

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

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Методические указания к лабораторным работам
для студентов специальности 130400.65 «Горное дело»
специализации 130404.65 «Маркшейдерское дело»
очной формы обучения

Составители Т. Б. Рогова
С. П. Бахаева
Т. В. Михайлова

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 2 от 22.09.2014
Рекомендованы к печати
учебно-методической комиссией
специализации 130404.65
Протокол № 1 от 23.09.2014
Электронная копия хранится
в библиотеке КузГТУ

КЕМЕРОВО 2014

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Математическая обработка результатов измерений» составлены на основании требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования и с учетом рекомендаций Примерной основной образовательной программы по направлению подготовки специалистов 130400.65 «Горное дело» специализации 130404.65 «Маркшейдерское дело». Дисциплина изучается в 6 семестре.

Целью освоения дисциплины «Математическая обработка результатов измерений» является формирование у студентов представлений о будущей профессии, связанной с измерениями, получение базовых знаний об основных принципах обработки геодезической, маркшейдерской, геологической и горно-геометрической информации.

Задачами дисциплины являются:

- обработка и интерпретация результатов геодезических, маркшейдерских, геологических, горно-геометрических измерений;
- анализ выполняемых измерений и оценка возможности повышения эффективности производства измерительных работ;
- обоснование параметров и допусков измерений и выполнение предрасчетов точности маркшейдерских сетей;
- оценка достоверности измерений с использованием современных методов и средств анализа информации.

В соответствии с программой дисциплины предусматривается выполнение девяти лабораторных работ:

Освоение дисциплины направлено на формирование профессиональной компетенции **ПК-13** – обрабатывать и интерпретировать результаты геодезических и маркшейдерских измерений.

В результате изучения дисциплины студент должен **знать** законы появления и накопления погрешностей измерений, правила оценки и расчеты необходимой точности измерений, методы и способы вычислений, позволяющие получать наилучшие окончательные результаты, методы анализа статистических данных.

В результате усвоения дисциплины студент должен **уметь** определять величину погрешности измерений, устанавливать необходимую и достаточную точность измерений для решения практических задач, выбирать методы и средства измерений для определения оптимальных результатов, обосновывать подходящие критерии (допуски) погрешностей измерений, выполнять математическую обработку данных в программе Excel.

В результате усвоения дисциплины студент должен **владеть** навыками обработки результатов измерений с оценкой точности, навыками уравнивательной обработки прямых и косвенных измерений.

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. Райского Петра Ивановича, выполненные на кафедре маркшейдерского дела за период 1955–2007 гг., и доцента, к.т.н. Бахатовой Светланы Петровны в 1996–1998 гг.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Исследование свойств случайных погрешностей измерений по невязкам в треугольниках

1. Цели работы

- 1.1. Знакомство с мерами точности результатов измерений.
- 1.2. Исследование свойств случайных погрешностей измерений.

2. Исходные данные

- 2.1. Количество треугольников в выборке (прил. 1, табл. П.1.1).
- 2.2. Таблица случайных чисел для выбора номеров треугольников (прил. 1, табл. П.1.2).
- 2.3. Угловые невязки в треугольниках триангуляционной сети 2 класса (прил. 1, табл. П.1.3).

3. Содержание работы

- 3.1. В соответствии с назначенным вариантом из табл. П.1.1 определить количество случайных чисел (N – количество треугольников в триангуляционной сети 2 класса).
- 3.2. Из табл. П.1.2 произвести выбор номеров треугольников, а из табл. П.1.3 – угловых невязок треугольников¹.
- 3.3. Определить среднюю квадратическую, среднюю арифметическую и вероятную погрешности измеренной суммы углов треугольника².
- 3.4. Вычислить, исходя из средней квадратической погрешности, среднюю арифметическую и вероятную погрешности измеренной суммы углов треугольника, сравнить их со значениями, найденными в пункте 3.3.
- 3.5. Установить, относится ли заданный ряд угловых невязок треугольников к ряду случайных погрешностей, проверив их свойства.

¹ Исходные данные внести в электронные таблицы Excel в виде столбцов: столбец А – номер треугольника (А1:АН), столбец В – невязка треугольника (В1:ВН).

² Все вычисления оформлять в электронных таблицах Excel: предусмотреть для этого столбцы: С – квадрат невязки треугольника, столбец D – абсолютное значения невязки, столбец E – упорядоченный ряд невязок по абсолютной величине.

3.6. Определить погрешность измерения отдельного угла в треугольнике.

4. Оформление работы.

Результаты расчетов оформить таблицей (табл. 1).

Таблица 1

Результаты обработки угловых невязок треугольников

№ пп	Номер треуголь- ника	Невязка треугольника $\delta_i, \text{с}$	Квадрат невязки $\delta_i^2, \text{с}^2$	Абсолютное значение не- вязки $ \delta_i , \text{с}$	Упорядоченные невязки $ \delta_i , \text{с}$
1					
2					
<i>N</i>					
		Σ	Σ	Σ	Σ
			<i>m</i>	θ	<i>r</i>

5. Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы № 1

1. Что называется измерением и результатом измерения?
2. Что понимается под погрешностью измерения?
3. Почему требуется обеспечение необходимой и достаточной точности, измерений?
4. Что понимают под терминами:
 - измеренные и вычисленные значения;
 - однородные и неоднородные измеряемые величины;
 - необходимые и избыточные измерения;
 - равноточные и неравноточные измерения;
 - зависимые и независимые измерения?
5. Какую роль играют избыточные измерения?
6. Назовите условия, от состояния которых в основном зависит точность измерений.
7. Перечислите виды погрешностей измерений и дайте краткое определение каждого вида.
8. Назовите основные причины появления грубых промахов и способы их обнаружения.
9. Дайте краткий обзор способов исключения систематических погрешностей.

10. Что понимают под случайными погрешностями измерений? В чем причина «неизбежности» их появления?

11. Что является мерой точности измерения?

12. Как определяется вероятная погрешность для ряда измерений с четным и нечетным их количеством?

13. Средняя квадратическая погрешность измерения и ее преимущества перед другими мерами точности измерений.

14. Дать пояснения к свойствам случайных погрешностей.

15. Как подтвердить выполнение свойства случайных погрешностей, в котором говорится о том, что с уменьшением абсолютных значений погрешностей возрастает частота их появления?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Проверка соответствия фактического распределения случайных погрешностей нормальному закону

1. Цель работы

Проверка соответствия фактического распределения невязок в треугольниках нормальному закону.

2. Исходные данные

Угловые невязки в треугольниках триангуляционной сети 2 класса (лабораторная работа № 1).

3. Содержание работы

3.1. Представить ряд невязок треугольников в виде интервального ряда:

- определить шаг интервала;
- вариационный ряд невязок разбить на равные интервалы³;
- для каждого интервала найти фактическую частоту (n_i – число случайных величин, попавших внутрь соответствующего интервала)⁴;

³ Шаг интервала и его границы округлить до десятых долей секунды и оформить в виде отдельного столбца **Интервал карманов (F2:F?)**, указывая в нем только правую границу интервалов.

⁴ Для расчета фактических частот использовать пакет анализа статистических данных Excel. Для этого в меню **Сервис выбрать** команду **Анализ данных** и инструмент **Гистограмма**. Заполнить в инструменте **Гистограмма** три элемента информации: входной интервал – $B\$1:B\N ; интервал карманов – $F\$2:F\$?$; выходной интервал – G1.

– для каждого интервала найти нормированную правую границу интервалов (t_i);

– определить фактические (p_f) и теоретические (p_t)⁵ вероятности попадания невязок треугольников в принятые интервалы.

3.2. Построить фактическую и теоретическую кривые распределения невязок треугольников⁶.

3.3. Вычислить критерии согласия Пирсона и Колмагорова и дать заключение о соответствии распределения невязок треугольников нормальному закону.

3.4. Вычислить асимметрию и эксцесс кривой фактического распределения невязок. Определить допустимые значения асимметрии и эксцесса и сравнить с вычисленными значениями.

3.5. Построить кумуляту по фактическим накопленным частотам невязок треугольников⁷.

3.6. Определить фактическую вероятность того, что случайная невязка треугольника не превзойдет по абсолютному значению удвоенной средней квадратической погрешности измеренной суммы углов в треугольнике и сравнить с теоретической.

4. Оформление работы

Результаты расчетов представить в таблицах (таблицы 2–5).

Фактическую и теоретическую кривые распределения невязок треугольников представить на одном графике. Графики должны иметь размер не менее формата А5, горизонтальная и вертикальная оси должны быть оцифрованы.

⁵ Теоретические вероятности (накопленные) определить, используя **Мастер функций** и функцию **НОРМРАСП** в категории **Полный алфавитный перечень** или **Статистические**. Заполнить для одного интервала аргументы функции: в графе **X** – нормированная граница интервала; в графе **Среднее** – 0; в графе **Стандартное отклонение** – среднюю квадратическую погрешность (рассчитанную в пункте 3.3 лабораторной работы № 1); в графе **Интегральная – ИСТИНА**.

⁶ Для построения кривых использовать Мастер диаграмм электронных таблиц Excel. Каждую кривую строят по столбцам **Середина интервала** и **Частость** (для первой кривой частость фактическая, для второй – теоретическая). Тип диаграммы – **Точечная**, вид – плавное соединение точек (диаграмма 2 или 3). Построение кривых оформить на отдельном листе.

⁷ Для построения кумуляты использовать столбцы **Карман (правая граница интервала)** и **Накопленная частость**. Построение кумуляты оформить на отдельном листе.

Таблица 2

Результаты обработки угловых невязок треугольников
для построения кривой фактического распределения
(пример для интервала, равного 1,0")

Карман (правая граница интервала), с	Середина интервала, с	Фактическая		
		частота n_{ϕ}	частость p_{ϕ}	накопленная частость P_{ϕ}
-1,5	-2,0			
-0,5	-1,0			
0,5	0			
1,5	1,0			
2,5	2,0			
		Σ	Σ	Σ

Таблица 3

Результаты обработки угловых невязок треугольников
для построения кривой теоретического распределения

Нормированная граница интервала (t)	Середина интервала, с	Теоретическая		
		накопленная частость P_T	частость p_T	частота n_T

Таблица 4

Результаты обработки угловых невязок треугольников
для расчета критерия Колмагорова

Интервал, с	Накопленные вероятности		$D = P_{\phi} - P_T$
	фактические P_{ϕ}	теоретические P_T	

Таблица 5

Результаты обработки угловых невязок треугольников
для расчета критерия Пирсона

Интервал, с	Частоты		$\chi^2 = \frac{(n_{\phi} - n_T)^2}{n_T}$
	фактические n_{ϕ}	теоретические n_T	
			Σ

5. Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы № 2

1. Какому закону распределения подчиняются случайные погрешности измерений?
2. Какие две формы представления погрешностей измерений применяются и сколько значащих цифр необходимо удерживать при написании численных значений погрешностей измерений?
3. Какому закону распределения подчиняются ошибки округления?
4. Как на графике функции плотности распределения вероятностей изображается вероятность попадания случайного значения в некоторый заданный интервал?
5. Чему равна вероятность появления конкретного значения непрерывной случайной величины?
6. Перечислите существующие меры точности результатов измерений.
7. Определите, какой ряд случайных погрешностей точнее:
 - 1) 3; -2; 4; 2; -1; 0; -3; 2; -1;
 - 2) 0; 1; -6; 2; 1; -1; 0; 1; -2?
8. В чем заключаются преимущества средней квадратической погрешности как меры точности измерений?
9. В чем различие между случайной и средней квадратической погрешностями измерения?
10. Как определить точность нового типа прибора или метода?
11. Определите вероятность появления случайной погрешности измерения угла в пределах от $-15''$ до $+15''$, если средняя квадратическая погрешность $m = 10''$. Как это решение изобразится на графике функции нормального распределения?
12. Для условий предыдущего упражнения определите вероятность появления случайной погрешности за пределами интервала $\pm 20''$. Приведите графическую интерпретацию этого условия.
13. Смысл оценки точности при ограниченном числе измерений. С каким распределением такая оценка связана?
14. С какой целью производят статистическую обработку результатов измерений? Какие задачи при этом решаются?
15. Назовите критерии согласия и необходимые параметры для их установления. Для чего они используются?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Определение погрешности заданной функции

1. Цель работы

Определение погрешности функции любого вида.

2. Исходные данные

Исходные данные к задачам представлены в прил. 2, таблицах П.2.1–П.2.6.

3. Содержание работы

Задача 1. Вычислить средние квадратические погрешности дирекционного угла средней и конечной сторон подземного полигонометрического хода, в котором измерено n горизонтальных углов. Углы в ходе измерены равноточно со средней квадратической погрешностью $m_\beta = 20''$. Дирекционный угол исходной стороны считать твердым. Число измеренных углов n принять равным $(N_0 + 5)$, где N_0 – номер варианта.

Задача 2. Полигонометрический ход проложен от исходной стороны, дирекционный угол которой определен с погрешностью $m_\alpha = 45''$. Горизонтальные углы в ходе измерены неравноточно (табл. П.2.1). Найти погрешности дирекционных углов первых семи сторон и составить график зависимости погрешности дирекционных углов от числа измеренных горизонтальных углов.

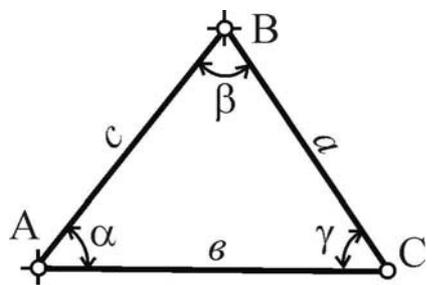


Рис. 1. Схема засечки

Задача 3. Для определения координат точки С способом прямой линейно-угловой засечки (рис. 1) измерены углы α , β и сторона c (табл. П.2.2). Вычислить сторону a (для четных вариантов) или сторону b (для нечетных вариантов) и определить для этой стороны абсолютную и относительную погрешности.

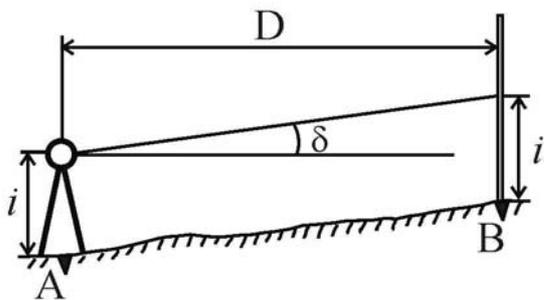


Рис. 2. Схема тригонометрического нивелирования

Задача 4. Между точками А и В измерено горизонтальное проложение D и угол наклона δ со средними квадратическими погрешностями соответственно m_D и m_δ . Вычислить относительную погрешность превышения. Исходные данные в табл. П.2.3.

