

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Бойко Елена Григорьевна  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 04.10.2024 10:10:95  
Уникальный программный ключ:  
e69eb689122030af7d22cc354bf0eb9d453ecf8f

Министерство науки и высшего образования РФ  
ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья  
Агротехнологический институт  
Кафедра землеустройства и кадастров

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой



Е.П. Евтушкова

«31» мая 2024 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### ***ТЕОРИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ***

для направления подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры  
профиль Земельный кадастр

Уровень высшего образования – бакалавриат

Форма обучения – очная, заочная

Тюмень, 2024

При разработке рабочей программы учебной дисциплины в основу положены:

- 1) ФГОС ВО по направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры утвержденный Министерством науки и высшего образования РФ «12» августа 2020 г., приказ № 978 Российской Федерации
- 2) Учебный план основной образовательной программы 21.03.02 Землеустройство и кадастры одобрен Ученым советом ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья от «31» мая 2024 г. Протокол №14

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) одобрена на заседании кафедры землеустройства и кадастров от «31» мая 2024 г. Протокол №10

Заведующий кафедрой



Е.П. Евтушкова

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) одобрена методической комиссией Агротехнологического института от «31» мая 2024 г. Протокол №8

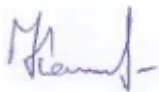
Председатель  
методической комиссии  
Агротехнологического  
института



Т.В. Симакова

### **Разработчики:**

Матвеева А.А., ст. преподаватель кафедры землеустройства и кадастров  
Вавулина Л.П., директор ООО «Кадастровый инженер г. Тюмень»



Директор института:

М.А. Коноплин

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Результаты освоения	Индикатор достижения компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ОПК-4</b>	Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять полученные результаты с применением информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств	<b>ИД-Зопк-4-</b> Способен обрабатывать полученные результаты геодезических измерений	<b>знать:</b> - основные понятия и принципы обработки результатов измерений; <b>уметь:</b> - применять методы обработки и оценки точности результатов геодезических измерений; <b>владеть:</b> - навыками обработки результатов равнооточных и неравнооточных измерений; навыками уравнивания результатов измерений.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина относится к Блоку 1 обязательной части образовательной программы.

Дисциплина базируется на знаниях в области: введения в профессиональную деятельность, математики, геодезии, информатики и цифровых технологий.

«Теория математической обработки геодезических измерений» является предшествующей дисциплиной для дисциплин: «Фотограмметрия и дистанционное зондирование территории».

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре по очной форме обучения и на 2 курсе в 4 семестре по заочной форме обучения.

## 3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 часов (3 зачетные единицы).

Вид учебной работы	Форма обучения	
	очная	заочная
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>50</b>	<b>14</b>
В том числе:	-	-
Лекции	16	6
Семинарского типа	34	8
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>58</b>	<b>94</b>
В том числе:	-	-
Проработка материала лекций, подготовка к занятиям	26	70
Самостоятельное изучение тем	10	
Расчетно-графическая работа	22	-
Контрольная работа	-	24
Вид промежуточной аттестации	зачет	зачет
<b>Общая трудоемкость:</b>		
часов	<b>108</b>	<b>108</b>
зачетных единиц	3	3

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	2	3
1.	Теория ошибок измерений	Задачи теории ошибок. Сущность, классификация и условия измерений. Классификация ошибок измерений. Кривая Гаусса и её свойства. Критерии оценки точности измерений. Определение коэффициента корреляции и уравнения регрессии по опытным данным
2.	Оценка точности функций измеренных величин	Средняя квадратическая ошибка определенных функций. Средняя квадратическая ошибка среднего арифметического. Уклонения от среднего арифметического и их свойство. Средняя квадратическая ошибка одного измерения, вычисленная по уклонениям. Определение точности измерений углов по невязкам. Определение точности измерения превышений по невязкам
3.	Обработка равноточных и неравноточных измерений	Обработка результатов равноточных измерений одной величины. Оценка точности по разностям двойных равноточных измерений. Вес и его свойства. Среднее весовое и его вес. Уклонения результатов ряда неравноточных измерений и их свойство. Средняя квадратическая ошибка единицы веса.
4.	Уравнительные вычисления и метод наименьших квадратов	Сущность уравнительных вычислений. Строгие и упрощенные способы уравнивания. Общие понятия о методе наименьших квадратов

##### 4.2. Разделы дисциплин и виды занятий

###### очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекционного типа	Семинарского типа	СР	Всего час.
1	2	3	4	5	6
1.	Теория ошибок измерений	4	10	12	26
2.	Оценка точности функций измеренных величин	4	6	14	24
3.	Обработка равноточных и неравноточных измерений	6	12	16	34
4.	Уравнительные вычисления и метод наименьших квадратов	2	6	16	24
<b>Итого:</b>		<b>16</b>	<b>34</b>	<b>58</b>	<b>108</b>

###### заочная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекционного типа	Семинарского типа	СР	Всего час.
1	2	3	4	5	6
1.	Теория ошибок измерений	2	4	24	30
2.	Оценка точности функций измеренных величин	2	-	22	24
3.	Обработка равноточных и неравноточных измерений	2	4	26	32

4.	Уравнительные вычисления и метод наименьших квадратов	-	-	22	22
<b>Итого:</b>		<b>6</b>	<b>8</b>	<b>94</b>	<b>108</b>

#### 4.3. Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тема	Трудоемкость (час.)	
			очная	заочная
1	2	3	4	5
1.	1	Решение задач на подсчет вероятностей появления ошибок геодезических измерений	2	-
2.		Решение задач на определение вида погрешности	2	-
3.		Исследование ряда ошибок на соответствие закону нормального распределения	4	2
4.		Определение коэффициента корреляции и уравнения регрессии по опытным данным	2	2
5.	2	Решение задач на подсчет средней квадратической погрешности для функций вида: суммы, разности, линейной, произведения и частного	4	-
6.		Определение точности измерений углов и превышений по невязкам	2	-
7.	3	Обработка результатов равнооточных измерений одной величины	2	1
8.		Оценка точности по разностям двойных равнооточных измерений	2	1
9.		Обработка ряда неравнооточных измерений	6	2
10.		Определение весов коррелированных и некоррелированных аргументов	2	-
11.	4	Уравнивание нивелирных ходов способом В.В. Попова	4	-
12.		Параметрический способ уравнивания по методу наименьших квадратов	2	-
<b>Итого:</b>			<b>16</b>	<b>4</b>

4.4. Примерная тематика курсовых проектов (работ) - не предусмотрено ОПОП

## 5. Организация самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 5.1. Типы самостоятельной работы и ее контроль

Тип самостоятельной работы	Форма обучения		Текущий контроль
	очная	заочная	
Проработка материала лекций, подготовка к занятиям	26	70	тестирование
Самостоятельное изучение тем	10		тестирование
Расчетно-графическая работа	22	-	собеседование
Контрольная работа	-	24	собеседование
всего часов:	58	94	

### 5.2. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы:

1. Стандарт предприятия: Общие требования к разработке и оформлению документации по направлению подготовки бакалавриата 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» и магистратуры 21.04.02 «Землеустройство и кадастры» / Е.П. Евтушкова, М.А. Коноплин, Т.В. Симакова [и др.]. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2017. – 200 с. (15 экз. в библиотеке 7-го корпуса).

2. Основы картографии: Учебное пособие. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. – 194 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/190123>

3. ГИС-технологии в землеустройстве и кадастре / А.В. Симаков, Т.В. Симакова, Е.П. Евтушкова [и др.]; Федеральное государственное бюджетное учреждение Государственный аграрный университет Северного Зауралья. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2022. – 254 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/255965>

4. Математическая обработка результатов геодезических измерений: учебное пособие / А.Б. Беликов, В.В. Симонян. — 2-е изд. — Москва: МИСИ – МГСУ, 2016. — 432 с. — ISBN 978-7264-1255-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/73707>

### 5.3. Темы, выносимые на самостоятельное изучение:

#### Очная форма обучения

Раздел 1: Теория ошибок измерений

1. Критерий определения слабодействующих и превалирующих источников погрешностей.

