

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 19.05.2026 11:50:06

Уникальный программный ключ:

ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

Аграрно-технологический институт

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

УРАВНИВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:

21.03.02 ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И КАДАСТРЫ

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И КАДАСТРЫ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2026 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Уравнивание результатов геодезических измерений» входит в программу бакалавриата «Землеустройство и кадастры» по направлению 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» и изучается в 4 семестре 2 курса. Дисциплину реализует Агроинженерный департамент. Дисциплина состоит из 4 разделов и 14 тем и направлена на изучение методов обработки и анализа результатов геодезических измерений с использованием математических моделей и статистических методов; принципов оценки точности и надежности уравнивания результатов геодезических измерений.

Целью освоения дисциплины является формирование общекультурных и профессиональных компетенций, определяющих готовность и способность выпускника использованию знаний по математической обработке измерений при решении практических задач в рамках производственно-технологической, проектно-исследовательской, организационно-управленческой и научно-исследовательской профессиональной деятельности.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Уравнивание результатов геодезических измерений» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Предлагает варианты решения задачи, анализирует возможные последствия их использования; УК-1.2 Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов;
ПК-6	способностью участия во внедрении результатов исследований и новых разработок	ПК-6.1 Владеет современными технологиями, методами и способами сбора, систематизации, обработки и анализа информации, полученной из различных источников и баз данных для проведения землеустроительных и кадастровых работ; ПК-6.2 Владеет современными методами и способами математической обработки и анализа измерений в землеустроительных и кадастровых работах;

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Уравнивание результатов геодезических измерений» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Уравнивание результатов геодезических измерений».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	Теория ошибок и математическая обработка геодезических измерений; Цифровая грамотность; <i>Основы САПР**</i> ; <i>Топографическое черчение**</i> ;	Мониторинг земель; <i>Психология и педагогика**</i> ; Производственная практика;
ПК-6	способностью участия во внедрении результатов исследований и новых разработок	<i>Использование БПЛА при мониторинге земель**</i> ; <i>Оперативная картография**</i> ; <i>Основы автоматизированного проектирования**</i> ; <i>Системы управления базами данных**</i> ; <i>Основы АКС**</i> ; <i>Основы геодезического инструментоведения**</i> ; Учебная практика по геодезии (выездная); Учебная практика по основам аэрофотосъемки с использованием БПЛА;	<i>Основы высшей геодезии**</i> ; <i>Спутниковые технологии в землеустройстве и кадастрах**</i> ; <i>Инженерное обустройство территорий**</i> ; <i>Основы мелиорации земель**</i> ; <i>Проектирование основы крупномасштабных топографических съемок**</i> ; Цифровые технологии кадастрового учета; Преддипломная практика; Производственная практика;

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Уравнивание результатов геодезических измерений» составляет «3» зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			4
Контактная работа, ак.ч.	45		45
Лекции (ЛК)	15		15
Лабораторные работы (ЛР)	30		30
Практические/семинарские занятия (СЗ)	0		0
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	45		45
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	18		18
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	108	108
	зач.ед.	3	3

Общая трудоемкость дисциплины «Уравнивание результатов геодезических измерений» составляет «3» зачетные единицы.

Таблица 4.2. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очно-заочной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			5
Контактная работа, ак.ч.	34		34
Лекции (ЛК)	17		17
Лабораторные работы (ЛР)	17		17
Практические/семинарские занятия (СЗ)	0		0
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	74		74
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	0		0
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	108	108
	зач.ед.	3	3

Общая трудоемкость дисциплины «Уравнивание результатов геодезических измерений» составляет «3» зачетные единицы.