Задача 5. В треугольнике измерены основание b и высота h со средними квадратическими погрешностями соответственно m_b и m_h (табл. П.2.4). Определить величину и среднюю квадратическую погрешность площади треугольника.

Задача 6. В треугольнике измерены две стороны с погрешностями m_a и m_c . Найти среднюю квадратическую погрешность, которую можно допустить при измерении угла γ , если погрешность функции $\sin \alpha = a \sin \gamma / c$ не должна превышать величины m_α (табл. П.2.5).

Задача 7. Функция $y = F(x, \alpha)$ должна быть известна со средней квадратической погрешностью m_y . С какой точностью нужно измерить аргументы x и α , чтобы удовлетворить этому требованию, если погрешности аргументов оказывают равное влияние на погрешность функции. Исходные данные в табл. П.2.6.

4. Оформление работы

В отчете представляются в печатном или рукописном виде условие каждой задачи и пояснения к ее решению с расшифровкой применяемых формул и, при необходимости, графиков.

5. Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы № 3

1. Формула погрешности функции общего вида.
2. Погрешность алгебраической суммы.
3. Погрешность функции линейного вида.
4. Погрешность произведения непосредственно измеренной величины на постоянную.

5. Приведите характеристики прямой и обратной задач погрешностей измерений. Какая формула используется при решении прямой и обратной задач?

5. При решении какой задачи используется принцип равных влияний? Почему? В чем заключается принцип равного влияния сгруппированных измерений?

6. Запишите погрешность измерения каждой из приведенных ниже функций (z) при измеренных аргументах (x или y):

$$z = xy; z = x/y; z = \lg y; z = x^n; z = b^x; z = x \sin \alpha \quad z = x \cos \alpha; z = x / \operatorname{tg} \delta.$$

7. Относительная погрешность измерения, необходимость ее определения и форма представления.

8. Даны функции $z_1 = x + y$ и $z_2 = x - y$, где x и y – результаты измерений с погрешностями соответственно m_x и m_y . Какая из величин z_1 или z_2 измерена точнее и почему?

9. Написать формулы абсолютной и относительной погрешностей площади квадрата, если погрешность измерения его стороны a составляет m_a .

10. С какой точностью следует измерять горизонтальные углы в разомкнутом теодолитном ходе из пяти сторон, чтобы погрешность ориентирования последней стороны хода не превысила $1'$? Первую сторону хода считать «твердой».

Кроме ответов на перечисленные вопросы, студент должен изложить (в форме индивидуальной устной защиты) принятую им последовательность и содержание действий по решению каждой входящей в работу задачи.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Определение веса заданной функции

1. Цель работы

Определение весов прямых и косвенных измерений.

2. Исходные данные

Исходные данные к задачам представлены в прил. 3, таблицах П.3.1–П.3.3.

3. Содержание работы

Задача 1. В вытянутом равностороннем подземном полигоне углы и стороны измерены со средними квадратическими погрешностями, указанными в табл. П.3.1. Определить, в каком соотношении по весам будут находиться измеренные величины, если принять за единицу вес первого угла? Вес второй стороны?

Задача 2. В треугольнике измерены неравноточно два угла, веса которых и средняя квадратическая погрешность единицы веса μ заданы в табл. П.3.2. Определить вес третьего угла и средние квадратические погрешности всех углов треугольника. Выполнить контроль вычислений.

Задача 3. Определить вес вычисленной длины стороны a (для четных вариантов) или стороны b (для нечетных вариантов) треугольника (табл. П.2.2), принимая вес измеренного угла за единицу. Найти среднюю квадратическую погрешность вычисленной длины, исходя из веса, и сравнить ее с установленной в задаче 3 лабораторной работы № 3.

Задача 4. Вычислить среднюю квадратическую погрешность и вес приращения координаты Δx (для четных вариантов) или Δy (для нечетных вариантов), если известны измеренные значения аргументов и их погрешности (табл. П.3.3). Выполнить контроль вычислений.

4. Оформление работы

В отчете представляются в печатном или рукописном виде условие каждой задачи и пояснения к ее решению с расшифровкой применяемых формул и, при необходимости, графиков.

5. Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы № 4

1. Вес функции общего вида.
2. Вес алгебраической суммы.
3. Вес функции линейного вида.
4. Вес произведения непосредственно измеренной величины на постоянную.
5. Что такое вес измерения? В каких случаях он необходим?

6. Что такое погрешность единицы веса? Как получают вес измеренных значений через погрешность единицы веса?

7. Найдите веса измерений, если их средние квадратические погрешности равны: 2; 1; 3; 2,5 мм.

8. Запишите вес каждой из приведенных ниже функций (z) при измеренных аргументах (x или y):

$$z = xy; z = x/y; z = \lg y; z = x^n; z = b^x; z = x \sin \alpha; z = x \cos \alpha; z = x/\operatorname{tg} \delta.$$

9. Приведите примеры использования весов измерений при выполнении вычислительных операций из маркшейдерской (геодезической или геологической) практики.

10. Горизонтальный угол β получен путем измерения двух углов одним и тем же теодолитом и вычислен по формуле $\beta = \beta_1 + \beta_2$. Установить во сколько раз вес угла β больше (или меньше) веса измеренного угла. Дать ответ на тот же вопрос, если $\beta = \beta_1 - \beta_2$.

Кроме ответов на перечисленные вопросы студент должен изложить (в форме индивидуальной защиты) принятую им последовательность и содержание действий по решению каждой из четырех входящих в работу задач.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Обработка многократных равноточных измерений одной величины

1. Цели работы

1.1. Определение наиболее вероятного значения измеренной величины из многократных измерений.

1.2. Оценка точности многократных измерений.

2. Исходные данные

Исходные данные к задачам представлены в прил. 4, таблицах П.4.1–П.4.2.

3. Содержание работы

Задача 1. Угол, полученный из двукратных измерений, имеет среднюю квадратическую погрешность измерения $m_{\beta(2)}$ (табл. П.4.1). Определить необходимое число добавочных измерений, чтобы средняя квадратическая погрешность угла не превышала $m_{\beta(N)}$.

Задача 2. Длина линии была измерена равноточно 10 раз (табл. П.4.2). Вычислить наиболее вероятное значение измеренной длины, средние квадратические погрешности отдельного измерения и наиболее вероятного значения измеренной длины по заданной вероятности. Определить необходимое число измерений, чтобы точность измерения длины соответствовала 1:500.

4. Оформление работы

В отчете представляются в печатном или рукописном виде условие каждой задачи и пояснения к ее решению с расшифровкой применяемых формул и, при необходимости, расчетных таблиц.

5. Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы № 5

1. Порядок обработки равноточных измерений.
2. Наиболее надежное значение при равноточных измерениях одной величины.
3. Как поступают для нахождения погрешности измерений, если не известно истинное значение измеряемой величины?
4. Погрешность среднего значения, обоснование числа измерений.
5. Для чего необходимы отклонения от среднего значения?
6. В чем заключается контроль вычисления среднего значения?
7. Свойства отклонений от среднего значения. Определение средней квадратической погрешности отдельного измерения.
8. Как определить диапазон изменения среднего значения по заданной вероятности?
9. Горизонтальный угол измеряют теодолитом Т15. Сколько приемов необходимо выполнить, чтобы погрешность угла не превысила 7"?
10. Чему равна погрешность измерения длины $D=150$ м при использовании тахеометра с паспортной точностью $\pm(2+5\cdot 10^{-6}D)$, если она измерена 5 раз?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Обработка многократных неравноточных измерений одной величины

1. Цели работы
 - 1.1. Определение наиболее вероятного значения измеренной величины из многократных измерений.
 - 1.2. Оценка точности многократных измерений.

2. Исходные данные

Исходные данные к задачам представлены в прил. 5, таблицах П.5.1–П.5.3.

3. Содержание работы

Задача 1. Длина стороны теодолитного хода измерена десятью различными мерными приборами. Средние значения \bar{l} из каждой серии измерений приведены в табл. П.4.2, число измерений n и средняя квадратическая погрешность одного измерения m приведены в табл. П.5.1. Определить наиболее надежное значение измеренной длины и выполнить оценку точности измерений.

Задача 2. Три висячих полигона (рис. 3) замыкаются на стороне 6–7. Углы в полигонах измерены равноточно. Дирекционные углы исходных сторон считать твердыми. Произвести уравнивание измеренных углов и оценку точности измерений. Записать окончательное значение дирекционного угла стороны 6–7 по заданной вероятности. Исходные данные в табл. П.5.2.

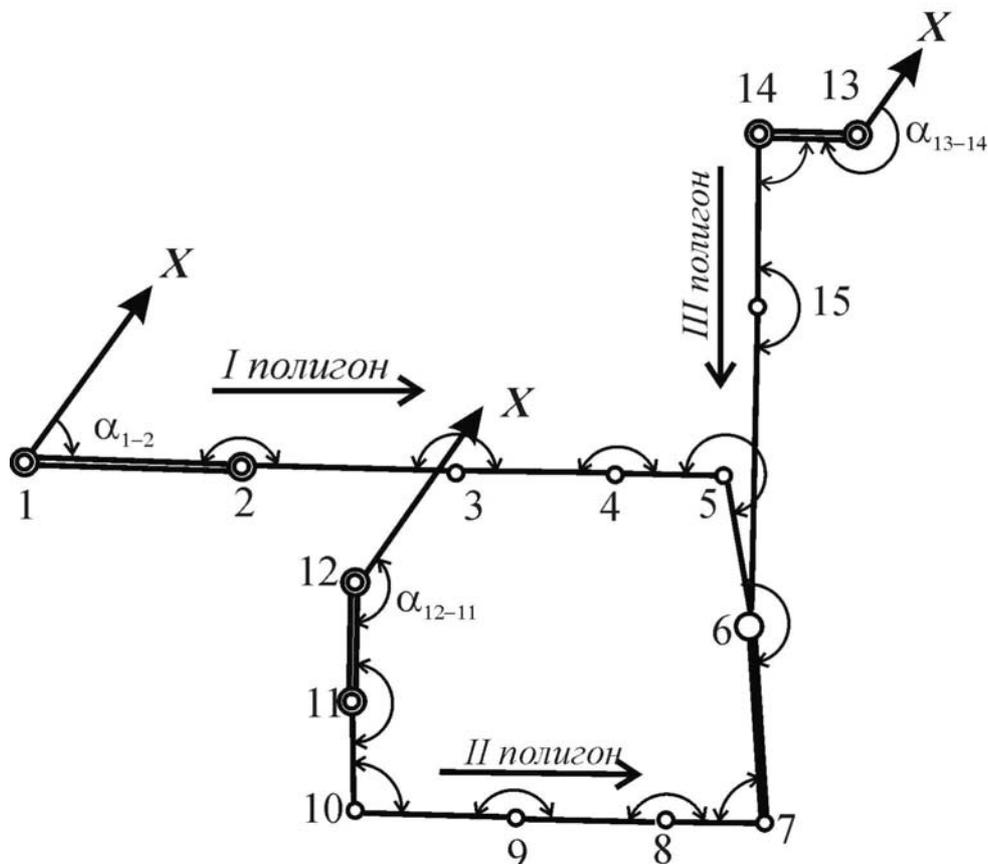


Рис. 3. Схема полигонометрических ходов

Задача 3. Одним и тем же теодолитом угол измерялся четыре раза различным числом приемов. По результатам измерений (табл. П.5.3) определить наиболее вероятное значение угла, погрешность единицы веса, среднюю квадратическую погрешность наиболее вероятного значения. Записать наиболее вероятное значение измеренного угла по заданной вероятности.

4. Оформление работы

В отчете представляются в печатном или рукописном виде условие каждой задачи и пояснения к ее решению с расшифровкой применяемых формул и, при необходимости, расчетных таблиц и графиков.

5. Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы № 6

1. Порядок обработки неравноточных измерений.
2. Наиболее надежное значение при неравноточных измерениях одной величины.
3. Погрешность средневесового значения.
4. Как определить погрешность отдельного измерения при неравноточных измерениях?
5. В чем заключается контроль вычисления средневесового значения?
6. Определение средней квадратической погрешности единицы веса.
7. Что принимается в качестве веса при неравноточных измерениях?
8. С какой целью выполняется уравнивание измерений?
9. Можно ли считать равноточными результаты определения высотной отметки пункта из трех нивелирных ходов?
10. Дан ряд измерений одного угла: $126^{\circ}45'00''$ (средняя квадратическая погрешность $12''$), $126^{\circ}45'12''$ ($3''$), $126^{\circ}44'51''$ ($4''$). Определить наиболее надежное значение угла без использования вычислительных средств.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Обработка двойных измерений

1. Цели работы

- 1.1. Оценка точности по разностям двойных измерений.
- 1.2. Выявление и исключение систематических погрешностей в двойных измерениях.

2. Исходные данные

Исходные данные к задачам представлены в прил. 6, таблицах П.6.1–П.6.2.

3. Содержание работы

Задача 1. По результатам измерения превышений по черной и красной сторонам реек (табл. П.6.1) установить средние квадратические погрешности одного превышения и среднего из превышений, вычисленных по черной и красной сторонам реек.

Задача 2. Даны разности суммы превышений в нивелирных ходах в прямом и обратном направлениях d_i и число станций по ходам k_i (табл. П.6.2). Определить среднеквадратическую погрешность одиночного хода и двойного хода.

4. Оформление работы

В отчете представляются в печатном или рукописном виде условие каждой задачи и пояснения к ее решению с расшифровкой применяемых формул и расчетных таблиц.

5. Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы № 7

1. Приведите примеры двойных измерений в маркшейдерской практике.
2. Порядок оценки точности по разностям равноточных двойных измерений.
3. Порядок оценки точности по разностям неравноточных двойных измерений
4. Как в двойных измерениях устанавливается наличие систематической погрешности?
5. Как исключается систематическая погрешность, контроль вычислений.

6. Что понимается под допустимыми погрешностями? Как они устанавливаются?

7. Приведите пример установления допустимой погрешности из практики маркшейдерских работ.

8. Какова вероятность благоприятных событий в формуле определения допустимой угловой невязки замкнутого подземного полигонометрического хода $2m_{\beta}\sqrt{n}$?