2. Искажение среднеквадратической погрешности систематическими погрешностями.

3. Априорная оценка точности.

4. Методы теории погрешностей при исследовании приборов.

5. Влияние ошибок округлений аргументов на точность функций.

Раздел 3: Обработка равноточных и неравноточных измерений

1. Применение методов теории погрешностей зависимых результатов измерений к обработке результатов GPS-измерений.

2. Установление доверительных границ при неравноточных измерениях.

Раздел 4: Уравнительные вычисления и метод наименьших квадратов

1. Порядок составления нормальных уравнений с контролем по суммам.

2. Порядок уравнивания геодезических построений параметрическим методом.

3. Точечный метод решения систем нормальных уравнений.

4. Итерационный метод решения систем нормальных уравнений.

5. Апостериорная оценка точности в параметрическом методе уравнивания.

#### Заочная форма обучения

Раздел 1: Теория ошибок измерений

1. Искажение среднеквадратической погрешности систематическими погрешностями.

2. Методы теории погрешностей при исследовании приборов.

3. Влияние ошибок округлений аргументов на точность функций.

Раздел 2: Оценка точности функций измеренных величин

1. Оценка точности функций зависимых результатов измерений.

2. Понятие доброкачественной оценки.

3. Метод максимального правдоподобия.

4. Метод моментов.

5. Неравенство Рао-Крамера.

Раздел 3: Обработка равноточных и неравноточных измерений

1. Применение методов теории погрешностей зависимых результатов измерений к обработке результатов GPS-измерений.

2. Установление доверительных границ при неравноточных измерениях.

Раздел 4: Уравнительные вычисления и метод наименьших квадратов

1. Порядок составления нормальных уравнений с контролем по суммам.

2. Порядок уравнивания геодезических построений параметрическим методом.

3. Точечный метод решения систем нормальных уравнений.

### Контрольная работа (для заочной формы обучения)

К выполнению работы следует приступить после завершения изучения литературы. В ответах не следует уклоняться от существа вопроса или перегружать ответ рассуждениями, не имеющими прямого отношения к вопросу. Объем контрольной работы может быть в пределах 12-15 листов формат А-4. В конце работы привести список использованной литературы и других источников. Работу подписать и датировать.

5.4. Темы рефератов: – не предусмотрено.

## 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 6.1. Перечень компетенций и оценочные средства индикатора достижения компетенций

Код компетенции	Индикатор достижения компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине	Наименование оценочного средства
ОПК-4	ИД-3опк-4- Способен обрабатывать полученные результаты геодезических измерений	<b>знать:</b> - правила установления допусков, т. е. критериев, указывающих на наличие допустимых отклонений результатов; <b>уметь:</b> - анализировать причины возникновения ошибок результатов геодезических измерений; <b>владеть:</b> - навыками обработки результатов равноточных и неравноточных измерений; навыками уравнивания результатов измерений.	Тест Зачетный билет

## 6.2. Шкалы оценивания

### Шкала оценивания устного зачета

Оценка	Описание
<b>Зачтено</b>	Обучающийся обладает достаточно полным знанием дисциплины; его ответ представляет грамотное изложение учебного материала по существу; отсутствуют существенные неточности при решении практических заданий; правильно применены знания по оценке точности результатов геодезических измерений, подтвержденные примерами
<b>Не зачтено</b>	Обучающийся не знает значительную часть материала; допустил существенные ошибки при решении практических задач и не получил правильного результата при оценке точности результатов геодезических измерений; не умеет выделить главное и сформулировать вывод; ни один вопрос не ответил, наводящие вопросы не помогают

### Шкала оценивания тестирования на зачете

% выполнения задания	Результат
50-100	зачтено
менее 50	не зачтено

## 6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы:

Указаны в приложении 1.

### 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Теория математической обработки геодезических измерений: учебное пособие / Ю.И. Маркузе, В.В. Голубев. - Москва: Академический Проект, 2020. - 247 с. - ISBN 978-5-8291-2981-1. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/132444>

2. Теория математической обработки геодезических измерений: учебник / В.В. Голубев. - Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 424 с. - ISBN 978-5-9729-0558-4. - Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/114973.html>

б) дополнительная литература:

1. Маркшейдерское дело: предрасчет точности маркшейдерского-геодезических работ: учебное пособие / С.В. Смолич. - Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 352 с. - ISBN 978-5-9729-0629-1. - Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/114926.html>

2. Математическая обработка результатов измерений (в маркшейдерии): лабораторный практикум / Д.В. Гурьев, С.П. Бахаева. - Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2021. - 145 с. - ISBN 978-5-00137-242-4. - Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/116564.html>

3. Модели и методы математической обработки результатов геодезических измерений (лабораторный практикум) / П.Н. Садчиков. - Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2020. - 103 с. - ISBN 978-5-93026-108-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/100833.html>

4. Практикум по геодезии / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев, А.Н. Сячинов и др. – М.: Академический проект; Гаудеамус, 2012. – 470 с.

5. Теория математической обработки геодезических измерений: учебное пособие / А.А. Перфильев. - Новосибирск: СГУВТ, 2019. - 80 с. - ISBN 978-5-8119-0810-3. - Текст:



электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/147160>

6. Теория математической обработки геодезических измерений. Часть 2. Оценивание результатов геодезических и их погрешностей на основе вероятностных представлений: учебное пособие / В.Д. Попело, М.В. Ванеева. – Воронеж: ВГАУ, 2015. – 138 с. - [Электронный ресурс]: адрес доступа <http://www.iprbookshop.ru/72765.html>

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. <http://www.my-schop.ru> – Издательство «Лань»
2. <http://www.iprbookshop.ru> «IPRbooks»
3. <https://elibrary.ru/> – научная электронная библиотека «eLIBRARY»
4. <http://www.consultant.ru> – правовая поддержка «КонсультантПлюс»
5. <http://www.rosreestr.ru> – Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр)
6. <http://www.mcx.ru/> / Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.
7. <http://www.economy.gov.ru> / Официальный сайт Министерства экономического развития Российской Федерации.
8. <http://www.kadastr.ru/> / Официальный сайт Федерального агентства кадастра объектов недвижимости Российской Федерации.
9. <http://www.mgi.ru/> / Официальный сайт Федерального агентства по управлению государственным имуществом Российской Федерации
10. <http://www.roskadastr.ru/> / [www.mgi.ru/](http://www.mgi.ru/) / Официальный сайт некоммерческого партнерства «Кадастровые инженеры».
11. <http://www.gisa.ru/> / Официальный сайт ГИС-ассоциации.

Базы данных и поисковые системы:

- [www.geo-science.ru](http://www.geo-science.ru) / Науки о Земле – Geo-Science
- [www.geoprofi.ru](http://www.geoprofi.ru) / Журнал «Геопрофи»
- [www.gisa.ru](http://www.gisa.ru) / ГИС Ассоциация
- <https://www.tsaa.ru/obuchayushhimsya/biblioteka/mediaresursyi/> / Медиаресурсы ГАУ Северного Зауралья
- <https://www.tsaa.ru/nauka/redakcionno-izdatelskaya-deyatelnost/nauchnyie-zhurnalyi-universiteta/> / научные журналы ГАУ Северного Зауралья

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

1. Стандарт предприятия: Общие требования к разработке и оформлению документации по направлению подготовки бакалавриата 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» и магистратуры 21.04.02 «Землеустройство и кадастры» / Е.П. Евтушкова, М.А. Коноплин, Т.В. Симакова [и др.]. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2017. – 200 с. (15 экз. в библиотеке 7-го корпуса).