Таблица 4.3. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для заочной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			4
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	10		10
Лекции (ЛК)	4		4
Лабораторные работы (ЛР)	6		6
Практические/семинарские занятия (СЗ)	0		0
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	94		94
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	4		4
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	108	108
	зач.ед.	3	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
Раздел 1	Элементы матричной алгебры и вопросы оценки точности в системах геодезических измерений	1.1	Алгебраические операции с матрицами.	Основные понятия: матрица, вектор, скаляр. Виды матриц и их свойства. Операции сложения, умножения матриц и умножения на число. Транспонирование, обращение и определитель матрицы. Применение матричного аппарата в геодезических вычислениях.	ЛК, ЛР
		1.2	Вектор-функция, квадратичная форма.	Определение и свойства вектор-функций. Частные производные и якобиан вектор-функции. Квадратичные формы: определение, матричное представление. Положительно определённые и отрицательно определённые квадратичные формы. Использование в теории ошибок и уравнивании измерений.	ЛК, ЛР
		1.3	Структура ковариационной матрицы вектора измерений.	Понятие ковариационной матрицы и её физический смысл. Диагональные и внедиагональные элементы: дисперсии и ковариации. Свойства ковариационной матрицы (симметричность, положительная определённость). Построение ковариационной матрицы для различных видов измерений. Роль ковариационной матрицы в оценке точности результатов.	ЛК, ЛР
		1.4	Связь ковариационной и весовой матриц. Обобщённая теорема оценки точности (распространение ошибок).	Определение весовой матрицы и её связь с ковариационной матрицей. Свойства весовой матрицы, её использование в уравнивании. Теорема о распространении ошибок: формулировка и доказательство. Применение обобщённой теоремы для оценки точности функций измеренных величин. Примеры расчёта ошибок в геодезических задачах.	ЛК, ЛР
Раздел 2	Математическая обработка систем геодезических измерений по МНК (коррелятный способ)	2.1	Постановка задачи.	Сущность и задачи уравнивания геодезических измерений. Основные понятия: измеренные величины, истинные значения, поправки. Принцип наименьших квадратов (МНК) как критерий оптимального уравнивания. Формулировка задачи уравнивания: минимизация суммы квадратов поправок. Классификация способов уравнивания по МНК (коррелятный, параметрический).	ЛК, ЛР
		2.2	Выбор, составление и линеаризация условных уравнений связи.	Понятие условных уравнений связи в геодезии. Виды условных уравнений (например, для нивелирных и теодолитных ходов, сетей). Методы составления условных уравнений на основе	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				геометрических и физических зависимостей. Линеаризация нелинейных условных уравнений (разложение в ряд Тейлора). Составление системы нормальных уравнений.	
		2.3	Принципиальное решение задачи по МНК. Блок-схема и поэтапная реализация коррелятного способа уравнивания и оценки точности.	Алгоритм коррелятного способа уравнивания: составление условных уравнений связи; линеаризация и составление нормальных уравнений; решение системы нормальных уравнений и нахождение коррелятов; вычисление поправок к измеренным величинам; получение уравненных значений измеренных величин. Блок-схема вычислительного процесса коррелятного способа. Оценка точности результатов уравнивания: вычисление средней квадратической ошибки единицы веса; определение весов и ошибок функций уравненных величин; построение эллипсов ошибок (для плановых координат). Пример поэтапной реализации уравнивания геодезической сети.	ЛК, ЛР
Раздел 3	Математическая обработка систем геодезических измерений по МНК (параметрический способ)	3.1	Постановка задачи.	Сущность параметрического способа уравнивания. Основные понятия: параметры, измеренные величины, поправки. Постановка задачи уравнивания: определение наиболее вероятных значений параметров по результатам измерений. Принцип наименьших квадратов (МНК) как критерий оптимальности. Отличие параметрического способа от коррелятного.	ЛК, ЛР
		3.2	Выбор параметров, составление и линеаризация параметрических уравнений связи.	Критерии выбора оптимальных параметров для уравнивания. Виды параметров (координаты, высоты, элементы ориентирования). Составление параметрических уравнений связи между измеренными величинами и параметрами. Линеаризация нелинейных параметрических уравнений (метод малых приращений, разложение в ряд Тейлора). Вывод нормальных уравнений для параметрического способа.	ЛК, ЛР
		3.3	Принципиальное решение задачи по МНК. Блок-схема и поэтапная реализация параметрического способа уравнивания и оценки точности.	Алгоритм параметрического способа уравнивания: выбор параметров и составление параметрических уравнений; линеаризация и составление нормальных уравнений; решение системы нормальных уравнений и определение поправок к параметрам; вычисление поправок к измеренным величинам и получение их уравненных значений. Блок-схема вычислительного процесса параметрического способа. Оценка	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				точности результатов уравнивания: вычисление средней квадратической ошибки единицы веса; определение весов и ошибок функций уравненных параметров; оценка точности координат и других геодезических элементов. Пример поэтапной реализации уравнивания геодезической сети параметрическим способом.	
Раздел 4	Центральная система триангуляции	4.1	Геометрическая схема и исходные данные центральной системы триангуляции	Определение и назначение центральной системы триангуляции. Основные элементы системы: центральная точка (пункт), направления на определяемые пункты, измеренные углы и длины базисов. Исходные данные для уравнивания: координаты исходных пунктов, измеренные значения, веса измерений, сведения о точности приборов.	ЛК, ЛР
		4.2	Составление и линеаризация параметрических уравнений связи для центральной системы	Выбор параметров уравнивания: координаты определяемых пунктов (центральная система координат). Вывод параметрических уравнений связи между измеренными направлениями и координатами пунктов. Линеаризация нелинейных уравнений (разложение в ряд Тейлора), получение уравнений поправок. Составление весовой матрицы для системы измерений. Формирование системы нормальных уравнений для центральной системы триангуляции.	ЛК, ЛР
		4.3	Алгоритм уравнивания и оценки точности центральной системы триангуляции	Последовательность вычислений по параметрическому способу МНК с учётом предварительных поправок: внесение поправок за центрировку и редукцию; выполнение условий фигуры, горизонта и полюсного; составление и решение нормальных уравнений; вычисление поправок к координатам и измеренным направлениям; получение уравненных значений координат и направлений.	ЛК, ЛР
		4.4	Оценка точности	Оценка точности результатов уравнивания: вычисление средней квадратической ошибки единицы веса; определение ошибок уравненных координат пунктов; построение эллипсов ошибок для определяемых пунктов.	ЛК, ЛР

* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Терминальный компьютерный класс с подключением к интернету, рабочее место преподавателя, доска магнитно-маркерная. Комплект специализированной мебели, имеется выход в интернет. Программное обеспечение: пакет офисных программ, мультимедийная доска, маркерная доска.
Лаборатория	Аудитория для проведения лабораторных работ, индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и оборудованием.	Терминальный компьютерный класс с подключением к интернету, рабочее место преподавателя, доска магнитно-маркерная. Комплект специализированной мебели, имеется выход в интернет. Программное обеспечение: пакет офисных программ, мультимедийная доска, маркерная доска.
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	Комплект специализированной мебели, персональные компьютеры, имеется выход в интернет.

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. А.Б. Беликов, В.В. Симонян. Математическая обработка результатов геодезических измерений: учебное пособие. М-во образования и науки Р ос. Федерации,

ISBN 978-7264- 1255-9

2. Маркузе Ю.И. Теория математической обработки геодезических измерений: учебное пособие / Ю.И. Маркузе, В.В. Голубев. - стереотипное издание. - Москва: Альянс, 2017. - 247 с. : ил. - ISBN 978-5-00106-171-7 : 1200.00.

3. Большаков Василий Дмитриевич. Теория ошибок наблюдений с основами теории вероятностей: Учебное пособие / В.Д. Большаков. - М. : Недра, 1965. - 184 с. - 0.52.

4. Большаков В.Д., Маркузе Ю.И. Практикум по ТМОГИ. — М., Недра, 2007.

5. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. — М., Высшая школа, 2002.

6. Голубев В.В. ТМОГИ. Книга 1. Основы теории ошибок. — М., МИИГАиК, 2005.

7. Письменный Д. Конспект лекций по теории вероятностей и математической статистике. — М., Айрис-ПРЕСС, 2005.

Дополнительная литература:

1. Лесных Н.Б. Законы распределения случайных величин в геодезии: Монография / Н.Б.Лесных; ГОУ ВПО "Сибирская Государственная геодезическая академия", 2005. - 129 с. 50 экз.

2. Лесных Н.Б. Метод наименьших квадратов на примерах уравнивания полигонометрических сетей: монография / Н. Б. Лесных, 2007. - 160 с. 41 экз.

3. Г.А. Нефёдова, В.А. Ащеулов, «Теория математической обработки геодезических измерений в конспективном изложении», Учебное пособие, Новосибирск, СГГА, 2009.

4. Н. Б. Лесных. Теория математической обработки геодезических измерений. Теория ошибок измерений: учеб. пособие (утв.) / 2010. - 43 с. 100 экз.

5. Н. Б. Лесных. Теория математической обработки геодезических измерений. Метод наименьших квадратов: учеб. пособие / 2003. - 58 с. 110 экз

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН

<https://mega.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru

- ЭБС «Знаниум» <https://znanium.ru/>

2. Базы данных и поисковые системы

- Sage <https://journals.sagepub.com/>

- Springer Nature Link <https://link.springer.com/>

- Wiley Journal Database <https://onlinelibrary.wiley.com/>

- Научометрическая база данных Lens.org <https://www.lens.org>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Уравнивание результатов геодезических измерений».

* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

РАЗРАБОТЧИКИ:

Старший преподаватель
агроинженерного департамента

Должность, БУП

Подпись

Алёшин Михаил
Вячеславович

Фамилия И.О.

Ассистент агроинженерного
департамента

Должность, БУП

Подпись

Камышникова татьяна
Сергеевна

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Директор агроинженерного
департамента

Должность БУП

Подпись

Поддубский Антон
Александрович

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Доцент агроинженерного
департамента

Должность, БУП

Подпись

Поддубский Антон
Александрович

Фамилия И.О.