9. Допустимое расхождение в результатах ориентирования одной и той же стороны подземной полигонометрии составляет при вероятности благоприятных событий $0,997 - \pm 3'$. С какой точностью следует производить ориентирование стороны?

10. Что понимается под предельными погрешностями? Как они устанавливаются?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

Статистическая обработка результатов измерений содержания компонентов железной руды

1. Цели работы

1.1. Определение основных статистических характеристик содержания полезного компонента.

1.2. Установление и использование связей между содержанием компонентов.

2. Исходные данные

2.1. Компоненты руды (прил. 7, табл. П.7.1).

2.2. Содержание компонентов руды Таштагольского железорудного месторождения (табл. П.7.2).

3. Содержание работы

3.1. В соответствии с назначенным вариантом из табл. П.7.1 (прил. 7) определить наименования компонентов и номер пробы (строки), с которой надо начинать выборку содержаний компонентов, а из табл. П.7.2 выбрать значения содержания компонентов в 50 пробах.

3.2. Установить связь между содержанием двух компонентов железной руды. За сглаживающие функции принять прямую ($y = a + vx$); параболу ($y = a + vx + cx^2$); экспоненциальную ($y = ae^{bx}$); логарифмическую ($y = a \ln x + v$); степенную ($y = ax^b$). Определить параметры сглаживающих функций⁸.

3.3. Выбрать функцию, обеспечивающую наиболее тесную связь между содержанием компонентов.

3.4. Выполнить оценку точности установленной связи и надежности полученных результатов.

3.5. Оформить график зависимости между содержанием компонентов.

3.6. Определить основные статистические характеристики содержания полезного компонента, являющегося аргументом⁹.

3.7. Используя корреляционную связь, определить значение функции, соответствующее установленному среднему значению аргумента.

4. Оформление работы.

Графики сглаживающих функций (п. 3.2) представляются на одном листе формата А4, график отвечающий наиболее тесной связи между содержанием компонентов оформляется на отдельном листе.

5. Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы № 8

1. Перечислите основные характеристики вариационного ряда.
2. Приведите примеры вариационных рядов из маркшейдерской практики.
3. Как, используя Excel, определить основные характеристики вариационного ряда?
4. Примеры корреляционных зависимостей из маркшейдерской практики.
5. С какой целью устанавливают зависимости между отдельными параметрами? Приведите примеры.
6. Что такое коэффициент корреляции, корреляционное отношение? Их определение и назначение.

⁸ Для решения задачи использовать Мастер диаграмм электронных таблиц Excel.

⁹ Для решения задачи использовать пакет анализа статистических данных Excel. Для этого в меню **Сервис** выбрать команду **Анализ данных** и инструмент **Описательная статистика**.

7. Коэффициент детерминации: определение, назначение.
8. Оценка надежности коэффициентов, характеризующих тесноту связи.
9. Оценка погрешности уравнения связи.
10. Порядок установления корреляционной связи при использовании Excel.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

Определение погрешности среднего значения на основе метода комбинаторных разрежений

1. Цель работы

Оценка точности измерения признака по малому числу измерений.

2. Исходные данные

Содержание компонентов железной руды (табл. П.7.2 лабораторной работы № 8).

3. Содержание работы

3.1. Промоделировать процесс определения среднего значения компонента железной руды в подсчетном блоке по данным первых пяти измерений:

- определить среднее значение содержания компонента железной руды C ;

- определить последовательно частные средние содержания из одного, двух, ..., пяти измерений $C_{чi}$;

- построить график зависимости частных средних от числа использованных измерений k ;

- рассчитать средние квадратические отклонения частных средних от общего среднего σ_k ;

- построить график зависимости σ_k от числа использованных измерений, по которому установить степень неоднозначности среднего значения σ_U ;

- используя зависимость $\Pi = K\sigma_U$, определить погрешность среднего значения (при $5 \geq k \leq 40$ $K = 4,18 - 0,156k + 0,002k^2$).

3.2. Выполнить оценку среднего значения по пяти измерениям содержания компонента железной руды, используя программу ST, и сравнить результаты с полученными «вручную».

3.3. Используя программу ST, выполнить оценку среднего значения для пятидесяти измерений компонента железной руды и сравнить результаты с полученными в лабораторной работе № 8.

3.4. Проверить наличие «аномальных» значений в измерениях и при необходимости выполнить их исключение.

3.5. Установить закон распределения содержания компонента железной руды.

4. Оформление работы

Отчет должен включать графики, построенные «вручную» и импортированные из программы ST. Исходные данные и результаты расчетов должны быть представлены в виде таблиц.

5. Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы № 8

1. Как определяются среднее и средневзвешенное значения в маркшейдерской практике?

2. Приведите примеры определения среднего (средневзвешенного) значения из геолого-маркшейдерской практики.

3. Как, используя Excel, определить погрешность среднего значения?

4. В каких случаях используется формула расчета погрешности среднего значения по отклонениям от среднего?

5. В чем сущность метода комбинаторных разрежений?

6. Как оценить степень неоднозначности среднего значения признака?

7. Как определить погрешность среднего значения признака по степени его неоднозначности?

8. Приведите примеры наиболее часто используемых законов распределения геологических признаков.

9. Что понимают под «аномальным» замером?

10. Перечислите основные статистические показатели измеряемого признака.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Поклад, Г. Г. Геодезия : учеб. пособие для вузов / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. – М. : Академический проект, 2008. – С. 317–360.

2. Измestьев Анатолий Григорьевич. Математическая обработка геодезических измерений: курс лекций [Электронный ресурс] / А. Г. Измestьев. – Электрон. дан. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2010. <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=4696>.

Дополнительная

4. Бахаева, С. П. Математическая обработка измерений : учеб. пособие / С. П. Бахаева, А. В. Шахов; Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 1997. – 92 с.

5. Беляев, Б. И. Практикум по математической обработке маркшейдерско-геодезических измерений : учеб. пособие для вузов / Б. И. Беляев. – М. : Недра, 1989. – 316 с.

6. Попов В. Н. Статистическая обработка экспериментальных данных: учеб. пособие / В. Н. Попов, П. С. Шпаков. – МГГУ, 2003. – 261 с.

<http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=79290&razdel=257>.

7. Райский, П. И. Вероятностно-статистическая обработка геолого-маркшейдерских измерений : учеб. пособие / П. И. Райский, Т. Б. Рогова ; Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 1998. – 100 с.

8. Букринский В. А. Геометрия недр: учебник для вузов / В. А. Букринский. – М.: Изд-во «Горная книга», 2012. – 546 с. <http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=100051&razdel=257>.

9. Евдокимов, А. В. Сборник упражнений и задач по маркшейдерскому делу : учеб. пособие для вузов / А. В. Евдокимов, А. Г. Симанкин. – М. : Изд-во МГГУ, 2004. – 297 с.

10. Рыжов, П. А. Математическая статистика в горном деле / П. А. Рыжов. – М. : Высш. шк., 1973. – 287 с.

Приложение 1

Исходные данные к лабораторным работам № 1 и № 2

Таблица П.1.1

Случайные числа для выбора количества треугольников

Вариант	Количество треугольников N	Вариант	Количество треугольников N
1	75	21	93
2	80	22	82
3	85	23	79
4	90	24	101
5	102	25	81
6	88	26	89
7	78	27	98
8	96	28	103
9	76	29	99
10	83	30	74
11	94	31	105
12	106	32	73
13	77	33	69
14	86	34	72
15	95	35	70
16	97	36	104
17	91	37	107
18	84	38	71
19	87	39	108
20	92	40	109

Правила выборки случайных чисел

Выбор порядковых номеров треугольников производится следующим образом. Из таблицы П.1.2 случайных чисел выписывают N трехзначных чисел, которые соответствуют номерам треугольников. Выборку случайных чисел начинают в соответствии с номером варианта. Для вариантов с 1 до 9 номер варианта соответствует номеру строки и номеру колонки. Для вариантов с 10 до 50 номер варианта соответствует номеру строки, а последняя цифра варианта – номеру колонки. Для нечетных вариантов из таблицы П.1.2 берут первые три числа из пяти, а для четных – последние три числа¹⁰.

¹⁰ Пример. Требуется выбрать случайные числа для варианта 15. Выборку начинают с 15 строки и 5 колонки, т.е. с числа 40526. Из пяти чисел, учитывая нечетный номер варианта, берут только 3 – 405, остальные два числа отбрасывают. Далее опускаются на строку ниже – 744 и т. д., до тех пор, пока не выберут все числа в колонке 5, затем начинают выборку с первой строки колонки 6 и т.д.

Таблица П.1.2

Случайные числа для выбора номеров треугольников

Стро- ка	Колонка									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	57705	66674	87615	18186	24806	65421	45040	74812	51850	50359
2	71618	99279	44969	61450	90506	07995	67798	87590	72765	97152
3	73710	24202	27709	74582	39116	00900	69184	40277	36511	03727
4	70131	94010	59660	80604	35745	29396	59636	76064	35850	16443
5	16961	60981	00799	49538	82713	17727	90654	18915	49007	86755
6	53324	13094	76151	22917	07938	25424	69221	24885	45744	01054
7	43166	35193	61716	99135	51275	38695	57959	74145	96911	10410
8	26275	64560	59298	58274	32203	02624	63609	26754	60456	55815
9	05926	64555	89923	01940	51925	36522	98462	21304	61346	32398
10	66289	68008	20327	87397	24693	56461	63585	37385	01484	23632
11	35483	39848	60835	84445	16837	62250	92500	03959	58127	98683
12	09393	33851	42323	86012	78155	73076	03289	76536	14569	60166
13	30304	80586	25732	51625	97412	69362	95414	56656	16211	97834
14	55186	69939	93364	71881	09892	98178	30781	84131	99988	05141
15	64003	98851	63407	64466	84299	40526	26838	50128	53211	42971
16	20514	32673	72028	36014	96036	74412	31502	97454	66049	84117
17	00188	12949	25496	38612	46472	79033	93655	01646	71359	48861
18	55709	14644	83761	93857	42687	62192	91757	93649	02834	09156
19	86977	66887	58568	33749	89434	96942	17901	56663	30962	01241
20	31303	43042	20409	08921	67912	34623	05558	07809	71712	34771
21	11078	49110	64789	07721	35950	48250	31648	60309	32388	65690
22	93045	18170	78992	58577	03235	12634	08183	23699	69834	53990
23	93011	19187	67388	39303	73606	93977	04448	82052	22686	56855
24	42844	02464	75316	19302	66090	32799	97706	85317	67117	16608
25	52906	55739	73673	17068	31842	04011	14925	09792	64771	70101
26	09461	52992	21681	59201	22807	75626	00994	65813	74417	46167
27	99602	86513	32763	18688	41476	77367	43496	90183	59729	55629
28	69962	10480	50983	73449	74473	62046	03051	57276	60805	26319
29	31313	56437	98359	41734	78489	69759	11444	72549	91288	05596
30	27004	13647	38440	17033	14142	70600	06864	83202	41101	68116
31	65339	57910	78142	18064	75975	34829	90180	07555	70855	30379
32	93382	54062	25730	94722	55604	09655	23023	32443	34523	24054
33	05758	23767	30454	55024	80702	29974	54017	66017	35855	51929
34	02336	43191	19106	85143	52490	11097	22721	47321	42280	13396
35	82222	03283	58222	28594	34559	06538	23292	35326	50674	59527
36	85993	08367	49336	45815	25019	19748	39795	38219	49232	10148
37	92473	64742	94781	65952	36708	24299	45132	64521	92481	44499
38	75906	66400	01912	77232	77311	96428	85178	70308	91546	29881
39	98187	66808	01330	23430	93990	42829	18311	96411	21303	36397
40	13830	49703	12138	11171	14363	78388	21440	33420	31554	83349
41	50518	48680	87881	78118	88178	19268	73248	81305	07701	19415
42	85445	08606	40057	26616	25825	14078	90001	88821	36944	92014
43	19323	18011	62325	48154	15821	75825	16401	20301	70654	46231
44	10514	36580	21041	33802	53561	42705	14426	12088	90910	86701
45	55961	12790	66413	32462	27047	45705	49315	63916	59272	37804

Угловые невязки в треугольниках
триангуляционной сети 2 класса

Треугольник		Треугольник		Треугольник	
Номер	Угловая невязка, с	Номер	Угловая невязка, с	Номер	Угловая невязка, с
1	-1,17	36	+0,90	71	+0,56
2	-0,71	37	-0,08	72	+1,24
3	+1,51	38	-0,64	73	+1,42
4	+1,47	39	-0,78	74	-0,80
5	-0,32	40	+1,75	75	+1,21
6	-2,05	41	-1,07	76	-0,35
7	+0,01	42	-0,18	77	-1,32
8	+1,37	43	-1,22	78	-0,93
9	+2,78	44	-0,83	79	+1,70
10	-1,68	45	-0,59	80	-0,09
11	+0,07	46	+0,66	81	-0,69
12	-1,34	47	-0,86	82	-0,23
13	+0,04	48	-0,58	83	-0,09
14	+0,02	49	+0,71	84	-1,26
15	+0,33	50	-1,85	85	+0,47
16	-1,66	51	+1,69	86	-0,05
17	+1,75	52	+0,51	87	-0,38
18	-1,22	53	+2,14	88	+0,70
19	+1,66	54	-1,23	89	+0,04
20	-0,83	55	+1,13	90	-0,05
21	-1,67	56	-0,49	91	+0,15
22	-1,19	57	-0,40	92	-1,27
23	-0,36	58	+0,32	93	-1,73
24	+0,24	59	-1,17	94	+3,05
25	+1,96	60	-1,34	95	+1,50
26	-1,42	61	+1,00	96	-0,52
27	-0,64	62	+1,57	97	+1,02
28	-0,12	63	-0,40	98	-0,35
29	-0,10	64	+1,50	99	-0,89
30	-0,09	65	+0,85	100	+0,62
31	-0,62	66	-0,41	101	+1,29
32	+0,95	67	+2,01	102	-1,62
33	+0,79	68	-1,71	103	-1,73
34	-1,67	69	+0,19	104	-0,89
35	+0,44	70	-1,42	105	-0,28