2. Основы картографии: Учебное пособие. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. – 194 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/190123>

3. ГИС-технологии в землеустройстве и кадастре / А.В. Симаков, Т.В. Симакова, Е.П. Евтушкова [и др.]; Федеральное государственное бюджетное учреждение Государственный аграрный университет Северного Зауралья. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2022. – 254 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/255965>

4. Математическая обработка результатов геодезических измерений: учебное пособие / А.Б. Беликов, В.В. Симонян. — 2-е изд. — Москва: МИСИ – МГСУ, 2016. —

## **10. Перечень информационных технологий**

Компьютерная техника с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду; компьютеры системный блок Тип 1 Shvacher Pro (10 шт.), экран переносной Draper Diptomat. Проектор мультимедийный Sanyo PLS-SU51 (переносной); ноутбук ACER Travel Mate 2440.

*Демонстрационное оборудование:* видеопроектор Epson EB-S18(переносной); ноутбук Lenovo IdeaPad G510.

*Программные продукты:*

Microsoft Windows 11, Сублицензионный договор №341/17 от 29/12/2017;

Microsoft Office 2013 Standard, Microsoft Open License – 66914978;

AutoCAD 18 Образовательная Сетевая Лицензия AutoDesk (Autodesk LICENSE AND SERVICES AGREEMENT);

ГИС MapInfo Pro 16.0 для Windows (рус.), объемная лицензия.

Лицензионный договор № 49/2018;

*Открытый доступ:*

- QGIS - свободная кроссплатформенная геоинформационная система;  
- полнофункциональная версия Аксиомы, ГИС для образовательных и научных целей;

- Google Планета Земля (Google Earth), ГИС для образовательных и научных целей.

Справочно-правовая система «Техэксперт», Договор о информационной поддержке от 31.01.2022 г.

## **11. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

7-405 Аудитория землеустройства, кадастра и мониторинга земель аудитория для занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (40 посадочных мест). Аудитория оснащена специализированной мебелью. Используется демонстрационное оборудование: видеопроектор Epson EB-S18 (переносной), проектор мультимедийный Sanyo PLS-SU51 (переносной), ноутбуки ACER Travel Mate 2440 и Lenovo IdeaPad G510, экран переносной Draper Diptomat; учебно-наглядные пособия, плано-картографический материал.

Раздаточный материал: (табличные материалы, методические указания), презентации к лекционному материалу (слайд-лекции), топографические карты, плано-картографический материал, проекты).

7-411 Компьютерный класс, кабинет автоматизации кадастровых, землеустроительных работ, ГИС кафедры землеустройства и кадастров, для самостоятельной работы, проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (15 посадочных мест). Специализированная мебель.

*Демонстрационное оборудование:* видеопроектор Epson EB-S18 (переносной),

Проектор мультимедийный Sanyo PLS-SU51 (переносной), ноутбуки ACER Travel Mate 2440 и Lenovo IdeaPad G510, экран переносной Draper Diptomat;

*Технические средства обучения:*

Компьютеры – системный блок Тип 1 Shvacher Pro, монитор Samsung – 10 шт. Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Раздаточный материал: (табличные материалы, методические указания), презентации к лекционному материалу (слайд-лекции), топографические карты, плано-картографический материал, проекты).

## **12. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

В целях освоения учебной программы дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается:

- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению: размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий; присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы), использование версии сайта для слабовидящих ЭБС IPR SMART и специального мобильного приложения IPR BOOKS WV-Reader (программы не визуального доступа к информации, предназначенной для мобильных устройств, работающих на операционной системе Android и iOS, которая не требует специально обученного ассистента, т.к. люди с ОВЗ по зрению работают со своим устройством привычным способом, используя специальные штатные программы для незрячих людей, с которыми IPR SMART WV-Reader имеет полную совместимость);

- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху: надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;

- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата: возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения кафедры, а также пребывание в указанных помещениях.

Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах или в отдельных организациях.

Министерство науки и высшего образования РФ  
ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья  
Агротехнологический институт  
Кафедра Землеустройства и кадастров

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по учебной дисциплине ***ТЕОРИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ***

для направления подготовки **21.03.02 ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И КАДАСТРЫ**

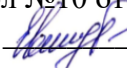
*профиль Земельный кадастр*

Уровень высшего образования – бакалавриат

Разработчики:

Матвеева А.А., ст. преподаватель кафедры землеустройства и кадастров

Вавулина Л.П., директор ООО «Кадастровый инженер г. Тюмень»

Утверждено на заседании кафедры  
протокол №10 от «31» мая 2024 г.  
Заведующий кафедрой  Е.П. Евтушкова

Тюмень, 2024

**КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ И ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ОЦЕНКИ  
знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие  
этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины  
*ТЕОРИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ***

**1. Вопросы для промежуточной аттестации (в форме устного зачёта)**

**1.1. Знать:** основные понятия и принципы обработки результатов измерений

Компетенция	Вопросы
<p><b>ОПК-4</b> Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять полученные результаты с применением информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные понятия обработки результатов измерений.</li> <li>2. Принципы обработки результатов измерений.</li> <li>3. Предмет и задачи теории ошибок.</li> <li>4. Сущность, виды и факторы процесса измерения.</li> <li>5. Классификация ошибок измерений.</li> <li>6. Свойства случайных ошибок измерений.</li> <li>7. Нормальный закон распределения и его основные параметры.</li> <li>8. Критерии оценки точности измерений.</li> <li>9. Порядок определения коэффициента корреляции и уравнения регрессии по опытным данным.</li> <li>10. Порядок определения средних квадратических ошибок функции общего вида.</li> <li>11. Средняя квадратическая ошибка среднего арифметического.</li> <li>12. Понятие «уклонение от среднего арифметического» и свойства уклонений.</li> <li>13. Содержание средней квадратической ошибки одного измерения, вычисленной по уклонениям.</li> <li>14. Понятие неравноточных измерений.</li> <li>15. Вес и его свойства.</li> <li>16. Среднее весовое и его вес.</li> <li>17. Уклонение результатов ряда неравноточных измерений, его свойства.</li> <li>18. Средняя квадратическая ошибка единицы веса, вычисленная по уклонениям.</li> <li>19. Понятие оценки точности параметров, полученных из решения системы нормальных уравнений.</li> </ol>

**1.2. Уметь:** применять методы обработки и оценки точности результатов геодезических измерений

Компетенция	Вопросы
<p><b>ОПК-4</b> Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять полученные результаты с применением информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методы обработки результатов геодезических измерений.</li> <li>2. Точность результатов геодезических измерений.</li> <li>3. Порядок обработки геодезических измерений.</li> <li>4. График кривой Гаусса и ее свойства.</li> <li>5. Формула средней квадратической ошибки функции вида произведения постоянного числа на аргумент.</li> <li>6. Формула средней квадратической ошибки функции вида суммы двух независимых аргументов.</li> <li>7. Формула средней квадратической ошибки функции вида алгебраической суммы независимых аргументов.</li> <li>8. Формула средней квадратической ошибки линейной функции.</li> <li>9. Формула средней квадратической ошибки функции вида произведения.</li> <li>10. Формула средней квадратической ошибки функции вида частного.</li> <li>11. Формула Бесселя, ее назначение.</li> <li>12. Формула Петерса, ее назначение.</li> <li>13. Алгоритм обработки результатов равноточных измерений одной величины.</li> <li>14. Алгоритм оценки точности по разностям двойных равноточных измерений.</li> <li>15. Метод определения средней квадратической ошибки единицы веса.</li> <li>16. Метод определения единицы веса, вычисленной по истинным ошибкам.</li> <li>17. Порядок обработки ряда неравноточных измерений одной и той же величины.</li> <li>18. Методика определения веса функций измеренных величин.</li> <li>19. Порядок оценки точности по разностям двойных неравноточных измерений.</li> <li>20. Сущность метода наименьших квадратов применительно к определению неизвестных параметров.</li> <li>21. Порядок преобразования нормальных уравнений для случая неравноточных измерений.</li> <li>22. Порядок преобразования нормальных уравнений для случая нелинейной функции.</li> <li>23. Порядок решения системы нормальных уравнений с помощью определителей.</li> </ol>

**1.3. Владеть:** навыками обработки результатов равноточных и неравноточных измерений; навыками уравнивания результатов измерений.

