

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

Рег. № 000009354



Исполняющий

Проректор по образовательной
деятельности и молодежной политике

С. Л. Воробьева

20 24

Кафедра энергетики и электротехнологии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля): Основы планирования эксперимента

Уровень образования: Бакалавриат

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Энергообеспечение предприятий

Очная, заочная

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ № 143 от 28.02.2018 г.)

Разработчики:

Олин Н. Л., старший преподаватель

Программа рассмотрена на заседании кафедры, протокол № 01 от 30.08.2024 года

1. Цель и задачи изучения дисциплины

Цель изучения дисциплины - подготовка высококвалифицированных специалистов, владеющими основами планирования и организации эксперимента и математической обработки результатов опыта.

Задачи дисциплины:

- изучение математических моделей планирования эксперимента;;
- изучение принципов проектирования алгоритмов решения инженерных задач;;
- изучение задачи поиска оптимальных условий эксперимента;;
- изучение методов построения интерполяционных формул;;
- изучение методов выбора существенных факторов эксперимента;;
- изучение методов выбора параметров оптимизации..

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Основы планирования эксперимента» относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина изучается на 3 курсе, в 6 семестре.

Изучению дисциплины «Основы планирования эксперимента» предшествует освоение дисциплин (практик):

Математика;

Информационные технологии;

Метрология, сертификация, технические измерения.

Освоение дисциплины «Основы планирования эксперимента» является необходимой основой для последующего изучения дисциплин (практик):

Проектирование систем энергообеспечения;

Проектирование энергетических систем;

Научно-исследовательская работа;

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к видам профессиональной деятельности и решению профессиональных задач, предусмотренных ФГОС ВО и учебным планом.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:

- ПК-1 Способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией

Знания, умения, навыки, формируемые по компетенции в рамках дисциплины, и индикаторы освоения компетенций

Студент должен знать:

Основные понятия и методы теории информации, основные понятия и виды нормативной документации. Достижения отечественного и зарубежного опыта.

Студент должен уметь:

Использовать возможности современных ПК; использовать информационные технологии при сборе данных и их анализе. Осуществлять поиск решения проблем при организации эксплуатации инженерных систем.

Студент должен владеть навыками:

Навыками работы на персональном компьютере; методами поиска и обработки данных при проектировании объектов энергетики

- УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

Знания, умения, навыки, формируемые по компетенции в рамках дисциплины, и индикаторы освоения компетенций

Студент должен знать:
методики поиска, сбора и обработки информации, метод системного анализа.

Студент должен уметь:
применять методики поиска, сбора, обработки информации, системный подход для решения поставленных задач и осуществлять критический анализ и син

Студент должен владеть навыками:
поиск, сбор и обработка, критический анализ и синтез информации, системный подход для решения поставленных задач

4. Объем дисциплины и виды учебной работы (очная форма обучения)

Вид учебной работы	Всего часов	Шестой семестр
Контактная работа (всего)	26	26
Практические занятия	14	14
Лекционные занятия	12	12
Самостоятельная работа (всего)	82	82
Виды промежуточной аттестации		
Зачет		+
Общая трудоемкость часы	108	108
Общая трудоемкость зачетные единицы	3	3

Объем дисциплины и виды учебной работы (заочная форма обучения)

Вид учебной работы	Всего часов	Седьмой семестр	Восьмой семестр
Контактная работа (всего)	8	4	4
Практические занятия	4		4
Лекционные занятия	4	4	
Самостоятельная работа (всего)	96	32	64
Виды промежуточной аттестации	4		4
Зачет	4		4
Общая трудоемкость часы	108	36	72
Общая трудоемкость зачетные единицы	3	1	2

5. Содержание дисциплины

Тематическое планирование (очное обучение)

Номер темы/раздела	Наименование темы/раздела	Всего часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
	Шестой семестр, Всего	108	12	14		82

Раздел 1	Планирование и организация эксперимента	51	6	6		39
Тема 1	Краткие сведения из теории вероятности и математической статистики	4	1			3
Тема 2	Основы математического планирования эксперимента	15,5	1,5	2		12
Тема 3	Обработка результатов измерений	15,5	1,5	2		12
Тема 4	Реализация плана исследований	16	2	2		12
Раздел 2	Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента	57	6	8		43
Тема 5	Описание зависимостей	7	1	2		4
Тема 6	Анализ данных	17	2	2		13
Тема 7	Интерпретация полученных результатов	17	2	2		13
Тема 8	Выбор вида модели и поверхность отклика	16	1	2		13