Продолжение табл. П.1.3

Треугольник		Треугольник		Треугольник	
Номер	Угловая невязка, с	Номер	Угловая невязка, с	Номер	Угловая невязка, с
106	+0,43	143	-0,08	180	-0,90
107	-2,81	144	+1,32	181	-0,75
108	-0,67	145	-1,58	182	+0,81
109	+1,42	146	+2,07	183	-1,47
110	-1,51	147	-0,39	184	+0,72
111	+2,28	148	-0,28	185	+2,61
112	-0,32	149	+2,00	186	-1,55
113	+0,58	150	+0,26	187	+0,56
114	-1,89	151	+0,03	188	-0,66
115	+0,19	152	-0,31	189	+1,32
116	-0,31	153	-1,92	190	-1,13
117	+0,01	154	-0,76	191	+0,53
118	+0,61	155	-0,42	192	+0,22
119	+0,41	156	-0,65	193	-1,56
120	+0,80	157	+0,35	194	+0,73
121	+0,83	158	+0,18	195	+0,56
122	+0,83	159	+0,23	196	-0,87
123	-0,13	160	-0,83	197	-2,90
124	-0,60	161	+1,78	198	+2,86
125	+0,49	162	+0,13	199	-0,77
126	+2,30	163	-0,24	200	-0,32
127	-0,52	164	+2,16	201	-0,95
128	-2,23	165	-0,59	202	+2,70
129	-0,67	166	-1,12	203	-0,45
130	0,00	167	-2,08	204	+1,92
131	-0,57	168	-0,84	205	-2,03
132	+0,89	169	-1,01	206	+0,54
133	+0,34	170	+2,14	207	+1,27
134	-0,67	171	-1,16	208	+0,30
135	0,00	172	-1,74	209	+0,71
136	+0,84	173	-0,16	210	+1,80
137	-0,38	174	-1,78	211	-1,57
138	-0,61	175	-0,50	212	-0,20
139	+0,11	176	+0,25	213	+1,19
140	+0,30	177	-0,14	214	-0,91
141	-1,25	178	+0,66	215	-0,03
142	+0,16	179	-1,10	216	-0,70

Продолжение табл. П.1.3

Треугольник		Треугольник		Треугольник	
Номер	Угловая невязка, с	Номер	Угловая невязка, с	Номер	Угловая невязка, с
217	-0,87	254	+1,89	291	+0,46
218	+0,51	255	-1,88	292	-0,08
219	-0,38	256	+1,96	293	-0,73
220	+1,17	257	-1,44	294	+2,42
221	-0,29	258	+1,45	295	-2,23
222	-1,40	259	+1,68	296	-1,01
223	-0,19	260	-0,49	297	-0,34
224	+1,06	261	-0,19	298	+1,87
225	+0,89	262	-0,49	299	+0,38
226	-1,23	263	+0,82	300	-2,57
227	+1,29	264	+0,55	301	-1,67
228	+1,25	265	-0,22	302	-0,52
229	-0,10	266	-1,04	303	+2,03
230	-0,74	267	+0,48	304	-0,11
231	-2,66	268	+0,69	305	+0,31
232	+1,72	269	+1,50	306	+0,01
233	+1,64	270	-0,54	307	+0,27
234	-0,80	271	-1,85	308	-0,09
235	+1,07	272	+0,76	309	+0,05
236	-1,14	273	+0,86	310	+1,02
237	+1,34	274	+0,66	311	-0,42
238	+0,95	275	+0,78	312	-1,59
239	+0,41	276	-0,48	313	+0,66
240	+0,98	277	-1,83	314	-0,74
241	-0,75	278	-0,94	315	-0,05
242	-0,49	279	+0,34	316	+1,05
243	-1,15	280	+0,43	317	+1,35
244	-0,98	281	+1,30	318	-0,22
245	-1,15	282	+1,19	319	+0,17
246	-1,78	283	+0,10	320	+0,43
247	-0,18	284	-1,83	321	+1,94
248	-0,23	285	-1,04	322	-0,40
249	+0,57	286	-0,34	323	+0,08
250	-0,98	287	-0,16	324	-0,63
251	+1,02	288	+1,20	325	-0,87
252	-0,14	289	+1,59	326	+0,72
253	+0,96	290	-2,04	327	+0,89

Продолжение табл. П.1.3

Треугольник		Треугольник		Треугольник	
Номер	Угловая невязка, с	Номер	Угловая невязка, с	Номер	Угловая невязка, с
328	-0,74	365	-0,55	402	-0,70
329	-0,09	366	+1,45	403	-0,54
330	+0,46	367	-0,52	404	+0,25
331	-0,66	368	+1,01	405	-1,02
332	-0,19	369	-0,37	406	+0,70
333	-1,17	370	+0,77	407	-1,84
334	+0,32	371	-0,77	408	+0,50
335	+0,27	372	+0,16	409	-0,68
336	+0,64	373	+0,30	410	+1,89
337	+0,05	374	+0,22	411	+2,33
338	-0,13	375	+0,73	412	-0,08
339	-2,15	376	-1,58	413	+1,99
340	-0,92	377	-0,87	414	-1,82
341	+1,04	378	-0,32	415	+2,57
342	-1,40	379	+0,45	416	-0,73
343	-0,26	380	+1,74	417	-0,25
344	+1,56	381	-0,22	418	+0,36
345	-1,31	382	-0,19	419	-0,30
346	-1,01	383	+1,30	420	+0,31
347	-1,30	384	-2,19	421	-1,41
348	-0,94	385	-0,99	422	-2,37
349	-0,01	386	-1,17	423	+1,42
350	-1,60	387	+3,05	424	-2,20
351	+1,74	388	-1,86	425	+0,35
352	-0,31	389	+1,97	426	+0,14
353	+0,62	390	-3,55	427	+0,12
354	-0,05	391	-0,24	428	-0,43
355	-0,02	392	+1,82	429	+1,43
356	+1,64	393	-0,52	430	+1,00
357	-2,21	394	-1,56	431	+0,72
358	-0,86	395	-1,02	432	-0,67
359	-0,37	396	+1,80	433	-0,06
360	-0,14	397	-0,75	434	+2,06
361	-1,08	398	-0,50	435	-2,49
362	+0,78	399	-0,51	436	+0,19
363	-1,43	400	+1,58	437	-0,49
364	+2,72	401	+0,79	438	+0,91

Продолжение табл. П.1.3

Треугольник		Треугольник		Треугольник	
Номер	Угловая невязка, с	Номер	Угловая невязка, с	Номер	Угловая невязка, с
439	-0,99	476	-1,79	513	+0,16
440	+2,04	477	+0,18	514	+2,17
441	-1,20	478	+1,79	515	+1,98
442	-1,30	479	+0,18	516	-1,17
443	+0,06	480	+1,79	517	+0,13
444	+0,42	481	-0,82	518	0,00
445	+1,29	482	-1,99	519	-0,78
446	-1,58	483	-0,55	520	-1,78
447	-0,10	484	+0,93	521	+1,11
448	+0,48	485	+0,97	522	-0,83
449	-1,41	486	+0,09	523	-1,04
450	-0,10	487	-0,61	524	+0,75
451	-0,05	488	-0,12	525	+0,58
452	+0,02	489	-1,76	526	-0,92
453	+0,69	490	-0,21	527	-0,19
454	-0,93	491	+1,37	528	-0,36
455	+0,31	492	-0,68	529	+0,40
456	+1,75	493	-2,22	530	+0,27
457	-0,76	494	+1,69	531	+0,06
458	-0,45	495	-2,44	532	+0,72
459	-1,44	496	-1,57	533	-0,06
460	+1,58	497	-1,02	534	-1,22
461	-1,51	498	+1,04	535	+0,38
462	-2,52	499	-1,68	536	-1,30
463	+1,28	500	+1,05	537	+2,10
464	-1,38	501	-1,02	538	-0,65
465	+1,23	502	+0,43	539	0,00
466	-0,88	503	-0,20	540	+2,06
467	+2,64	504	+0,90	541	+0,62
468	-0,72	505	+0,69	542	+0,36
469	-0,36	506	-0,09	543	+0,64
470	-0,78	507	+1,08	544	-1,60
471	-0,16	508	-0,63	545	-0,40
472	+1,15	509	-0,08	546	-1,43
473	-2,81	510	0,07	547	+1,61
474	-1,07	511	-1,33	548	+0,12
475	+0,21	512	+0,55	549	-1,06

Продолжение табл. П.1.3

Треугольник		Треугольник		Треугольник	
Номер	Угловая невязка, с	Номер	Угловая невязка, с	Номер	Угловая невязка, с
550	-0,53	587	+1,07	624	+1,67
551	+0,79	588	-0,17	625	-2,36
552	-0,70	589	+0,24	626	+0,52
553	+0,02	590	+0,16	627	-0,77
554	-2,08	591	+1,35	628	+2,69
555	-0,15	592	+0,44	629	-1,52
556	+0,72	593	-0,30	630	+1,06
557	+0,18	594	+1,22	631	+0,29
558	-0,91	595	-1,34	632	-1,34
559	-1,61	596	+0,80	633	-0,11
560	+1,21	597	-1,97	634	-1,54
561	-0,68	598	+2,06	635	-0,18
562	-0,79	599	+2,13	636	-0,03
563	+0,35	600	-2,27	637	-1,90
564	-1,29	601	+0,75	638	+1,25
565	+0,46	602	+0,56	639	+2,06
566	-1,12	603	-2,68	640	-0,67
567	+0,52	604	+0,40	641	-0,79
568	-0,39	605	+2,96	642	+0,33
569	-0,74	606	-1,05	643	+1,66
570	-0,92	607	+1,46	644	+0,27
571	+0,69	608	+0,28	645	+0,37
572	-0,94	609	-2,69	646	+0,69
573	-2,95	610	-0,33	647	+0,26
574	+0,75	611	+0,11	648	-0,01
575	+0,38	612	+1,52	649	+1,25
576	+1,48	613	+0,94	650	+0,07
577	-0,28	614	-1,13	651	-0,53
578	+1,98	615	+0,56	652	-0,31
579	+1,67	616	+0,17	653	+0,42
580	-0,41	617	+1,88	654	-0,44
581	-2,43	618	-0,99	655	-1,24
582	+0,45	619	-2,50	656	+1,79
583	-0,53	620	+2,38	657	+0,36
584	-0,75	621	-0,32	658	+0,35
585	+1,05	622	-0,96	659	+0,64
586	+0,92	623	+1,29	660	-1,92

Продолжение табл. П.1.3

Треугольник		Треугольник		Треугольник	
Номер	Угловая невязка, с	Номер	Угловая невязка, с	Номер	Угловая невязка, с
661	+0,52	698	+0,66	735	-2,45
662	+0,27	699	+0,53	736	+2,10
663	-2,16	700	-1,09	737	-0,93
664	+0,57	701	+1,66	738	+1,71
665	-1,24	702	-2,41	739	-0,86
666	-0,48	703	+1,93	740	+0,19
667	-1,35	704	-0,08	741	+0,37
668	+0,41	705	-0,27	742	+0,29
669	-2,50	706	-0,06	743	+1,18
670	+1,16	707	-1,36	744	+0,29
671	-1,80	708	+0,78	745	+0,76
672	+1,89	709	+2,25	746	-0,93
673	+0,58	710	-0,84	747	+0,88
674	-2,28	711	+0,65	748	-1,32
675	-1,94	712	-0,50	749	+0,59
676	+0,99	713	+1,30	750	+0,15
677	-0,98	714	-0,33	751	-0,95
678	-0,36	715	+0,34	752	-0,30
679	+0,70	716	+1,40	753	-0,20
680	+0,34	717	+0,57	754	-1,08
681	-1,48	718	+2,70	755	-0,43
682	+1,24	719	-0,06	756	-0,26
683	-0,81	720	+0,35	757	-0,62
684	+0,12	721	-0,83	758	-0,87
685	+3,32	722	+0,64	759	-0,28
686	-0,63	723	+0,46	760	+0,55
687	+2,36	724	-0,02	761	+0,40
688	-1,11	725	-0,38	762	+1,56
689	-1,38	726	+1,23	763	-0,18
690	+1,72	727	-1,12	764	-1,31
691	-0,70	728	+0,32	765	+0,99
692	-1,90	729	-0,96	766	-0,32
693	-2,16	730	-0,01	767	+0,41
694	+1,08	731	-1,07	768	-0,68
695	-0,30	732	+0,16	769	+0,50
696	+0,22	733	-1,52	770	+0,30
697	+0,14	734	+0,34	771	-0,02

Продолжение табл. П.1.3

Треугольник		Треугольник		Треугольник	
Номер	Угловая невязка, с	Номер	Угловая невязка, с	Номер	Угловая невязка, с
772	+1,54	810	+0,30	848	+1,67
773	-1,20	811	+0,12	849	-0,72
774	-0,23	812	-0,02	850	+0,04
775	+0,59	813	+0,97	851	-0,11
776	+0,01	814	-0,19	852	+2,51
777	-0,70	815	+0,02	853	+0,31
778	+1,10	816	-1,12	854	-2,22
779	+0,02	817	+0,95	855	-0,73
780	+0,19	818	-0,08	856	+1,34
781	+0,37	819	-0,16	857	-1,81
782	+0,14	820	+0,04	858	+1,30
783	-0,28	821	+0,17	859	-0,82
784	-1,07	822	-0,11	860	+0,25
785	+1,20	823	+0,48	861	-0,73
786	-0,12	824	-0,39	862	+0,24
787	+0,11	825	-0,04	863	-0,82
788	-0,65	826	-0,34	864	-1,23
789	-0,62	827	-1,17	865	-1,22
790	+0,43	828	-1,84	866	+0,98
791	-1,2	829	+1,45	867	-0,72
792	-1,75	830	+0,44	868	+1,38
793	-0,75	831	+0,82	869	-0,77
794	+0,73	832	+0,03	870	-1,34
795	-1,12	833	-0,81	871	+0,30
796	+1,67	834	-0,71	872	+0,51
797	+0,35	835	-1,80	873	+0,61
798	-1,13	836	+2,18	874	-0,31
799	+2,45	837	+0,10	875	+2,88
800	+1,05	838	+0,18	876	-1,04
801	+0,30	839	-0,66	877	-0,93
802	-0,87	840	-0,23	878	-0,21
803	+0,53	841	+1,08	879	+0,58
804	-1,60	842	-1,23	880	-0,76
805	+0,24	843	-2,12	881	-1,55
806	+0,14	844	+0,88	882	+0,10
807	+0,32	845	-0,40	883	+0,54
808	+0,74	846	-0,76	884	-1,25
809	+0,11	847	-0,17	885	-1,26