Компетенция	Вопросы
<p><b>ОПК-4</b> Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять полученные результаты с применением информационных технологий и прикладных</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Произвести уравнивание нивелирных полигонов, если даны невязки полигонов: 1 полигон +10 мм; 2 полигон -7 мм; 3 полигон -12 мм. Число штативов по звеньям: 1-6шт, 2-2 шт. 3-2 шт., 4-5 шт., 5-3 шт., 6-5 шт.</li> <li>2. При некоторых условиях инструмент обеспечивает измерения с точностью <math>m=10''</math>. Найти вероятность того, что при измерениях этим инструментом в тех же условиях ошибка по абсолютной величине не превзойдет <math>6,0''</math>.</li> </ol>

аппаратно-программных средств

3. Вероятность того, что ошибка по абсолютной величине не превзойдет  $4,0''$ , равна  $0,823$ . Вычислить вероятную и среднюю ошибку.

4. Вычислить наиболее возможное число ошибок  $\Delta$  из общего их числа  $n=50$ , превышающих по абсолютной величине тройную вероятную ошибку измерений, т.е.  $3\sigma$ .

5. Линия теодолитного хода измерена мерной лентой пять раз. При этом получены результаты:  $217,24$ ;  $217,31$ ;  $217,28$ ;  $217,23$ ;  $217,20$  м. Эта же линия измерена светодальномером, что дало результат  $217,216$  м. Найти значение систематической ошибки, если результат измерения линии светодальномером принят за действительный.

6. При измерении величины, действительное значение которой известно, был получен ряд ошибок:  $+6$ ;  $-8$ ;  $-4$ ;  $-13$ ;  $+7$ ;  $+2$ ;  $0$ ;  $+5$ ;  $+4$ ;  $-3$ . Найти среднюю квадратическую ошибку и предельную погрешность.

7. Светодальномер обеспечивает измерение со средней квадратической ошибкой  $m=4,0$  см. Какую можно ожидать относительную ошибку при измерении сторон длиной  $120$  м?

8. Для определения коэффициента дальномера зрительной трубы кипрегеля измерено горизонтальное расстояние от оси вращения трубы до рейки. Это расстояние за вычетом величины постоянного слагаемого дальномера  $C$  равно  $S \pm m_S$ . Отрезок  $l$  рейки между дальномерными нитями сетки получен при горизонтальном положении трубы со средней квадратической ошибкой  $m_l$ . Необходимо определить среднюю квадратическую ошибку в найденном значении коэффициента дальномера  $C = \frac{S}{l}$  при  $S=148$  м,  $l=1,48$  м,  $m_S = 0,07$  м и  $m_l = 0,005$  м.

9. При определении коэффициента дальномера нивелира получены значения (м):  $101,5$ ;  $100,2$ ;  $99,6$ ;  $101,0$ . Найдите вероятнейшее значение абсциссы точки и ее среднюю квадратическую ошибку.

10. Из опыта установлено, что средняя квадратическая ошибка угла, измеренного одним полуприемом теодолита Т30, равна  $0,5'$ . Чему равна средняя квадратическая ошибка среднего арифметического из четырех полуприемов?

11. В треугольнике измерены три угла  $\beta_i$  со средними квадратическими ошибками одного измерения и числом приемов, соответственно равными  $m_1 = 3''$ ,  $n_1 = 4$ ;  $m_2 = 4''$ ,  $n_2 = 9$  и  $m_3 = 5''$ ,  $n_3 = 12$ . Найти веса среднего значения каждого угла и вес невязки, приняв за ошибку единицы веса ошибку  $m_1$ .

12. Определить вероятность того, что ошибка измерения  $\Delta$  не превзойдет по абсолютной величине  $2,25m$ . Вычислить сколько ошибок не выйдет за этот предел, если всего ошибок  $1000$ .

13. Для передачи дирекционного угла  $\alpha_u$  от исходной стороны на линию съёмочного обоснования проложен привязочный ход с числом станций  $n=4$ , т.е. измерены горизонтальные углы на четырех точках и измерены три

	<p>линии. Средняя квадратическая погрешность измерения горизонтального угла одним полуприемом <math>m_{\beta'} = 1'</math>. С какой погрешностью (средней квадратической ошибкой) получен дирекционный угол <math>M_{ac}</math> линии съёмочного обоснования?</p> <p>14. Вес угла равен 9. Найти среднюю квадратическую ошибку этого угла, если ошибка единицы веса равна <math>15''</math>.</p>
--	--

### Процедура оценивания зачёта

Зачёт предполагает выдачу списка вопросов, выносимых на зачет, заранее (в самом начале обучения или в конце обучения перед сессией). Включает две части: теоретический вопрос и практическое задание. Для подготовки к ответу на вопросы и задания, который студент вытаскивает случайным образом, отводится время в пределах 30 минут.

### Критерии оценки зачёта:

«зачтено» выставляется обучающемуся, если он самостоятельно решает поставленные задачи по обработке результатов геодезических измерений, используя весь арсенал имеющихся знаний, умений и навыков; умеет оценивать, анализировать и обобщать имеющуюся информацию о погрешностях измерений, делать выводы по результатам проведенной оценки точности; владеет навыками уравнивания результатов геодезических измерений;

«не зачтено» выставляется обучающимся, если при ответе он продемонстрировал недостаточный уровень знаний о погрешностях измерений, допустил грубые ошибки и не мог применить полученные знания по обработке результатов геодезических измерений для решения поставленной задачи, обосновать применяемые положения.

### Пример зачетного билета

ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»

Агротехнологический институт

Кафедра землеустройства и кадастров

Учебная дисциплина: *Теория математической обработки геодезических измерений*  
по направлению 21.03.02 «Землеустройство и кадастры»

БИЛЕТ № 1.

1. Критерии оценки точности измерений.
2. Из опыта установлено, что средняя квадратическая ошибка угла, измеренного одним полуприемом теодолита Т30, равна  $0,5'$ . Чему равна средняя квадратическая ошибка среднего арифметического из четырех полуприемов.

Составил: Матвеева А.А. / \_\_\_\_\_ / « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Заведующий кафедрой Евтушкова Е.П. / \_\_\_\_\_ / « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

### 2. Тестовые задания для промежуточной аттестации (зачет и экзамен в форме тестирования)

(полный комплект тестовых заданий представлен на образовательной платформе moodle)

Раздел 1: Теория ошибок измерений

1. По характеру действия ошибки подразделяют на:
2. Данные виды ошибок при обработке могут быть обнаружены, изучены и исключены из результатов измерений. О каких ошибках идет речь?
3. Основным критерием точности измерений является средняя квадратическая ошибка (погрешность)  $m$ , определяемая по:
4. Среднее арифметическое из абсолютных величин случайных погрешностей называется:



5. Между критериями точности существуют устойчивые зависимости. Они имеют следующий вид:

6. Всегда ли предельная погрешность определяется как  $\Delta_{\text{пред}} = 3m$ ?

7. Найдите неверное (ложное) высказывание. Кривая ошибок (кривая Гаусса) обладает следующими свойствами:

8. Критериями точности, т.е. количественными характеристиками точности результатов измерений, служат математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение, оценками которых могут служить средняя, вероятная и средняя квадратическая ошибки. Какая из этих ошибок является более устойчивой и надежной при небольшом  $n$ -числе ошибок?

