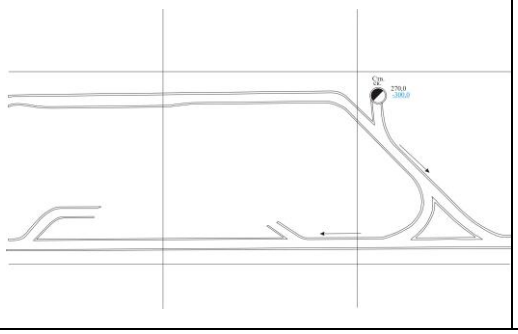
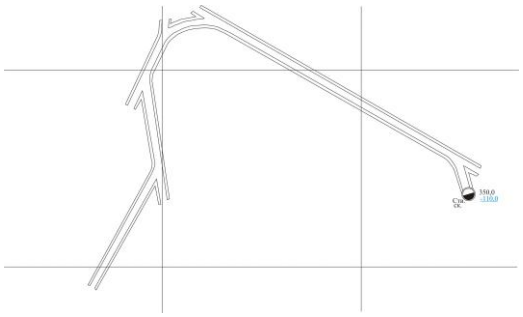
Продолжение табл. П2.1

Схема к варианту		Схема к варианту	
3		4	
5		6	
7		8	
9		10	
11		12	

Продолжение табл. П2.1

Схема к варианту		Схема к варианту	
13		14	
15		16	
17		18	
19		20	
21		22	

Продолжение табл. П2.1

Схема к варианту		Схема к варианту	
23		24	
25		26	
27		28	
29		30	

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…… 2
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Анализ точности угловых и линейных измерений по результатам производственных съемок……... 5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Определение погрешностей положения конечного пункта свободного полигона в плане и по высоте …… 8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Определение погрешности положения конечного пункта полигонометрического хода, многократно ориентированного гироскопическим способом ……. 11
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Уравнивание сети подземных полигонометрических ходов по способу полигонов…….. 13
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……... 21
Приложение 1. Исходные данные к лабораторной работе № 1 22
Приложение 2. Исходные данные к лабораторной работе № 2 32