Содержание дисциплины (очное обучение)

Номер темы	Содержание темы
Тема 1	Основные понятия и определения теории вероятности и математической статистики. Вероятности событий, параметры распределения случайной величины. Статистическая оценка параметров распределения. Статистическая проверка гипотез.
Тема 2	Однофакторный и многофакторный эксперименты. Параметр оптимизации, функция отклика. Дробный факторный эксперимент. Ортогональный центральный композиционный план. Рототабельный ортогональный центральный композиционный план. Полный факторный эксперимент. Графическое представление двухфакторного эксперимента. Матрица планирования эксперимента. Вычисление коэффициентов линейной модели. Оптимизация функции отклика. Варьирование факторов. Интервалы варьирования. Крутое восхождение.
Тема 3	Активный и пассивный эксперименты. Наблюдение. Прямые и косвенные измерения. Операции измерения. Точность прибора. Точность измерений. Погрешность измерения. Ошибки измерения: систематические, случайные, промахи. Распределение результатов измерений. Функция нормального распределения. Дисперсия, плотность распределения вероятностей, доверительный интервал. Распределение Стьюдента. Обработка результатов при малом числе измерений. Среднее арифметическое, доверительный интервал и его назначение.
Тема 4	Особенности проведения экспериментальных исследований. Прямые и косвенные измерения, определение погрешности измерений. Основные особенности энергетических установок, как объекта экспериментальных исследований. Основные параметры, определяемые при экспериментальных исследованиях энергетических установок. Датчики и устройства регистрации, используемые в экспериментальных исследованиях, физические явления, оказывающие влияние на процессы измерений. Примерные схемы экспериментальных установок и методики проведения экспериментальных исследований. Меры безопасности при проведении экспериментальных исследований.

Тема 5	Облако данных. Уравнение регрессии. Модель регрессии. Степенные функции. Теорема Вейерштрасса. Точность приближения. Геометрическая интерпретация. Векторное пространство. Размерность пространства. Математическая модель непрерывной периодической функции. Метод наименьших квадратов. Оценки факторного эксперимента. Критерий правдоподобия. Минимизация суммы квадратов отклонений. Интерполяция и экстраполяция. Сущность корреляции. Графики. Графики искомых первичных и промежуточных величин. Графическое представление экспериментальных точек и ошибок измерения.
Тема 6	Формы преобразования данных: обобщение, концептуализация, коммуникация, экстраполяция. Количественный анализ экспериментальных зависимостей. Цели количественного анализа. Оптимальное число параметров. Последовательность действий (оценка рассеяния, формулировка гипотез, определение параметров модели). Виды статистического анализа (дескриптивный, выводной, различий, связей, предсказательный) и их инструменты. Элементарные статистические методы управления качеством (контрольные листки, анализ Парето, диаграммы причин и результатов). Гистограммы. Диаграммы рассеивания.
Тема 7	Принятие решений после построения модели процесса. Построение интерполяционной формулы, линейная модель. Статистический анализ и оценка точности эксперимента. Первичная и вторичная обработка. Подбор формул по опытным данным. Обсуждение результатов эксперимента.
Тема 8	Выбор интервала, шага и единицы варьирования факторов. Полиномиальная форма аппроксимации. Шаговый принцип. Полиномиальные модели. Задачи оптимизации и математическое описание влияния каждого фактора на функцию оптимизации. Поверхность отклика и оптимум функции. Целевая функция оптимизации и планирование эксперимента.

Тематическое планирование (заочное обучение)

Номер темы/раздела	Наименование темы/раздела	Всего часов				
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
	Всего	104	4	4		96
Раздел 1	Планирование и организация эксперимента	50	2	2		46
Тема 1	Краткие сведения из теории вероятности и математической статистики	11,5	0,5			11
Тема 2	Основы математического планирования эксперимента	13,5	0,5	1		12
Тема 3	Обработка результатов измерений	12,5	0,5	1		11
Тема 4	Реализация плана исследований	12,5	0,5			12
Раздел 2	Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента	54	2	2		50
Тема 5	Описание зависимостей	13	0,5	0,5		12

Тема 6	Анализ данных	13	0,5	0,5		12
Тема 7	Интерпретация полученных результатов	15	0,5	0,5		14
Тема 8	Выбор вида модели и поверхность отклика	13	0,5	0,5		12

На промежуточную аттестацию отводится 4 часов.