9. Относительная ошибка – это отношение:

10. В чем состоит различие между средней квадратической ошибкой и средним квадратическим отклонением?

Раздел 2: Оценка точности функций измеренных величин

1. Что понимается под понятием «коррелированные величины»?

2. Что вы понимаете под корреляционной зависимостью?

3. Средняя квадратическая ошибка  $m$  – это оценка:

4. Под точностью измерения понимают ...

5. Для оценки точности и сравнения рядов с разным числом равноточных измерений находят ...

6. Уклонение  $v$  является ...

**Раздел 3: Обработка равноточных и неравноточных измерений**

1. Какое значение считается вероятнейшим для ряда неравноточных измерений?

2. Вес измерения ( $p$ ) – это:

3. Чем больше вес измерения, тем:

4. Алгебраическая сумма произведения уклонений и весов ( $\sum pv$ ) равна:

5.  $p = c/m^2$ , где  $c$  – это:

6. Укажите параметр, показывающий какой из двух рядов неравноточных измерений вычислен точнее:

7. Остаток  $\varepsilon_i$  для неравноточных измерений рассчитывается как разность между:

8. Контроль полученного результата значения  $\sum pv$  проводится по формуле:  $\sum pv = -\beta \cdot \sum p$ , где  $\beta$  – это:

9. За веса превышений, полученных из результатов тригонометрического нивелирования, принимают величины:

10. Если в результатах двойных неравноточных измерений присутствуют систематические ошибки, то:

**Раздел 4: Уравнительные вычисления и метод наименьших квадратов**

1. Геодезические сети, в которых имеются только необходимые исходные элементы: координаты одного исходного пункта и дирекционный угол исходного направления, высота одного исходного репера и т.п. называют:

2. Под «красным числом» понимается:

3. Контролем уравнивания сети способом красных чисел является выполнение следующего условия:

4. Уравнивание методом профессора Попова начинают:

5. На основании теоремы Гаусса – Маркова свойством несмещенности, состоятельности и эффективности обладает целый класс функций вида:

6. Принцип наименьших квадратов в случае неравноточных измерений приводит:

7. Поправки определяются из условия  $V_i = x - \lambda_i$ , где  $x$  – это...

8. Вычислительный процесс нахождения наилучших приближений к истинным значениям измеренных и неизвестных величин - ...

9. Задача уравнивания геодезических сетей возникает в том случае, когда:

10. Кто первым высказал идею использования метода наименьших квадратов для минимизации поправок измерений?

### **Процедура оценивания тестирования**

Тестирование обучающихся используется в промежуточной аттестации для оценивания уровня освоенности различных разделов и тем дисциплины, проводится в системе Moodle на сайте «Test ЭИОС ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья» (<https://lms-test.gausz.ru>).

При проведении тестирования, для каждого обучающегося автоматически формируется индивидуальный вариант зачетного билета с перечнем тестовых вопросов. Вариант включает 30 тестовых вопросов. Продолжительность тестирования – 45 минут. Разрешается вторая попытка, которая открывается автоматически через 10 минут после окончания первой попытки. Продолжительность тестирования при второй попытке – 45 минут. В таблице, представленной ниже, указаны критерии оценивания, которые включают процент и количество правильных ответов для оценки знаний.

### **Шкала оценивания тестирования на зачете**

<b>% выполнения задания</b>	<b>Результат</b>
50-100	зачтено
менее 50	не зачтено

## **3. Текущий контроль выполнения самостоятельной работы**

### **3.1. Самостоятельное изучение тем очной и заочной форм обучения**

#### **Очная форма обучения**

Раздел 1: Теория ошибок измерений

1. Критерий определения слабействующих и превалирующих источников погрешностей.

2. Искажение среднеквадратической погрешности систематическими погрешностями.

3. Априорная оценка точности.

4. Методы теории погрешностей при исследовании приборов.

5. Влияние ошибок округлений аргументов на точность функций.

Раздел 3: Обработка равноточных и неравноточных измерений

1. Применение методов теории погрешностей зависимых результатов измерений к обработке результатов GPS-измерений.

2. Установление доверительных границ при неравноточных измерениях.

Раздел 4: Уравнительные вычисления и метод наименьших квадратов

1. Порядок составления нормальных уравнений с контролем по суммам.

2. Порядок уравнивания геодезических построений параметрическим методом.

3. Точечный метод решения систем нормальных уравнений.

4. Итерационный метод решения систем нормальных уравнений.

5. Апостериорная оценка точности в параметрическом методе уравнивания.

#### **Заочная форма обучения**

Раздел 1: Теория ошибок измерений

1. Искажение среднеквадратической погрешности систематическими погрешностями.

2. Методы теории погрешностей при исследовании приборов.

3. Влияние ошибок округлений аргументов на точность функций.

Раздел 2: Оценка точности функций измеренных величин

1. Оценка точности функций зависимых результатов измерений.

2. Понятие доброкачественной оценки.

3. Метод максимального правдоподобия.

4. Метод моментов.

## 5. Неравенство Рао-Крамера.

### Раздел 3: Обработка равнооточных и неравнооточных измерений

1. Применение методов теории погрешностей зависимых результатов измерений к обработке результатов GPS-измерений.

2. Установление доверительных границ при неравнооточных измерениях.

### Раздел 4: Уравнительные вычисления и метод наименьших квадратов

1. Порядок составления нормальных уравнений с контролем по суммам.

2. Порядок уравнивания геодезических построений параметрическим методом.

3. Точечный метод решения систем нормальных уравнений.

### **Процедура оценивания собеседования**

Используется фронтальный опрос, который предполагает работу преподавателя одновременно со всей аудиторией, и проводится в виде беседы по вопросам. При отборе вопросов и постановке перед обучающимися учитывается следующее:

- задается не более двух вопросов, относящихся к проверяемой теме;
- формулировка вопроса должна быть однозначной и понятной отвечающему;

В конце опроса преподаватель дает заключительные комментарии по качеству ответов всех обучающихся.

Ответы даются по принципу круга, где каждый следующий отвечает на поставленный педагогом вопрос;

- следует соблюдать динамику ответов: не затягивать паузы между ответами обучающихся, если требуется задать наводящий вопрос, то следует попросить ответить на заданный вопрос другого обучающегося или попросить дополнить отвечающего;

- на заданный преподавателем вопрос отвечают три студента одновременно: ответ первого дополняет второй, третий комментирует, остальным предоставляется право оценивания ответа всех троих.

### **Критерии оценки собеседования:**

**оценка «отлично»** выставляется обучающемуся, если он правильно ответил на вопросы. Показал отличное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы;

**оценка «хорошо»** выставляется обучающемуся, если он ответил на вопросы с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов;

**оценка «удовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если он ответил на вопросы с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей;

**оценка «неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если он при ответе продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

## **3.2 Контрольная работа**

### **Варианты заданий для контрольной работы (заочная форма обучения)**

#### **Вариант 1**

1 Корреляция. Корреляционный момент и коэффициент корреляции. Уравнение регрессии

2 Практические задания по математической обработке геодезических измерений

### Задание 2.1 Ошибки измерения

Угол измерен высокоточным теодолитом с ошибкой 1', расстояние измерено лентой с ошибкой, равной 5 м; превышение определено геометрическим нивелированием с ошибкой 0,5 м. Можно ли считать эти погрешности грубыми?

### Задание 2.2 Обработка равноточных измерений одной величины

Найти вероятнейшее значение измеренного угла и произвести оценку точности.

Даны значения угла, измеренного 6 приемами.