Продолжение табл. П.1.3

Треугольник		Треугольник		Треугольник	
Номер	Угловая невязка, с	Номер	Угловая невязка, с	Номер	Угловая невязка, с
886	-0,58	924	-1,76	962	-0,50
887	+0,09	925	+1,43	963	+2,23
888	+1,57	926	-1,27	964	+0,74
889	-2,13	927	-0,86	965	-1,00
890	-1,02	928	+1,84	966	+0,51
891	-0,68	929	+2,05	967	+0,13
892	-0,57	930	-2,84	968	-0,12
893	+0,02	931	-0,67	969	-2,90
894	+1,53	932	+2,48	970	-0,65
895	-0,18	933	-0,24	971	-1,17
896	+0,89	934	+0,32	972	+1,48
897	+0,86	935	-1,02	973	+2,31
898	-3,62	936	+1,14	974	-0,54
899	-0,33	937	-0,96	975	+2,09
900	+2,67	938	+1,27	976	-0,64
901	+0,05	939	-0,49	977	+0,49
902	+1,70	940	+0,04	978	+0,33
903	-1,16	941	+3,07	979	+1,59
904	-1,89	942	-1,64	980	+0,32
905	-0,60	943	+0,32	981	+0,46
906	-0,52	944	-1,39	982	-0,55
907	+1,24	945	-0,04	983	+0,66
908	+0,91	946	+1,25	984	-1,41
909	-2,08	947	+0,01	985	+2,46
910	+1,20	948	-0,55	986	-0,28
911	+0,69	949	+0,27	987	-2,37
912	+0,37	950	-2,07	988	-1,37
913	+1,14	951	-1,66	989	-1,40
914	-0,18	952	+1,23	990	+0,76
915	-0,28	953	+0,94	991	-1,26
916	-1,53	954	+0,13	992	+0,66
917	+0,31	955	-2,91	993	+2,68
918	-0,88	956	+1,17	994	+0,54
919	+0,83	957	+0,24	995	+1,13
920	-0,86	958	-2,22	996	+0,71
921	+0,59	959	+0,31	997	+0,01
922	+1,54	960	0,00	998	-1,87
923	-1,22	961	+0,64	999	+1,40

Исходные данные к лабораторной работе № 3

Таблица П.2.1

Средние квадратические погрешности измерения углов в теодолитном ходе (Задача 2)

Номер варианта	Погрешность измеренного угла, с							Номер варианта	Погрешность измеренного угла, с						
	1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7
1	25	24	21	22	23	25	18	21	17	18	23	24	19	22	23
2	17	19	20	20	22	25	15	22	19	20	24	25	19	20	18
3	24	25	19	20	21	22	28	23	22	23	24	25	19	20	22
4	28	29	21	23	23	24	18	24	19	20	23	24	27	28	25
5	21	22	19	20	17	18	23	25	28	29	25	26	23	24	27
6	23	24	19	20	22	23	25	26	19	20	15	16	23	24	17
7	24	25	23	24	21	22	26	27	11	12	20	22	18	19	16
8	17	18	23	24	19	20	23	28	25	26	23	24	27	28	26
9	24	25	20	21	17	18	22	29	23	24	21	22	19	20	19
10	26	27	21	22	25	26	19	30	21	22	25	26	27	28	29
11	19	20	21	22	24	25	18	31	27	28	23	24	22	23	20
12	19	20	24	25	17	18	20	32	19	20	20	21	21	22	26
13	21	22	24	25	17	18	30	33	25	24	21	22	23	26	18
14	17	18	21	22	19	20	15	34	17	19	20	24	25	26	14
15	13	14	25	26	22	23	19	35	24	25	21	22	27	28	25
16	25	26	19	20	21	22	24	36	19	20	24	25	17	18	20
17	23	24	25	26	19	20	22	37	21	22	24	25	23	24	18
18	19	20	21	22	24	25	26	38	17	18	21	22	19	20	15
19	19	20	21	22	24	25	26	39	17	18	21	22	19	20	15
20	19	20	21	22	24	25	26	40	17	18	21	22	19	20	15

Таблица П.2.2

Измеренные параметры и их погрешности в прямой линейно-угловой засечке (Задача 3)

Вариант	Измеренные параметры							Средние квадратические погрешности		
	с, м	α			β			$m_c, \text{ м}$	$m_\alpha, \text{ с}$	$m_\beta, \text{ с}$
		°	'	"	°	'	"			
1	2147,8	83	20	25	63	12	10	0,20	18	27
2	1798,6	70	10	25	32	52	20	0,20	19	19
3	1174,4	83	20	23	63	20	23	0,18	22	25
4	1186,2	59	25	20	35	52	10	0,15	25	17
5	1742,6	48	56	40	53	26	30	0,14	20	24
6	1165,5	46	22	18	52	47	35	0,16	30	19
7	1148,4	39	25	50	69	55	30	0,15	20	21
8	1678,6	70	36	20	38	40	50	0,15	20	17
9	1879,3	32	10	10	65	15	36	0,17	25	13
10	1208,4	50	40	24	43	20	17	0,18	25	25
11	1896,8	35	10	10	45	10	30	0,19	26	23
12	1236,8	62	10	25	50	10	25	0,20	20	19
13	1074,3	73	20	21	67	20	35	0,14	18	18
14	1324,3	73	40	24	49	10	26	0,17	23	22
15	2159,4	70	10	20	49	11	34	0,16	20	19
16	2006,1	49	20	00	36	18	24	0,20	20	28
17	1178,0	43	35	30	52	51	18	0,11	30	19
18	1164,3	48	41	20	65	39	20	0,12	22	12
19	1290,3	42	22	15	60	43	10	0,16	22	15
20	1189,4	65	38	15	54	19	23	0,20	26	23

Продолжение табл. П.2.2

Вариант	Измеренные параметры							Средние квадратические погрешности		
	с, м	α			β			m _c , м	m _α , с	m _β , с
		°	'	"	°	'	"			
21	2646,2	47	27	19	51	49	50	0,15	30	21
22	2390,5	33	18	25	47	29	15	0,22	23	27
23	2390,5	32	17	24	47	29	15	0,21	23	26
24	1968,4	56	10	15	66	50	10	0,25	20	20
25	1135,2	60	39	45	31	17	08	0,15	15	20
26	1235,4	49	48	53	50	40	12	0,20	26	24
27	2189,7	40	10	22	60	14	20	0,30	26	20
28	1182,6	57	25	45	35	53	10	0,14	22	15
29	1189,2	48	51	10	62	32	50	0,14	25	28
30	1308,5	44	20	30	49	20	20	0,20	20	25
31	1968,4	50	10	15	60	56	10	0,13	20	20
32	3464,8	42	27	19	51	49	50	0,15	30	23
33	2189,4	65	38	15	54	19	23	0,24	26	25
34	1290,3	42	22	15	60	43	10	0,12	22	28
35	1164,3	48	41	20	65	39	20	0,16	22	25
36	1178,1	43	35	30	52	51	18	0,12	30	25
37	2748,5	66	28	15	32	44	18	0,13	10	22
38	1548,5	45	18	30	48	26	53	0,28	23	28
39	1436,9	53	13	56	55	18	34	0,35	28	14
40	2356,4	54	12	48	33	27	16	0,26	16	31

Таблица П.2.3

Измеренные параметры и их погрешности при тригонометрическом нивелировании (Задача 4)

Вариант	Измеренные параметры				Средние квадратические погрешности		Вариант	Измеренные параметры				Средние квадратические погрешности	
	$D, \text{ м}$	δ			$m_D, \text{ м}$	$m_\delta, \text{ с}$		$D, \text{ м}$	δ			$m_D, \text{ м}$	$m_\delta, \text{ с}$
		°	'	"					°	'	"		
1	124,18	19	41	30	0,03	40	21	122,90	11	30	41	0,12	32
2	132,16	20	30	45	0,04	30	22	124,24	20	10	40	0,09	10
3	121,32	10	24	15	0,06	20	23	125,10	19	20	40	0,08	18
4	111,46	9	12	35	0,05	26	24	121,90	10	12	20	0,09	20
5	131,49	15	43	27	0,12	18	25	120,70	12	40	15	0,10	27
6	122,37	16	32	18	0,05	27	26	136,15	18	12	30	0,04	30
7	119,32	12	47	30	0,11	21	27	131,40	15	10	27	0,10	35
8	114,81	10	30	40	0,07	28	28	129,75	16	18	11	0,12	37
9	112,91	18	21	17	0,09	32	29	128,46	15	10	40	0,13	40
10	11,50	20	18	15	0,10	37	30	121,30	16	18	12	0,07	10
11	110,30	18	30	40	0,07	40	31	122,10	10	12	18	0,06	27
12	119,47	21	20	15	0,12	20	32	129,15	12	18	11	0,05	28
13	116,31	19	30	12	0,10	30	33	128,40	11	14	30	0,10	30
14	117,27	18	12	40	0,40	31	34	122,70	12	25	18	0,12	37
15	116,93	17	18	15	0,11	28	35	128,18	11	40	37	0,05	10
16	118,31	15	20	14	0,13	30	36	121,76	9	05	10	0,10	42
17	119,72	16	10	41	0,07	23	37	142,36	16	45	10	0,11	32
18	121,18	10	20	30	0,06	28	38	138,51	23	12	54	0,09	23
19	124,37	12	18	40	0,08	37	39	121,72	16	45	06	0,14	19
20	125,81	10	19	30	0,10	40	40	138,40	18	36	34	0,24	24

Таблица П.2.4

Измеренные параметры и их погрешности для определения площади треугольника (Задача 5)

Вариант	Измеренные параметры		Средние квадратические погрешности		Вариант	Измеренные параметры		Средние квадратические погрешности	
	b , м	h , м	m_b , мм	m_h , мм		b , м	h , м	m_b , мм	m_h , мм
1	112,000	60,181	50	40	21	125,412	60,807	34	30
2	121,612	64,502	47	34	22	125,724	59,712	35	32
3	122,812	61,412	35	18	23	125,618	57,606	45	34
4	120,212	60,431	30	12	24	125,604	56,712	46	36
5	119,300	59,801	48	32	25	125,912	58,112	47	38
6	118,205	40,506	42	34	26	113,712	60,172	50	30
7	120,801	55,314	40	30	27	114,802	61,243	47	44
8	124,601	62,206	45	34	28	115,904	62,744	31	55
9	125,171	61,701	42	38	29	116,117	63,842	48	38
10	121,212	60,804	52	31	30	117,204	64,712	54	41
11	111,100	59,142	51	38	31	113,601	65,182	32	37
12	112,802	54,322	41	31	32	114,602	59,342	46	42
13	112,903	58,117	42	33	33	115,904	58,318	57	41
14	112,906	51,312	43	35	34	116,701	57,714	39	34
15	111,704	57,803	44	45	35	117,304	56,142	41	43
16	117,903	54,732	50	47	36	118,701	55,724	60	28
17	116,201	60,802	58	45	37	138,826	49,341	32	15
18	123,713	61,302	57	27	38	121,178	77,456	58	46
19	121,118	60,804	32	28	39	166,349	38,468	46	35
20	125,702	61,112	33	29	40	115,287	68,123	34	28

Таблица П.2.5

Измеренные параметры треугольника и их погрешности (Задача 6)

Вариант	Измеренные параметры				Средние квадратические погрешности			Вариант	Измеренные параметры				Средние квадратические погрешности		
	$a, \text{ м}$	$c, \text{ м}$	γ		$m_a, \text{ мм}$	$m_c, \text{ мм}$	$m_\alpha, \text{ с}$		$a, \text{ м}$	$c, \text{ м}$	γ		$m_a, \text{ мм}$	$m_c, \text{ мм}$	$m_\alpha, \text{ с}$
			°	'							°	'			
1	3,5	2,4	1	20	2	1	15	21	4,7	2,5	2	36	3	1	18
2	2,7	1,9	2	40	3	2	25	22	4,3	2,4	1	41	1	4	20
3	1,8	3,4	1	50	2	3	10	23	4,1	3,0	2	00	2	0	13
4	3,0	2,0	2	00	1	2	15	24	4,4	2,7	1	44	1	2	14
5	3,1	2,2	1	54	2	1	13	25	4,5	1,9	2	00	3	1	15
6	3,4	1,8	1	20	1	2	20	26	4,5	2,4	2	00	2	1	12
7	3,6	2,2	1	30	2	1	14	27	4,4	1,9	1	44	3	2	20
8	3,2	1,7	1	25	5	3	30	28	4,1	3,4	2	00	2	3	16
9	2,6	1,5	1	42	3	2	19	29	3,4	2,0	1	41	1	2	18
10	3,8	1,9	2	06	4	1	21	30	4,7	2,2	2	36	2	1	20
11	2,5	1,4	2	50	3	1	30	31	4,2	1,8	1	50	1	2	20
12	3,3	2,0	2	10	2	3	25	32	4,0	2,2	2	40	2	1	15
13	2,9	1,6	1	48	1	1	18	33	3,8	1,7	2	25	5	3	45
14	2,1	1,3	2	24	2	3	35	34	3,0	1,5	1	47	3	2	24
15	2,8	1,7	1	18	2	2	15	35	2,4	1,9	2	30	4	1	20
16	2,4	1,2	2	30	2	3	50	36	2,8	1,4	1	18	3	1	19
17	3,0	1,7	1	47	4	1	20	37	3,6	2,1	3	12	1	2	25
18	3,8	2,1	2	25	1	3	25	38	2,4	3,6	4	18	3	3	18
19	4,0	2,7	2	40	4	2	20	39	4,8	2,6	1	36	4	6	30
20	4,2	2,9	1	50	2	3	15	40	4,9	5,4	2	48	6	5	18

Таблица П.2.6

Исходные данные для определения погрешностей аргументов (Задача 7)