Таблица 2.1 – Расчетная таблица для определения точности ряда измерений

№	<i>l</i>
1	45°21'40"
2	45°21'37"
3	45°21'34"
4	45°21'41"
5	45°21'39"
6	45°21'43"

### Задание 2.3 Оценка точности по разностям двойных равноточных измерений

Определить среднюю квадратическую ошибку измерений линий прямо и обратно:

Таблица 2.2 – Исходные данные

Длина линии, измеренная прямо	Длина линии, измеренная обратно
165,12	165,20
310,45	310,60
211,33	211,47
287,40	287,22

### Задание 2.4 Уравнивание ходов способом полигонов профессора Попова

Произвести уравнивание нивелирных полигонов, если даны невязки полигонов:

1 полигон +4 мм

2 полигон -8 мм

3 полигон +5 мм

Число штативов по звеньям: 1- 6 шт., 2-2 шт., 3-4 шт., 4-4 шт., 5-4 шт., 6-4 шт.

## Вариант 2

1 Нормальный закон распределения. Интеграл вероятностей

2 Практические задания по математической обработке геодезических измерений

### Задание 2.1 Ошибки измерения

Ряд измерений выполнен со следующими погрешностями: +1; -1; -3; 0; -4; -1; +2; -2; -3. Являются ли эти погрешности случайными или носят систематический характер?

### Задание 2.2 Обработка равноточных измерений одной величины

Найти вероятнейшее значение измеренного угла и произвести оценку точности.

Даны значения угла, измеренного 6 приемами.

Таблица 2.1 – Расчетная таблица для определения точности ряда измерений

№	<i>l</i>
1	45°30'26"
2	45°21'18"
3	45°21'19"
4	45°21'28"
5	45°21'20"
6	45°21'21"

### Задание 2.3 Оценка точности по разностям двойных равноточных измерений

При определении дм делений нивелирных реек были получены результаты:

Таблица 2.2 – Исходные данные

I	II
0,46	0,20
100,36	100,42
200,44	200,38
300,60	300,72

Определить систематическую и среднюю квадратическую ошибки дм делений.

Задание 2.4 Уравнивание ходов способом полигонов профессора Попова

Произвести уравнивание нивелирных полигонов, если даны невязки полигонов:

1 полигон +8 мм

2 полигон -11 мм

3 полигон +3 мм

Число штативов по звеньям: 1- 6 шт., 2-3 шт., 3-7 шт., 4-5 шт., 5-3 шт., 6-6 шт.

### Вариант 3

1 Числовые характеристики случайной величины. Математическое ожидание, дисперсия и их свойства. Моменты

2 Практические задания по математической обработке геодезических измерений

Задание 2.1 Ошибки измерения

К какой категории следует отнести погрешности: коллимационную, за неравенство подставок трубы, за эксцентриситет алиады, погрешности делений лимба, погрешности наведения, погрешности отсчитывания, погрешности за рефракцию?

Задание 2.2 Обработка равноточных измерений одной величины

Найти вероятнейшее значение измеренного угла и произвести оценку точности.

Даны значения угла, измеренного 6 приемами.

Таблица 2.1 – Расчетная таблица для определения точности ряда измерений

№	I
1	37°34'15"
2	37°34'07"
3	37°34'04"
4	37°34'10"
5	37°34'05"
6	37°34'07"

Задание 2.3 Обработка ряда неравноточных измерений

Отметка узлового репера получена по шести ходам, известны средние квадратические ошибки по каждому ходу  $m_i$  (мм). Найти наиболее надежное значение отметки репера и произвести оценку точности.

Таблица 2.2 – Исходные данные

№ п/п	H, м	$m_i$ (мм)
1	196,529	6,3
2	196,522	8,4
3	196,517	9,1
4	196,532	4,3
5	196,530	5,2
6	196,520	7,5

Задание 2.4 Оценка точности по разностям двойных равноточных измерений

Двумя наблюдателями произведены измерения светодальномером одних и тех же линий. Оценить точность по разностям двойных равноточных измерений.

Таблица 2.3 – Исходные данные

X(м)	X'(м)
967,480	967,389
752,468	752,412

692,223	692,250
1023,536	1023,536
808,457	808,443
612,692	612,665
675,158	675,082

#### Вариант 4

1 Неравноточные измерения. Понятие веса. Вес функции измеренных величин

2 Задания по математической обработке геодезических измерений

Задание 2.1 Ошибки измерения

Расстояние измерено лентой и нитяным дальномером; длина стороны треугольника измерена лентой и получена из решения треугольника; высота визирного цилиндра над центром пункта измерена рулеткой и получена аналитически; один из углов треугольника измерен теодолитом и получен по остальным двум углам. В каждом случае одно измерение непосредственное, другое - косвенное. Какие измерения являются здесь косвенными?

Задание 2.2 Обработка равноточных измерений одной величины

Найти вероятнейшее значение измеренного угла и произвести оценку точности.

Даны значения угла, измеренного 6 приемами.

Таблица 2.1 – Расчетная таблица для определения точности ряда измерений

№	$l$
1	66°17'27"
2	66°17'31"
3	66°17'39"
4	66°17'30"
5	66°17'29"
6	66°17'36"

Задание 2.3 Оценка точности по разностям двойных равноточных измерений

При определении нерпиступного расстояния базисы измерялись прямо и обратно:

Таблица 2.2 – Исходные данные

	Прямо	Обратно
1 базис	311,34 м	311,23 м
2 базис	245,78 м	245,62 м

Определить среднюю квадратическую ошибку одного измерения.

Задание 2.4 Определение коэффициента корреляции

Даны 10 длин линий  $D$  и соответствующие им ошибки измерений  $\Delta$ . Определить коэффициент корреляции и вывести уравнение регрессии по опытным данным.

Таблица 2.3 - Расчетная таблица для определения коэффициента корреляции

	$D, \text{км}$	$\Delta, \text{мм}$
1	3,0	2,0
2	3,6	5,0
3	4,2	3,0
4	4,6	4,0
5	5,6	6,0
6	5,7	3,0
7	5,8	3,0
8	8,0	4,0
9	10,2	8,0

#### Вариант 5

1 Равноточные измерения. Обработка ряда равноточных измерений одной и той же величины

## 2 Задания по математической обработке геодезических измерений

### Задание 2.1 Критерии оценки точности измерений

Линия, истинное значение длины которой равно 125,43 м, измерена 6 раз. Результаты измерений следующие: 125,56; 125,49; 125,39; 125,38; 125,44; 125,35 м. Определить среднюю, вероятную и среднюю квадратическую погрешности одного измерения.

### Задание 2.2 Обработка равноточных измерений одной величины

Найти вероятнейшее значение измеренного угла и произвести оценку точности.

Даны значения угла, измеренного 6 приемами.

Таблица 2.1 – Расчетная таблица для определения точности ряда измерений

№	$l$
1	93°26'42"
2	93°26'44"
3	93°26'40"
4	93°26'49"
5	93°26'39"
6	93°26'38"

### Задание 2.3 Оценка точности по разностям двойных равноточных измерений

Определить среднюю квадратическую ошибку угла по разностям его значений при круге право и круге лево:

Таблица 2.2 – Исходные данные

Значение угла при КП	Значение угла при КЛ
162°14'15"	162°14'45"
191°32'50"	191°33'10"
170°44'05"	170°43'40"
184°29'40"	184°29'20"

### Задание 2.4 Оценка точности функций измеренных величин

По плану масштаба 1:2000 измерены две стороны прямоугольного участка. Измерения выполнялись линейкой с миллиметровыми делениями. Найти площадь этого участка и его СКО, если его стороны равны 12,75 и 23,60 см. СКО совмещения нулевого штриха линейки с одним концом стороны поля равна 0,4 мм, а СКО отсчета по линейке другого конца стороны – 0,7 мм. Ответ выразить в гектарах.

### Вариант 6

1 Неравноточные измерения. Оценка точности по разностям двойных неравноточных измерений.

### 2 Практические задания по математической обработке геодезических измерений

#### Задание 2.1 Критерии оценки точности измерений

Истинные погрешности результатов определений превышений равны в миллиметрах: +0,11; +0,05; -0,02; +0,25; +0,04; -0,20; -0,12; -0,07; +0,50; -0,03; +0,13. Найти среднюю квадратическую, среднюю и вероятную погрешности одного измерения.

#### Задание 2.2 Обработка равноточных измерений одной величины

Найти вероятнейшее значение измеренного угла и произвести оценку точности.

Даны значения угла, измеренного 6 приемами.

Таблица 2.1 – Расчетная таблица для определения точности ряда измерений

№	$l$
1	93°42'13"
2	93°42'22"
3	93°42'18"
4	93°42'19"
5	93°42'15"
6	93°42'21"

### Задание 2.3 Неравноточные измерения

Найти веса следующих функций:

- $y = 2x_1 - 0,4x_2 + 0,5x_3$ ;
- $y = 3x_1^2$ ;

если  $p_{x_1} = 2$ ;  $p_{x_2} = 0,2$ ;  $p_{x_3} = 0,5$ ;  $x_1 = 1$ ,  $r_{x_i x_j} = 0$ .

### Задание 2.4 Уравнивание ходов способом полигонов профессора Попова

Произвести уравнивание нивелирных полигонов, если даны невязки полигонов:

- полигон +10 мм
- полигон -7 мм
- полигон -12 мм

Число штативов по звеньям: 1- 6 шт., 2-2 шт., 3-2 шт., 4-5 шт., 5-3 шт., 6-5 шт.

#### Вариант 7

1 Метод наименьших квадратов.

2 Задания по математической обработке геодезических измерений

### Задание 2.1 Обработка равноточных измерений одной величины

Найти вероятнейшее значение измеренного угла и произвести оценку точности.

Даны значения угла, измеренного 6 приемами.

Таблица 2.1 – Расчетная таблица для определения точности ряда измерений

№	$l$
1	55°41'15"
2	55°41'19"
3	55°41'20"
4	55°41'22"
5	55°41'12"
6	55°41'20"

### Задание 2.2 Неравноточные измерения

Линия состоит из 5 отрезков, длины и средние квадратичные ошибки которых представлены ниже.

Длина первого отрезка 103,74 м, средняя квадратическая ошибка 0,054 м

Длина второго отрезка 129,67 м, средняя квадратическая ошибка 0,072 м

Длина третьего отрезка 145,81 м, средняя квадратическая ошибка 0,081 м

Длина четвертого отрезка 94,65 м, средняя квадратическая ошибка 0,063 м

Длина пятого отрезка 138,52 м, средняя квадратическая ошибка 0,115 м

Вычислить длину всей линии и ее среднюю квадратическую ошибку.

### Задание 2.3 Оценка точности по разностям двойных равноточных измерений

При компарировании реек для средней длины одного метра пары реек были получены результаты:

- |                        |            |
|------------------------|------------|
| 1 рейка черная сторона | 1000,22 мм |
| красная                | 1000,08 мм |
| 2 рейка черная сторона | 999,96 мм  |
| красная                | 999,90 мм  |

Определить среднюю длину одного метра пары реек и ее среднюю квадратическую ошибку.

### Задание 2.4 Уравнивание ходов способом полигонов профессора Попова

Произвести уравнивание нивелирных полигонов, если даны невязки полигонов:

- полигон -0,6 мм
- полигон -3,0 мм
- полигон +0,8 мм

Число штативов по звеньям: 1- 6 шт., 2-2 шт., 3-4 шт., 4-4 шт., 5-4 шт., 6-4 шт.

#### Вариант 8

1 Равноточные измерения



1.1 Свойства случайных ошибок равноточных измерений

1.2 Критерии точности результатов равноточных измерений

1.3 Средняя квадратическая ошибка функций измеренных величин

2 Практические задания по математической обработке геодезических измерений

Задание 2.1 Критерии оценки точности измерений

Светодалномер обеспечивает измерение расстояний со средней квадратической погрешностью  $m=3$  см. Какую можно ожидать относительную погрешность при измерении сторон длиной: 1) 200 м; 2) 500 м; 3) 1000 м; 4) 1200 м.

Задание 2.2 Обработка равноточных измерений одной величины

Найти вероятнейшее значение измеренного угла и произвести оценку точности.

Даны значения угла, измеренного 6 приемами.

Таблица 2.1 – Расчетная таблица для определения точности ряда измерений

№	$l$
1	96°31'18"
2	96°31'10"
3	96°31'17"
4	96°31'20"
5	96°31'11"
6	96°31'14"

Задание 2.3 Определение коэффициента корреляции по опытными данным

На геодезическом пункте одновременно выполнялись измерения угла двумя теодолитами, из которых один был установлен на сигнале, а другой - на штативе под сигналом. При этом получены результаты:

Таблица 2.2 – Исходные данные

Станция:	№ наблюдений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сигнал	3,21	2,21	2,11	2,49	3,19	3,29	4,41	2,67	0,75	2,20
Штатив	5,10	4,02	3,22	2,57	3,62	4,93	6,53	4,59	2,84	3,46

Вычислить оценку коэффициента корреляции между наблюдениями на сигнале и на штативе.

Задание 2.4 Уравнивание ходов способом полигонов профессора Попова

Произвести уравнивание нивелирных полигонов, если даны невязки полигонов:

1 полигон +1,2 см

2 полигон -1,1 см

3 полигон -0,7 см

Число штативов по звеньям: 1- 5 шт., 2-3 шт., 3-2 шт., 4-7 шт., 5-3 шт., 6-2 шт.

### Вариант 9

1 Оценка точности измерений углов и превышений по невязкам в полигонах и ходах.

2 Практические задания по математической обработке геодезических измерений

Задание 2.1 Оценка точности функций измеренных величин

В треугольнике измерены углы  $\alpha$  и  $\beta$  со средними квадратическими ошибками  $m_\alpha=3.0''$  и  $m_\beta=4.0''$ . Найти  $m_\gamma$  третьего угла  $\gamma$ , вычисленного по углам  $\alpha$  и  $\beta$ .

Задание 2.2 Обработка равноточных измерений одной величины

Найти вероятнейшее значение измеренного угла и произвести оценку точности.

Даны значения угла, измеренного 6 приемами.

Таблица 2.1 - Расчетная таблица для определения точности ряда измерений

№	$l$
1	51°46'25"
2	51°46'19"
3	51°46'29"
4	51°46'27"

5	51°46'20"
6	51°46'24"

Задание 2.3 Исследование ряда случайных величин на соответствие закону нормального распределения

Дан ряд случайных величин – 14 угловых невязок. Требуется вычислить значение математического ожидания, среднюю квадратическую ошибку, среднюю, вероятную и предельную ошибки, а также коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$ .

Таблица 2.2 – Исходные данные

№	Невязки	№	Невязки
1	-0,19	8	-1,03
2	0,71	9	0,06
3	0	10	1,29
4	-0,24	11	-0,41
5	-0,76	12	-1,38
6	-0,38	13	-1,27
7	1,16	14	-0,62

Задание 2.4 Неравноточные измерения

Отметка узлового репера получена по шести ходам, известны средние квадратические ошибки по каждому ходу  $m_i$  (мм). Найти наиболее надежное значение отметки репера и произвести оценку точности.

Таблица 2.3 – Исходные данные

№ п/п	H, м	$m_i$ (мм)
1	196,529	6,3
2	196,522	8,4
3	196,517	9,1
4	196,532	4,3
5	196,530	5,2
6	196,520	7,5

### Вариант 10

1 Оценка точности вычислений с приближенными числами. Понятие о прямой и обратной задачах теории ошибок измерений. Принципы равных влияний.

2 Практические задания по математической обработке геодезических измерений

Задание 2.1 Оценка точности функций измеренных величин

Вычислить среднюю квадратическую ошибку определения площади прямоугольника со сторонами  $a=20$  м и  $b=30$  м, если точность измерения стороны 1 см.