Вариант	Функция	m_y , мм	Аргументы		Вариант	Функция	m_y , мм	Аргументы	
			x , м	α , °				x , м	α , °
1	$y = x / \cos \alpha$	50	15	30	21	$y = x(1 + \operatorname{tg} \alpha)$	50	25	8
2	$y = x / \sin \alpha$	40	17	10	22	$y = x^2 / \operatorname{tg} \alpha$	30	19	7
3	$y = x / \operatorname{tg} \alpha$	25	20	5	23	$y = x^2 / \operatorname{tg}^2 \alpha$	25	20	5
4	$y = x / \operatorname{ctg} \alpha$	30	25	40	24	$y = x^2(1 - \cos \alpha)$	15	21	3
5	$y = x \cos \alpha$	20	30	50	25	$y = x \operatorname{tg}^2 \alpha$	10	22	2
6	$y = x \sin \alpha$	15	12	20	26	$y = x / (1 - \cos \alpha)$	50	23	4
7	$y = x \operatorname{tg} \alpha$	10	14	12	27	$y = x^2 / \operatorname{ctg} \alpha$	40	21	6
8	$y = x \operatorname{ctg} \alpha$	40	13	18	28	$y = 2x / \cos \alpha$	50	25	8
9	$y = x^2 \sin \alpha$	50	10	24	29	$y = x / (1 - \sin \alpha)$	30	26	10
10	$y = x^2 \cos \alpha$	10	7	28	30	$y = x^2(1 + \cos \alpha)$	15	27	12
11	$y = x(1 - \cos \alpha)$	20	18	32	31	$y = (x^2) / (5 \sin \alpha)$	20	28	14
12	$y = x(1 - \sin \alpha)$	30	11	40	32	$y = 3x / \operatorname{tg} \alpha$	10	29	16
13	$y = x^3 / \cos^2 \alpha$	15	12	7	33	$y = x / (1 - \operatorname{tg} \alpha)$	35	30	18
14	$y = x^3 / \sin^2 \alpha$	25	13	14	34	$y = x^2 / \operatorname{tg}^2 \alpha$	40	31	20
15	$y = x^2 / \sin^2 \alpha$	35	14	18	35	$y = x / (1 + \operatorname{ctg} \alpha)$	10	32	22
16	$y = x^2 / \cos \alpha$	50	15	26	36	$y = 6x^2 / \operatorname{ctg} \alpha$	25	15	24
17	$y = x^2 / \operatorname{ctg} \alpha$	10	16	13	37	$y = x^3 \sin \alpha$	30	14	26
18	$y = x / (1 + \sin \alpha)$	40	17	11	38	$y = x^2 \operatorname{ctg} \alpha$	50	13	28
19	$y = x^2 / \operatorname{ctg} \alpha$	40	17	11	39	$y = x(1 + \cos \alpha)$	50	13	28
20	$y = x / (1 + \operatorname{ctg} \alpha)$	40	17	11	40	$y = x(1 + \operatorname{ctg} \alpha)$	50	13	28

Исходные данные к лабораторной работе №4

Погрешности измерений в подземном полигоне (Задача 1)

Вариант	Средние квадратические погрешности				Вариант	Средние квадратические погрешности			
	углов		длин линий			углов		длин линий	
	$m_{\beta_1}, \text{с}$	$m_{\beta_2}, \text{с}$	$m_{l_1}, \text{мм}$	$m_{l_2}, \text{мм}$		$m_{\beta_1}, \text{с}$	$m_{\beta_2}, \text{с}$	$m_{l_1}, \text{мм}$	$m_{l_2}, \text{мм}$
1	20	24	20	10	21	22	14	5	20
2	19	15	15	10	22	23	15	7	9
3	17	19	14	18	23	29	17	6	10
4	18	24	12	15	24	28	20	5	15
5	19	25	10	5	25	30	25	9	18
6	20	27	9	7	26	15	12	15	17
7	14	19	7	9	27	16	14	18	19
8	13	15	8	10	28	17	16	19	20
9	12	15	6	12	29	19	20	18	16
10	20	25	5	10	30	19	22	20	10
11	10	20	10	20	31	20	25	19	14
12	19	23	12	18	32	21	24	5	8
13	24	29	15	18	33	22	24	6	9
14	25	30	16	17	34	23	26	7	10
15	26	30	19	20	35	24	26	8	12
16	27	29	20	10	36	25	27	14	16
17	28	30	17	15	37	18	16	25	22
18	29	30	17	15	38	24	36	33	14
19	30	15	15	10	39	32	18	14	36
20	21	18	10	15	40	18	45	8	16

Таблица П.3.2

Результаты неравноточных измерений в треугольнике (Задача 2)

Вариант	Веса измеренных углов		Средняя квадратическая погрешность с весом, равным единице μ , с	Вариант	Веса измеренных углов		Средняя квадратическая погрешность с весом, равным единице, μ , с
	P_1	P_2			P_1	P_2	
1	5	10	16	21	8	2	17
2	4	8	14	22	9	5	18
3	3	6	13	23	10	8	19
4	2	4	12	24	11	9	20
5	1	3	10	25	10	5	22
6	10	9	9	26	10	9	15
7	9	8	7	27	9	8	13
8	4	2	17	28	8	7	12
9	8	6	15	29	7	6	11
10	4	2	17	30	6	5	9
11	6	3	18	31	5	4	8
12	5	4	19	32	4	3	6
13	4	2	20	33	3	2	7
14	1	9	21	34	2	1	14
15	2	8	22	35	8	7	16
16	3	7	23	36	7	8	17
17	4	6	24	37	5	10	15
18	5	5	25	38	15	16	25
19	5	4	15	39	12	13	16
20	7	3	16	40	13	8	18

Таблица П.3.3

Измеренные значения аргументов и их погрешности (Задача 4)

Вариант	Дирекционный угол α			Горизонтальное проложение l , м	Средняя квадратическая погрешность		Вариант	Дирекционный угол α			Горизонтальное проложение l , м	Средняя квадратическая погрешность	
	°	'	"		m_α , с	m_l , мм		°	'	"		m_α , с	m_l , мм
1	30	10	15	123,412	10	10	21	112	15	16	154,912	21	30
2	60	20	42	124,711	20	15	22	114	19	39	155,326	19	25
3	90	15	18	125,813	30	20	23	116	13	42	156,210	17	20
4	120	27	41	127,917	15	25	24	118	24	37	158,320	15	15
5	127	15	24	131,313	25	30	25	119	37	11	161,410	13	10
6	153	12	18	134,425	30	35	26	121	19	47	129,302	11	15
7	184	20	45	136,612	12	40	27	127	11	32	131,407	10	20
8	192	14	35	138,825	14	35	28	129	15	41	133,710	12	25
9	198	16	41	142,911	16	30	29	131	14	18	135,825	14	30
10	34	18	11	153,212	18	25	30	142	18	19	137,911	16	35
11	38	19	40	159,111	20	20	31	148	21	20	139,517	18	40
12	63	14	18	162,718	22	15	32	149	10	02	141,216	20	35
13	75	41	32	112,302	24	10	33	161	18	12	143,392	22	30
14	80	34	20	100,700	26	15	34	167	09	27	145,378	24	25
15	85	17	19	121,219	28	20	35	169	10	12	147,543	26	20
16	87	14	25	126,711	30	25	36	173	41	23	149,104	28	15
17	92	23	19	134,912	29	30	37	88	36	33	116,285	25	15
18	98	25	17	147,341	27	35	38	116	45	46	136,458	32	35
19	100	12	14	149,408	25	40	39	92	28	49	178,166	16	33
20	110	25	19	151,718	23	35	40	76	06	53	98,648	46	16

Исходные данные к лабораторной работе № 5

Таблица П.4.1

Средние квадратические погрешности многократных измерений угла (Задача 1)

Вариант	$m_{\beta(2)}, \text{с}$	$m_{\beta(N)}, \text{с}$	Вариант	$m_{\beta(2)}, \text{с}$	$m_{\beta(N)}, \text{с}$
1	10	5	21	8	4
2	9	3	22	4	2
3	6	1	23	20	2
4	8	4	24	12	3
5	8	2	25	12	4
6	15	5	26	10	2
7	10	2	27	3	1
8	6	2	28	4	1
9	6	3	29	6	3
10	20	10	30	12	6
11	20	5	31	2	1
12	20	4	32	7	1
13	10	1	33	9	1
14	16	8	34	4	2
15	16	4	35	4	1
16	16	1	36	16	2
17	3	2	37	9	2
18	4	1	38	12	2
19	5	1	39	16	2
20	2	1	40	18	3

Таблица П.4.2

Результаты многократных измерений длины линии (Задача 2)

Вариант	Номер измерения									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4,328	4,431	4,322	4,327	4,325	4,349	4,399	4,320	4,312	4,314
2	3,870	3,890	3,896	3,880	3,875	3,876	3,905	3,908	3,835	3,842
3	5,502	5,513	5,518	5,517	5,525	5,513	5,508	5,506	5,523	5,514
4	6,728	6,732	6,734	6,720	6,730	6,736	6,740	6,742	6,759	6,744
5	4,145	4,185	4,155	4,165	4,175	4,170	4,160	4,150	4,153	4,163
6	4,396	4,386	4,305	4,388	4,392	4,384	4,389	4,402	4,406	4,398
7	3,396	3,385	3,408	3,387	3,907	3,381	3,399	3,405	3,403	3,902
8	4,428	4,421	4,425	4,426	4,423	4,422	4,427	4,441	4,430	4,435
9	6,398	6,392	6,402	6,409	6,392	6,388	6,406	6,402	6,408	6,390
10	4,496	4,481	4,405	4,488	4,492	4,490	4,484	4,589	4,522	4,523
11	6,434	6,438	6,442	6,450	6,454	6,462	6,442	6,428	6,436	6,464
12	5,892	5,904	5,906	5,912	5,916	5,891	5,914	5,913	5,921	5,891
13	4,496	4,481	4,505	4,488	4,492	4,490	4,484	4,589	4,522	4,523
14	5,397	5,384	5,405	5,388	5,393	5,390	5,424	5,399	5,404	5,395
15	4,924	4,899	4,992	4,998	4,997	4,956	4,936	4,912	4,916	4,918
16	3,436	3,446	3,458	3,455	3,430	3,420	3,485	3,510	3,480	3,506
17	5,496	5,471	5,515	5,498	5,494	5,493	5,484	5,489	5,532	5,539
18	2,496	2,485	2,505	2,498	2,488	2,492	2,495	2,482	2,498	2,494
19	4,198	4,183	4,206	4,198	4,192	4,224	4,197	4,202	4,221	4,180
20	4,396	4,381	4,395	4,388	4,392	4,390	4,384	4,389	4,405	4,406

Продолжение табл. П.4.2

Вариант	Номер измерения									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	4,286	4,282	4,273	4,288	4,291	4,296	4,294	4,279	4,283	4,290
22	2,396	2,389	2,405	2,408	2,392	2,397	2,384	2,389	2,401	2,391
23	4,594	4,621	4,621	4,618	4,604	4,590	4,598	4,592	4,595	4,591
24	5,252	5,258	5,260	5,262	5,250	5,259	5,263	5,264	5,263	5,253
25	4,406	4,383	4,385	4,388	4,382	4,390	4,389	4,381	4,396	4,411
26	4,396	4,386	4,398	4,389	4,392	4,390	4,387	4,415	4,393	4,401
27	3,649	3,638	3,642	3,639	3,625	3,656	3,645	3,640	3,632	3,630
28	5,892	5,930	5,932	5,936	5,898	5,912	5,922	5,934	5,930	5,932
29	4,564	4,621	4,618	4,604	4,590	4,598	4,560	4,595	4,620	4,608
30	2,496	2,485	2,505	2,498	2,492	2,495	2,482	2,498	2,488	2,536
31	5,496	5,471	5,505	5,498	5,494	5,493	5,484	5,489	5,532	5,523
32	6,434	6,438	6,442	6,450	6,454	6,462	6,442	6,428	6,436	6,464
33	4,198	4,183	4,206	4,198	4,192	4,224	4,197	4,202	4,221	4,192
34	4,496	4,481	4,505	4,488	4,492	4,490	4,484	4,489	4,522	4,523
35	3,436	3,446	3,458	3,455	3,430	3,420	3,485	3,510	3,480	3,450
36	5,892	5,904	5,906	5,912	5,916	5,891	5,914	5,913	5,921	5,891
37	6,245	6,255	6,234	6,254	6,248	6,233	6,249	6,262	6,270	6,233
38	8,568	8,570	8,566	8,546	8,540	8,533	8,546	8,599	8,560	8,556
39	3,269	3,310	3,279	3,288	3,279	3,298	3,303	3,309	3,266	3,285
40	7,414	7,458	7,424	7,489	7,458	7,425	7,435	7,436	7,483	7,465

Исходные данные к лабораторной работе № 6

Таблица П.5.1

Исходные данные для оценки точности
 многократных неравноточных измерений длины линии (Задача 1)

Вариант	Номер серии измерений длины линии										Номер серии измерений длины линии									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Число измерений длины										Средняя квадратическая погрешность одного измерения длины, мм									
1	3	5	7	1	2	4	6	1	3	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	10
2	2	3	8	6	4	2	1	7	5	3	3	3	2	4	2	3	2	4	3	9
3	4	6	8	3	2	3	5	7	1	2	2	3	7	1	3	2	7	1	3	6
4	2	1	7	5	3	2	3	8	6	4	1	3	7	4	4	1	7	4	3	8
5	3	8	6	4	2	1	7	5	3	2	2	4	9	9	5	2	9	9	4	8
6	2	3	5	7	1	2	4	6	8	3	4	4	9	2	6	4	9	2	4	15
7	5	7	1	2	4	6	8	3	2	3	1	4	9	1	7	1	9	1	4	10
8	3	2	3	8	6	4	2	1	7	5	10	10	11	2	8	10	11	2	10	6
9	8	6	4	2	1	7	5	3	2	3	20	10	11	9	20	11	11	11	10	6
10	3	2	3	5	7	1	2	4	6	8	5	10	12	12	10	5	12	12	10	20
11	3	5	7	1	2	4	6	8	3	2	2	10	12	2	11	2	12	2	10	20
12	2	3	8	6	4	2	1	7	5	3	2	5	12	1	12	2	12	1	5	20
13	6	4	2	1	7	5	3	2	3	8	5	5	13	13	13	5	13	13	5	10
14	8	3	2	3	5	7	1	2	4	6	10	15	13	2	14	10	13	2	5	16
15	2	3	5	7	1	2	4	6	8	3	12	6	14	14	15	12	14	14	6	16
16	3	8	6	4	2	1	7	5	3	2	4	6	14	2	16	4	14	2	6	16
17	8	6	4	2	1	7	5	3	2	3	3	6	15	15	17	3	15	15	6	3
18	3	2	3	5	7	1	2	4	6	8	6	6	15	2	18	6	15	2	6	4