Задание 2.2 Обработка равноточных измерений одной величины

Найти вероятнейшее значение измеренного угла и произвести оценку точности.

Даны значения угла, измеренного 6 приемами.

Таблица 2.1 – Расчетная таблица для определения точности ряда измерений

№	$l$
1	71°36'22"
2	71°36'28"
3	71°36'29"
4	71°36'27"
5	71°36'20"
6	71°36'30"

Задание 2.3 Исследование ряда случайных величин на соответствие закону нормального распределения

Дан статистический ряд случайных величин – угловые невязки 32 треугольников микротриангуляции. Найти значения математического ожидания  $M(\Delta)$ , средней

квадратической ошибки  $m$ . Вычислить среднюю, вероятную и предельную ошибки, а также коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$ .

Таблица 2.2 – Исходные данные

№	Невязки	№	Невязки	№	Невязки	№	Невязки
1	-8,0	9	+16,4	17	-3,2	25	-1,8
2	-23,5	10	+11,9	18	-30,4	26	+32,3
3	-15,9	11	+4,7	19	-4,9	27	+43,0
4	-0,2	12	-35,4	20	+8,4	28	+13,7
5	-34,3	13	-2,8	21	-23,8	29	+9,6
6	-4,6	14	-26,6	22	+16,9	30	-22,1
7	-20,1	15	+8,3	23	-13,2	31	+18,7
8	-10,1	16	+20,5	24	+20,6	32	-6,0

#### Задание 2.4 Неравноточные измерения

Линия состоит из 5 отрезков, длины и средние квадратичные ошибки которых приведены в таблице. Найти наиболее надежное значение линии и произвести оценку точности.

Таблица 2.3 – Исходные данные

№ п/п	Длины $S_i$ , м	$m_i$ , м
1	103,74	0,054
2	129,67	0,072
3	145,81	0,081
4	94,65	0,063
5	138,52	0,115

#### Процедура оценивания контрольных работ:

Контрольные работы проводятся для обучающихся заочной формы обучения. В этом случае за контрольную работу выставляется оценка «зачет/незачет». Объем работы зависит от количества изучаемых вопросов. При оценке уровня выполнения контрольной работы, в соответствии с поставленными целями и задачами для данного вида учебной деятельности, могут быть установлены следующие критерии:

- умение работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и нормативно-законодательной литературой;
- умение собирать и систематизировать практический материал;
- умение самостоятельно осмысливать проблему на основе существующих методик;
- умение логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы;
- умение анализировать и обобщать материал;
- умение пользоваться глобальными информационными ресурсами и правильно их преподнести в контрольной работе.

Отметка выставляется на титульном листе работы и заверяется подписью преподавателя.

Контрольная работа, выполненная небрежно, не по своему варианту, без соблюдения правил, предъявляемых к ее оформлению, возвращается без проверки с указанием причин, которые доводятся до студента. В этом случае контрольная работа выполняется повторно.

При выявлении заданий, выполненных самостоятельно, преподаватель вправе провести защиту студентами своих работ. По результатам защиты преподаватель выносит решение либо о зачете контрольной работы, либо об ее возврате с изменением варианта. Защита контрольной работы предполагает свободное владение студентом материалом, изложенным в работе и хорошее знание учебной литературы, использованной при написании.

### Шкала оценивания контрольной работы (заочная форма обучения)

Оценка	Описание
<b>Зачтено</b>	Контрольная работа выполнена по своему варианту, теоретический вопрос раскрыт в полном объеме, приведены рисунки, таблицы, дополняющие пояснения по работе; имеются ссылки на литературу; сформулировано заключение (вывод) по рассматриваемому вопросу. В задачах, предусмотренных по варианту, допущено по одной незначительной ошибке, но в целом ход решения верный, прописан ответ.
<b>Не зачтено</b>	Контрольная работа выполнена не по своему варианту, допущены существенные ошибки или задачи не решены вовсе. В теоретическом вопросе текст не дополнен рисунками, таблицами и формулами.

#### Структура расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа на тему: «Обработка результатов геодезических измерений» состоит из четырех разделов:

1. Исследование ряда случайных ошибок на соответствие закону нормального распределения
2. Определение коэффициента корреляции и уравнения регрессии по опытным данным
3. Оценка точности двойных неравноточных измерений
4. Уравнивание нивелирных сетей методом «красных чисел»

#### Вопросы к защите расчетно-графических работ

Вопросы к разделу 1: *Исследование ряда случайных ошибок на соответствие закону нормального распределения*

1. Что представляет собой нормальный закон распределения?
2. Дайте классификацию ошибок измерений.
3. Перечислите свойства случайных ошибок.
4. Каковы критерии оценки точности результатов измерений?
5. Что собой представляют начальные и центральные моменты при исследовании ряда случайных величин на соответствие закону нормального распределения? Для какой цели их применяют?
6. Что показывает нам критерий согласия Пирсона?
7. Назовите свойства кривой Гаусса.
8. В чем состоит различие между средней квадратической ошибкой и средним квадратическим отклонением (стандартом)?
9. Как можно определить вероятную ошибку?

Вопросы к разделу 2: *Определение коэффициента корреляции и уравнения регрессии по опытным данным*

1. Какие существуют формы зависимости между двумя величинами? Чем они отличаются друг от друга?
2. Что вы понимаете под корреляционной зависимостью?
3. Что характеризует коэффициент корреляции, в каких пределах изменяется и о чем это говорит?
4. Как оценивают надежность коэффициента корреляции: а) при большом числе измерений; б) при малом числе измерений?
5. Как выглядит уравнение регрессии? Что оно отражает?

Вопросы к разделу 3: *Оценка точности двойных неравноточных измерений*

1. Чем неравноточные измерения отличаются от равноточных измерений?

2. Дайте понятие веса.
3. Каким образом определить надежность результата неравноточных измерений?
4. В чем различие между средним арифметическим значением (у равноточных измерений) и арифметической серединой (у неравноточных измерений)?

Вопросы к разделу 4: *Уравнивание нивелирных сетей методом «красных чисел»*

1. Какие сети называют свободными и несвободными?
2. Точность каких величин оценивают при уравнивании?
3. Что называют фиктивным звеном?
4. Что представляет собой «красное число»?
5. Как оценивают точность результатов уравнивания сети использования способа

В.В. Попова?

### **Процедура оценивания расчетно-графических работ**

Оценивание расчётно-графических работ (РГР) выполняется в форме рецензирования преподавателем оформленной пояснительной записки и принятия устной защиты. При рецензировании документов оценивается правильность выполнения, а также оформление текстовой и графической частей с соблюдением требований нормативно-технической документации. Защита РГР осуществляется в виде итогового собеседования с руководителем. Обучающемуся предлагается устно ответить на 5 – 6 вопросов из списка. При защите РГР учитывается:

- правильность решения задач;
- самостоятельность и творческий подход в раскрытии темы;
- логика аргументации и стройность изложения представленного материала;
- качество выполнения текстового и графического материала;
- полнота, правильность и аргументированность ответов при защите работы;
- своевременность представления работы;
- процент авторского текста.

Результаты защиты РГР проставляются на ее титульном листе и заверяются подписью преподавателя. Работа оценивается на «зачтено», «не зачтено» в соответствии с критериями.

### **Шкала оценивания расчетно-графической работы**

Оценка	Описание
<b>Зачтено</b>	Расчетно-графическая работа выполнена по своему варианту, все разделы работы раскрыты в полном объеме, расчеты проведены верно либо допущены незначительные ошибки, приведены рисунки, таблицы, дополняющие пояснения по работе; имеются ссылки на литературу; сформулировано заключение (вывод) по рассматриваемому вопросу.
<b>Не зачтено</b>	Расчетно-графическая работа выполнена не по своему варианту, допущены существенные ошибки в расчетах или задания не выполнены вовсе. Расчеты не дополнены пояснениями, таблицами и используемыми формулами.