Продолжение табл. П.5.1

Вариант	Номер серии измерений длины линии										Номер серии измерений длины линии									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Число измерений длины										Средняя квадратическая погрешность одного измерения длины, мм									
19	7	1	2	4	6	8	3	2	3	5	2	7	16	16	19	2	16	16	7	5
20	5	3	2	3	8	6	4	2	1	7	7	7	16	2	20	7	16	2	7	2
21	6	8	3	2	3	5	7	1	2	4	4	8	16	4	21	4	16	4	8	8
22	4	2	1	7	5	3	2	3	8	6	16	8	17	2	22	16	17	2	8	4
23	2	3	8	6	3	5	7	1	2	4	8	8	17	17	23	8	17	17	8	20
24	4	2	1	7	5	3	6	8	3	2	1	8	18	18	24	1	18	18	8	12
25	6	3	5	7	1	2	4	3	2	8	2	2	18	2	25	2	18	2	2	12
26	6	3	5	7	1	2	4	3	2	8	1	2	2	2	10	5	10	9	2	5
27	4	2	1	7	5	3	6	8	3	2	3	4	3	2	8	4	9	8	1	3
28	2	3	8	6	3	5	7	1	2	4	2	1	3	7	6	3	8	7	1	1
29	4	2	1	7	5	3	2	3	8	6	1	4	3	7	4	2	7	6	3	4
30	6	8	3	2	3	5	7	1	2	4	2	9	4	9	3	1	6	5	6	2
31	5	3	2	3	8	6	4	2	1	7	4	2	4	9	9	10	5	3	1	5
32	7	1	2	4	6	8	3	2	3	5	1	1	4	9	8	9	4	3	1	2
33	3	2	3	5	7	1	2	4	6	8	10	2	10	11	5	7	3	2	1	2
34	8	6	4	2	1	7	5	3	2	3	20	11	10	11	6	8	2	1	2	3
35	3	8	6	4	2	1	1	5	3	2	5	12	10	12	2	4	8	7	1	10
36	2	3	5	7	1	2	4	6	8	3	2	2	10	12	3	6	7	8	2	5
37	4	2	1	7	5	3	6	9	3	2	2	7	2	15	6	19	2	15	8	9
38	6	8	3	2	3	5	7	1	2	4	10	8	16	18	2	22	16	13	8	6
39	8	2	3	4	2	1	6	8	3	9	4	6	3	9	2	15	16	3	10	8
40	2	3	4	2	1	7	6	5	3	6	5	8	15	12	10	6	8	13	11	15

Таблица П.5.2

Измеренные горизонтальные и исходные дирекционные углы в висячих полигонах (Задача 2)

Полигон I				Полигон II				Полигон III			
Угол	°	'	"	Угол	°	'	"	Угол	°	'	"
1-2	44	18		12-11	134	28		13-14	227	16	15
1-2-3	179	16	25	12-11-10	179	19		13-14-15	90	18	
2-3-4	177	55	46	11-10-9	91	12	15	14-15-6	179	14	55
3-4-5	185	17		10-9-8	180	57	09	15-6-7	180	14	
4-5-6	270	18	25	9-8-7	181	00	10				
5-6-7	179	54		8-7-6	90	05					

Примечание: Число секунд в дирекционных углах 1-2 и 12-11 принять равными номеру варианта. Число секунд (при отсутствии значения) в горизонтальных углах каждого полигона принять последовательно равными числу и месяцу рождения.

Таблица П.5.3

Измеренные значения угла (Задача 3)

Вариант	Номер измерения											
	I				II		III			IV		
	Номер приема											
	1		2	3	4	1	2	1	2	3	1	
	Измеренное значение угла в приемах											
	°	'	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
1	216	23	30	28	20	32	36	40	45	50	44	15
2	206	32	30	29	28	26	23	21	20	18	15	16
3	204	18	22	24	26	25	24	23	22	21	20	19
4	202	16	18	20	22	24	26	28	25	23	21	30
5	210	18	20	25	23	20	23	25	22	28	29	24
6	215	20	21	22	24	23	25	26	27	28	29	30
7	214	30	29	28	27	26	24	23	21	26	27	28
8	213	24	25	26	27	28	29	10	12	14	16	18
9	200	10	16	12	14	18	20	21	22	23	24	25
10	201	21	28	29	17	15	29	30	18	10	21	29
11	202	20	10	30	12	14	16	13	20	18	24	25
12	211	16	17	18	19	24	26	28	29	30	31	32
13	212	18	24	20	15	16	17	18	19	20	21	22
14	203	19	21	22	24	25	27	27	28	29	30	31
15	205	22	23	24	16	18	17	16	15	14	12	10
16	204	24	26	22	21	20	19	18	17	16	15	14
17	215	29	30	28	10	12	14	16	18	20	22	24
18	212	25	24	23	12	14	16	18	20	22	24	26
19	211	21	22	21	14	16	18	20	22	26	28	30

Продолжение табл. П.5.3

Вариант	Номер измерения											
	I				II		III			IV		
	Номер приема											
	1		2	3	4	1	2	1	2	3	1	
	Измеренное значение угла в приемах											
	°	'	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
20	209	18	17	16	20	22	24	26	27	28	29	10
21	208	10	12	30	15	19	17	13	11	10	12	26
22	216	23	30	28	20	32	36	40	45	50	44	45
23	210	22	29	27	19	31	33	39	14	29	43	14
24	202	20	27	25	17	30	34	38	42	45	40	19
25	213	21	28	26	18	32	33	37	41	44	39	18
26	216	23	30	28	20	32	36	40	45	50	44	15
27	206	32	30	29	28	26	23	21	20	18	15	16
28	204	18	22	24	26	25	24	23	22	21	20	19
29	202	16	18	20	22	24	26	28	25	23	21	30
30	210	18	20	25	23	20	23	25	22	28	29	24
31	215	20	21	22	24	23	25	26	27	28	29	30
32	214	30	29	28	27	26	24	23	21	26	27	28
33	213	24	25	26	27	28	29	10	12	14	16	18
34	200	10	16	12	14	18	20	21	22	23	24	25
35	201	21	28	29	17	15	29	30	18	10	21	29
36	202	20	10	30	12	14	16	18	20	18	24	25
37	214	15	23	32	15	25	29	30	25	15	28	26
38	223	46	44	43	56	48	52	46	48	44	46	43
39	248	32	12	30	24	18	14	13	22	28	19	22
40	236	58	28	30	21	21	34	39	43	48	46	42

Исходные данные к лабораторной работе № 7

Таблица П.6.1

Результаты измерения превышений (Задача 1)

Вариант	Сторона рейки	Превышение по красной (К) и черной (Ч) сторонам рейки, м								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	К	1,384	-0,817	0,373	0,448	1,755	0,211	0,314	-0,227	0,972
	Ч	1,382	-0,813	0,37	0,451	1,758	0,215	0,317	-0,229	0,975
2	К	0,125	1,014	3,418	-2,954	-6,198	2,846	2,437	-1,566	1,011
	Ч	0,129	1,019	3,415	-2,958	-6,188	2,84	2,416	-1,549	1,02
3	К	-1,125	0,664	-0,303	-0,364	-1,427	-0,172	-0,255	0,185	-0,79
	Ч	-1,124	0,661	-0,301	-0,367	-1,429	-0,175	-0,258	0,186	-0,793
4	К	-1,702	1,005	-0,459	-0,551	-2,159	-0,26	-0,386	0,279	-1,196
	Ч	-1,7	1	-0,455	-0,555	-2,162	-0,264	-0,39	0,282	-1,199
5	К	2,772	-1,636	0,747	0,897	3,515	0,423	0,629	-0,455	1,947
	Ч	2,771	-1,63	0,742	0,904	3,525	0,431	0,636	-0,459	1,955
6	К	0,423	0,629	-0,455	1,947	2,772	-1,636	0,747	0,897	3,515
	Ч	0,431	0,636	-0,459	1,955	2,771	-1,63	0,742	0,904	3,525
7	К	-0,126	-1,024	-3,453	3,021	6,322	-2,875	-2,462	1,582	-1,021
	Ч	-0,132	-1,04	-3,454	3,018	6,314	-2,898	-2,465	1,581	-1,041
8	К	-8,714	5,136	-2,35	-2,821	-11,054	-1,331	-1,976	1,428	-6,124
	Ч	-8,704	5,12	-2,338	-2,842	-11,069	-1,352	-1,997	1,444	-6,139
9	К	0,64	5,192	17,5	-15,124	-31,742	14,572	12,477	-8,018	5,21
	Ч	0,66	5,201	17,485	-15,145	-31,734	14,541	12,47	-8,025	5,222

Продолжение табл. П.6.1

Вариант	Сторона рейки	Превышение по красной (К) и черной (Ч) сторонам рейки, м								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	К	-5,76	3,4	-1,551	-1,864	-7,306	-0,881	-1,306	0,947	-4,045
	Ч	-5,755	3,384	-1,541	-1,879	-7,316	-0,896	-1,321	0,952	-4,06
11	К	1,095	1,608	-1,162	4,977	7,086	-4,183	1,91	2,294	8,986
	Ч	1,101	1,623	-1,172	4,992	7,076	-4,163	1,894	2,309	9,001
12	К	0,43	0,641	-0,463	1,983	2,823	-1,667	0,761	0,914	3,58
	Ч	0,439	0,647	-0,467	1,989	2,819	-1,659	0,755	0,92	3,586
13	К	0,255	2,069	6,973	-6,026	-12,64	5,806	4,971	-3,195	2,062
	Ч	0,263	2,079	6,967	-6,034	-12,64	5,794	4,929	-3,16	2,081
14	К	-2,295	1,355	-0,618	-0,743	-2,911	-0,351	-0,52	0,377	-1,612
	Ч	-2,293	1,348	-0,614	-0,749	-2,915	-0,357	-0,526	0,379	-1,618
15	К	-3,472	2,05	-0,936	-1,124	-4,404	-0,53	-0,787	0,569	-2,44
	Ч	-3,468	2,04	-0,928	-1,132	-4,41	-0,539	-0,796	0,575	-2,446
16	К	-0,744	0,34	0,408	1,598	0,874	1,3	-0,94	4,025	5,731
	Ч	-0,75	0,342	0,416	1,603	0,89	1,313	-0,948	4,038	5,723
17	К	2,592	2,219	-1,426	0,921	0,518	4,199	14,155	-12,23	-25,667
	Ч	2,622	2,23	-1,43	0,932	0,534	4,22	14,142	-12,25	-25,626
18	К	-0,157	-0,232	0,168	-0,719	-4,659	2,75	-1,255	-1,507	-5,909
	Ч	-0,162	-0,238	0,172	-0,732	-4,655	2,737	-1,247	-1,52	-5,918
19	К	-0,237	-0,352	0,254	-1,089	-7,048	4,162	-1,901	-2,282	-8,941
	Ч	-0,244	-0,36	0,26	-1,107	-7,04	4,141	-1,884	-2,298	-8,953
20	К	7,107	-4,196	1,916	2,301	9,013	1,083	1,613	-1,165	4,992
	Ч	7,097	-4,175	1,9	2,316	9,028	1,104	1,628	-1,176	5,007

Продолжение табл. П.6.1

Вариант	Сторона рейки	Превышение по красной (К) и черной (Ч) сторонам рейки, м								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	К	2,831	-1,672	0,763	0,917	3,591	0,431	0,643	-0,464	1,989
	Ч	2,827	-1,664	0,757	0,923	3,597	0,44	0,649	-0,468	1,995
22	К	-2,92	-0,352	-0,522	0,378	-1,617	-2,302	1,359	-0,62	-0,745
	Ч	-2,924	-0,358	-0,528	0,38	-1,623	-2,3	1,352	-0,616	-0,751
23	К	-4,417	-0,532	-0,789	0,571	-2,447	-3,482	2,056	-0,939	-1,127
	Ч	-4,423	-0,541	-0,798	0,577	-2,453	-3,478	2,046	-0,931	-1,135
24	К	0,877	1,304	-0,943	4,037	5,748	-0,746	0,341	0,409	1,603
	Ч	0,893	1,317	-0,951	4,05	5,74	-0,752	0,343	0,417	1,628
25	К	0,52	4,212	14,197	-12,278	-25,71	2,6	2,226	-1,43	0,924
	Ч	0,536	4,233	14,184	-12,287	-25,7	2,63	2,237	-1,434	0,945
26	К	-4,673	2,758	-1,259	-1,512	-5,927	-0,157	-0,233	0,169	-0,721
	Ч	-4,669	2,745	-1,251	-1,525	-5,936	-0,162	-0,239	0,173	-0,734
27	К	-7,069	4,174	-1,907	-2,289	-8,968	-0,238	-0,353	0,255	-1,092
	Ч	-7,061	4,153	-1,897	-2,305	-8,98	-0,245	-0,361	0,261	-1,11
28	К	-7,328	-0,884	-1,31	0,95	-4,057	-5,777	3,41	-1,556	-1,87
	Ч	-7,338	-0,899	-1,325	0,955	-4,072	-5,772	3,394	-1,546	-1,885
29	К	-12,682	5,823	4,986	-3,205	2,078	0,256	2,075	6,994	-6,044
	Ч	-12,672	5,811	4,944	-3,169	2,087	0,264	2,085	6,988	-6,052
30	К	-8,051	3,697	0,162	1,317	3,146	-2,024	1,313	4,44	-3,837
	Ч	-8,038	3,689	0,168	1,324	3,138	-2,012	1,325	4,436	-3,842

Продолжение табл. П.6.1

Вариант	Номер измерения									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
31	К	-1,854	-0,223	-1,461	0,863	-0,331	0,24	-1,026	-0,394	-0,473
	Ч	-1,856	-0,227	-1,46	0,859	-0,335	0,242	-1,03	-0,391	-0,477
32	К	-2,805	-0,338	-2,211	1,305	-0,501	0,362	-1,554	-0,596	-0,716
	Ч	-2,808	-0,343	-2,208	1,299	-0,507	0,366	-1,558	-0,591	-0,721
33	К	8,215	-3,735	-0,164	-1,33	-3,198	2,055	-1,326	-4,485	3,896
	Ч	8,202	-3,765	-0,171	-1,341	-3,202	2,054	-1,332	-4,491	3,91
34	К	4,566	0,549	3,601	-2,125	0,817	-0,591	2,529	0,97	1,165
	Ч	4,579	0,56	3,6	-2,117	0,826	-0,596	2,54	0,964	1,174
35	К	3,601	-2,125	0,549	0,817	0,97	1,165	4,566	-0,591	2,529
	Ч	3,6	-2,117	0,56	0,826	0,964	1,174	4,579	-0,596	2,54
36	К	-14,359	-1,749	-11,32	6,655	-2,597	1,855	-7,955	-3,043	-3,664
	Ч	-14,369	-1,756	-11,31	6,651	-2,594	1,866	-7,975	-3,027	-3,672
37	К	-4,222	18,929	0,831	6,744	16,208	-10,42	6,724	22,733	-19,666
	Ч	-4,232	18,889	0,857	6,777	16,219	-10,4	6,733	22,713	-19,673
38	К	-9,49	-1,144	-7,482	4,417	-1,696	1,23	-5,254	-2,015	-2,421
	Ч	-9,503	-1,164	-7,476	4,396	-1,716	1,237	-5,274	-2,002	-2,431
39	К	2,28	0,274	1,798	-1,061	0,408	-0,295	1,263	0,485	0,582
	Ч	2,284	0,279	1,795	-1,056	0,412	-0,297	1,267	0,481	0,586
40	К	-8,051	3,697	0,162	1,317	3,146	-2,024	1,313	4,44	-3,837
	Ч	-8,038	3,689	0,168	1,324	3,138	-2,012	1,325	4,436	-3,842

Таблица П.6.2

Характеристики двойных нивелирных ходов (Задача 2)

Вариант	Номер нивелирного хода										Номер нивелирного хода									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Разность суммы превышений прямого и обратного ходов d_i , мм										Число станций k_i									
1	6	-12	-17	11	7	-11	4	16	12	10	19	36	11	7	20	28	19	24	15	12
2	-15	-5	-19	7	14	-9	1	8	13	-13	30	5	14	28	25	19	22	7	25	20
3	12	-10	9	15	7	15	-6	-4	17	12	5	33	35	31	27	21	6	4	23	19
4	18	14	-1	-14	2	1	19	-18	10	-18	7	20	28	19	24	36	36	30	30	14
5	-9	20	6	19	-4	3	11	-2	4	-18	38	25	19	22	37	25	30	19	36	11
6	-12	-8	-1	14	1	10	9	15	10	-15	19	16	29	34	25	17	23	37	38	30
7	-5	-9	-8	-10	12	-19	-14	14	5	-17	5	24	13	7	9	14	13	36	16	34
8	6	2	19	19	15	12	-25	-35	9	7	30	32	23	21	12	28	26	24	9	17
9	18	-12	-17	11	7	-11	4	16	12	10	37	14	8	20	12	20	7	33	27	32
10	-5	-19	7	14	-9	1	8	13	-13	-15	20	38	26	34	11	39	7	25	36	33
11	6	-12	-17	11	7	-11	4	16	12	10	19	36	11	7	20	28	19	24	36	36
12	-9	20	6	19	-4	3	11	-2	4	-18	5	24	13	7	9	14	13	36	16	34
13	-15	-5	-19	7	14	-9	1	8	13	-13	30	32	23	21	12	28	26	24	9	17
14	-12	-8	-1	14	1	10	9	15	10	-15	30	30	14	38	25	19	22	37	25	30
15	-5	-9	-8	-10	12	-19	-14	14	5	-17	19	16	29	34	25	17	23	37	38	30
16	0	-10	9	15	7	15	-6	-4	17	12	12	6	8	8	24	13	7	4	16	11
17	5	33	35	31	27	21	6	4	23	19	6	2	19	19	15	12	5	8	9	7
18	37	14	-8	20	12	-20	7	33	-27	32	20	38	26	34	11	39	1	25	36	33
19	18	14	-1	-14	2	1	19	-18	10	-18	14	25	2	16	21	19	14	3	8	18
20	36	30	-30	14	-20	28	-19	24	36	-18	5	33	35	31	27	21	6	4	23	19

Продолжение табл. П.6.2

Вариант	Номер нивелирного хода										Номер нивелирного хода									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Разность суммы превышений прямого и обратного ходов d_i , мм										Число станций k_i									
21	-43	-18	-36	50	21	-29	-32	7	-43	-19	5	7	10	10	26	12	25	4	18	10
22	21	-54	43	64	-32	-43	-18	21	-34	-18	15	9	21	19	18	7	13	22	24	17
23	4	5	6	4	1	4	2	3	4	-5	15	9	15	5	24	20	24	27	10	6
24	25	50	25	7	-14	4	43	54	25	-32	25	8	29	5	18	26	24	15	28	19
25	-4	-3	5	25	1	4	-7	4	-4	0	5	15	21	14	18	26	26	14	26	8
26	1	0	-2	7	4	3	-5	-9	1	3	5	7	10	10	26	12	25	4	18	10
27	6	3	-1	-6	-1	5	5	-12	6	5	15	9	21	19	18	7	13	22	24	17
28	-61	-68	32	-4	21	-4	-29	-18	32	25	28	18	14	16	27	18	22	22	22	10
29	4	-5	4	-6	-6	-5	-6	2	4	-5	25	18	13	17	27	28	22	14	12	21
30	39	25	54	-50	68	50	-36	68	39	50	6	18	10	5	3	12	8	9	4	6
31	-43	-16	-18	-29	-32	-36	18	50	50	37	14	11	9	4	6	7	5	4	1	14
32	21	-32	-54	-43	-18	0	18	32	-26	-29	25	8	29	1	18	26	24	15	28	19
33	4	1	5	4	2	6	8	-9	4	13	12	15	14	10	2	6	13	10	18	1
34	25	-14	50	4	43	25	26	43	7	-71	23	20	15	4	3	17	14	4	24	26
35	-4	1	-3	4	-7	5	7	-7	0	10	5	15	21	14	18	11	9	14	26	8
36	1	4	0	3	-5	-2	2	2	7	-7	21	18	14	16	5	18	15	22	4	10
37	6	-1	3	5	5	-1	1	12	-6	8	23	20	15	4	3	17	14	4	24	26
38	-61	21	-68	-4	-29	32	-25	-29	-4	-18	14	18	26	26	22	22	10	5	15	21
39	4	-6	-5	-5	-6	4	7	11	-6	-6	16	27	18	22	14	26	8	28	18	14
40	39	28	25	50	-36	54	-11	71	-50	51	25	18	13	17	27	28	22	14	12	21

Приложение 7

Исходные данные к лабораторной работе № 8

Таблица П.7.1

Исходные данные для установления взаимосвязи
между компонентами в железной руде

Вариант	Компоненты железной руды		Проба ¹¹	Вариант	Компоненты железной руды		Проба ¹¹
	CaO	Fe _{общее}			Al ₂ O ₃	Fe _{общее}	
1	CaO	Fe _{общее}	1	21	Al ₂ O ₃	Fe _{общее}	15
2	SiO ₂	Fe _{общее}	1	22	CaO	Fe _{рудное}	15
3	Al ₂ O ₃	Fe _{общее}	1	23	SiO ₂	Fe _{рудное}	15
4	CaO	Fe _{рудное}	1	24	Al ₂ O ₃	Fe _{рудное}	15
5	SiO ₂	Fe _{рудное}	1	25	CaO	Fe ₂ O ₃	15
6	Al ₂ O ₃	Fe _{рудное}	1	26	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	15
7	CaO	Fe ₂ O ₃	1	27	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	15
8	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	1	28	CaO	Fe _{общее}	25
9	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	1	29	SiO ₂	Fe _{общее}	25
10	CaO	Fe _{общее}	5	30	Al ₂ O ₃	Fe _{общее}	25
11	SiO ₂	Fe _{общее}	5	31	CaO	Fe _{рудное}	25
12	Al ₂ O ₃	Fe _{общее}	5	32	SiO ₂	Fe _{рудное}	25
13	CaO	Fe _{рудное}	5	33	Al ₂ O ₃	Fe _{рудное}	25
14	SiO ₂	Fe _{рудное}	5	34	CaO	Fe ₂ O ₃	25
15	Al ₂ O ₃	Fe _{рудное}	5	35	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	25
16	CaO	Fe ₂ O ₃	5	36	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	25
17	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	5	37	Al ₂ O ₃	Fe _{рудное}	10
18	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	5	38	CaO	Fe ₂ O ₃	10
19	CaO	Fe _{общее}	15	39	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	20
20	SiO ₂	Fe _{общее}	15	40	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	20

Таблица П.7.2

Данные химического анализа содержания железных руд

Проба	Содержание, %					
	Fe _{рудное}	Fe _{общее}	Fe ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
1	49,9	49,7	47,4	6,5	11,2	5,9
2	47,4	47,8	47,9	6,3	13,2	5,5
3	47,2	47,4	46,5	7,8	12,5	3,3
4	46,4	46,4	48,2	6,5	14,0	4,1

¹¹ Проба, с которой начинать выборку в табл. П.7.2

Продолжение табл. П.7.2

Проба	Содержание, %					
	Fe _{рудное}	Fe _{общее}	Fe ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
5	49,5	49,7	54,4	5,3	13,2	3,6
6	46,7	46,8	44,8	8,3	12,5	4,0
7	54,7	54,0	56,1	3,7	9,4	3,5
8	50,6	51,1	49,2	7,3	10,2	3,1
9	42,9	43,6	41,8	11,1	13,4	4,0
10	53,0	53,7	49,8	5,5	10,2	2,8
11	55,3	55,4	54,0	6,3	7,3	2,1
12	52,4	52,6	49,9	6,5	8,1	3,1
13	50,8	51,0	53,2	7,4	10,1	2,8
14	57,3	57,6	58,6	4,6	6,5	1,6
15	55,3	55,4	52,5	5,1	7,9	2,3
16	33,7	34,6	37,2	12,3	24,1	7,3
17	56,9	57,2	60,3	4,3	7,5	2,42
18	59,1	59,3	61,8	3,1	9,4	2,2
19	48,2	48,4	48,4	3,5	12,5	2,65
20	57,4	57,1	58,2	4,7	7,9	2,5
21	48,2	48,4	47,6	6,2	16,0	4,3
22	47,8	48,2	46,5	7,1	15,4	4,8
23	50,0	50,3	49,4	7,6	12,2	3,0
24	53,0	53,2	54,1	6,4	12,1	3,1
25	47,8	47,9	46,7	6,7	13,8	3,8
26	52,1	52,6	49,8	5,8	10,6	2,84
27	52,3	52,8	49,1	6,1	12,7	2,95
28	43,1	43,5	45,1	9,2	17,2	4,9
29	54,1	54,4	53,7	5,9	10,1	2,8
30	48,3	48,7	46,6	9,3	12,1	2,6
31	52,1	53,0	52,8	7,1	9,8	3,1
32	53,1	53,4	53,8	6,7	10,3	2,6
33	53,3	53,5	53,4	7,1	9,8	3,0
34	55,9	56,6	54,0	6,4	6,9	2,1
35	56,1	56,7	56,2	5,4	7,7	2,6
36	56,6	57,1	55,9	5,1	7,9	2,7
37	52,5	52,6	31,8	7,2	10,7	3,2
38	51,1	51,8	52,4	7,9	12,2	2,9
39	55,6	55,7	54,3	6,1	8,1	2,7
40	33,9	35,6	38,9	12,9	20,9	6,3
41	35,0	36,3	38,4	11,9	21,6	6,6

Продолжение табл. П.7.2

Проба	Содержание, %					
	Fe _{рудное}	Fe _{общее}	Fe ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
42	39,9	40,2	42,1	9,3	19,8	5,1
43	32,9	34,1	32,7	11,3	22,1	7,0
44	36,5	37,6	38,1	11,2	22,2	7,2
45	38,1	39,1	41,8	12,5	20,9	1,24
46	35,8	36,9	37,1	11,8	23,1	5,6
47	43,8	44,2	42,7	10,2	14,6	3,6
48	48,2	48,1	46,8	8,3	10,8	2,6
49	45,3	45,5	44,8	9,0	13,4	3,2
50	53,3	53,6	32,8	5,2	11,0	2,6
51	44,8	45,1	43,4	9,7	13,2	3,2
52	43,5	43,6	44,8	8,7	15,1	3,1
53	50,2	50,6	50,1	7,4	11,2	2,9
54	48,1	48,4	49,1	8,7	14,1	2,8
55	47,2	47,1	46,4	8,4	13,2	2,7
56	40,7	41,1	41,7	10,1	17,1	4,2
57	43,1	43,4	41,4	10,3	14,1	4,8
58	40,5	41,1	41,3	11,5	17,2	3,6
59	51,2	51,4	49,7	7,1	11,6	1,6
60	51,6	52,4	52,4	7,1	10,3	1,7
61	52,5	52,5	50,9	6,3	10,1	3,8
62	53,1	53,4	50,9	5,2	11,8	2,9
63	43,4	43,6	42,5	9,6	19,3	4,3
64	56,8	54,1	52,2	5,2	10,1	1,0
65	51,9	52,2	49,8	6,1	10,2	1,3
66	52,8	52,9	49,7	5,2	10,1	3,1
67	54,1	54,3	51,5	4,2	9,8	1,3
68	58,4	58,6	60,1	3,6	9,1	1,0
69	36,6	34,8	36,1	11,4	25,1	7,9
70	33,3	33,4	29,8	13,6	27,4	7,1
71	47,9	48,1	46,9	10,2	15,4	5,6
72	48,1	48,4	47,5	8,1	11,5	3,5
73	49,0	49,4	48,6	7,4	12,3	3,8
74	47,9	48,6	47,4	7,8	11,3	3,2
75	48,8	49,5	49,4	7,6	11,5	3,3

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	1
Лабораторная работа № 1. Исследование свойств случайных погрешностей измерений по невязкам в треугольниках	3
Лабораторная работа № 2. Проверка соответствия фактического распределения случайных погрешностей нормальному закону	5
Лабораторная работа № 3. Определение погрешности заданной функции	9
Лабораторная работа № 4. Определение веса заданной функции	11
Лабораторная работа № 5. Обработка многократных равноточных измерений одной величины	13
Лабораторная работа № 6. Обработка многократных неравноточных измерений одной величины	14
Лабораторная работа № 7. Обработка двойных измерений	17
Лабораторная работа № 8. Статистическая обработка результатов измерений содержания компонентов железной руды	18
Лабораторная работа № 9. Определение погрешности среднего значения на основе метода комбинаторных разрежений	20
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	22
Приложение 1. Исходные данные к лабораторным работам № 1 и № 2	23
Приложение 2. Исходные данные к лабораторной работе № 3	34
Приложение 3. Исходные данные к лабораторной работе № 4	41
Приложение 4. Исходные данные к лабораторной работе № 5	44
Приложение 5. Исходные данные к лабораторной работе № 6	47
Приложение 6. Исходные данные к лабораторной работе № 7	52
Приложение 7. Исходные данные к лабораторным работам № 8 и № 9	58

Составители

Тамара Борисовна Рогова
Светлана Петровна Бахаева
Татьяна Викторовна Михайлова

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Методические указания к лабораторным работам
для студентов специальности 130400.65 «Горное дело»
специализации 130404.65 «Маркшейдерское дело»
очной формы обучения

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 06.10.2014. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 3,3.
Тираж 20 экз. Заказ .

КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.
Издательский центр УИП КузГТУ.
650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4 А.