Содержание дисциплины (заочное обучение)

Номер темы	Содержание темы
Тема 1	Основные понятия и определения теории вероятности и математической статистики. Вероятности событий, параметры распределения случайной величины. Статистическая оценка параметров распределения. Статистическая проверка гипотез.
Тема 2	Однофакторный и многофакторный эксперименты. Параметр оптимизации, функция отклика. Дробный факторный эксперимент. Ортогональный центральный композиционный план. Рототабельный ортогональный центральный композиционный план. Полный факторный эксперимент. Графическое представление двухфакторного эксперимента. Матрица планирования эксперимента. Вычисление коэффициентов линейной модели. Оптимизация функции отклика. Варьирование факторов. Интервалы варьирования. Крутое восхождение.
Тема 3	Активный и пассивный эксперименты. Наблюдение. Прямые и косвенные измерения. Операции измерения. Точность прибора. Точность измерений. Погрешность измерения. Ошибки измерения: систематические, случайные, промахи. Распределение результатов измерений. Функция нормального распределения. Дисперсия, плотность распределения вероятностей, доверительный интервал. Распределение Стьюдента. Обработка результатов при малом числе измерений. Среднее арифметическое, доверительный интервал и его назначение.
Тема 4	Особенности проведения экспериментальных исследований. Прямые и косвенные измерения, определение погрешности измерений. Основные особенности энергетических установок, как объекта экспериментальных исследований. Основные параметры, определяемые при экспериментальных исследованиях энергетических установок. Датчики и устройства регистрации, используемые в экспериментальных исследованиях, физические явления, оказывающие влияние на процессы измерений. Примерные схемы экспериментальных установок и методики проведения экспериментальных исследований. Меры безопасности при проведении экспериментальных исследований.
Тема 5	Облако данных. Уравнение регрессии. Модель регрессии. Степенные функции. Теорема Вейерштрасса. Точность приближения. Геометрическая интерпретация. Векторное пространство. Размерность пространства. Математическая модель непрерывной периодической функции. Метод наименьших квадратов. Оценки факторного эксперимента. Критерий правдоподобия. Минимизация суммы квадратов отклонений. Интерполяция и экстраполяция. Сущность корреляции. Графики. Графики искомых первичных и промежуточных величин. Графическое представление экспериментальных точек и ошибок измерения.

Тема 6	Формы преобразования данных: обобщение, концептуализация, коммуникация, экстраполяция. Количественный анализ экспериментальных зависимостей. Цели количественного анализа. Оптимальное число параметров. Последовательность действий (оценка рассеяния, формулировка гипотез, определение параметров модели). Виды статистического анализа (дескриптивный, выводной, различий, связей, предсказательный) и их инструменты. Элементарные статистические методы управления качеством (контрольные листки, анализ Парето, диаграммы причин и результатов). Гистограммы. Диаграммы рассеивания.
Тема 7	Принятие решений после построения модели процесса. Построение интерполяционной формулы, линейная модель. Статистический анализ и оценка точности эксперимента. Первичная и вторичная обработка. Подбор формул по опытным данным. Обсуждение результатов эксперимента.
Тема 8	Выбор интервала, шага и единицы варьирования факторов. Полиномиальная форма аппроксимации. Шаговый принцип. Полиномиальные модели. Задачи оптимизации и математическое описание влияния каждого фактора на функцию оптимизации. Поверхность отклика и оптимум функции. Целевая функция оптимизации и планирование эксперимента.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Литература для самостоятельной работы студентов

1. Основы планирования экспериментов [Электронный ресурс]: учебное пособие для практических занятий и самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению подготовки «Технология продукции и организация общественного питания» (квалификация бакалавр), сост. Анисимова К. В., Поробова О. Б., Спиридонов А. Б., Сергеев А. А. - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2019. - 42 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&parent=12705&id=38201>; <https://lib.rucont.ru/efd/732933/info>; <https://e.lanbook.com/reader/book/158613/#1>

2. Основы планирования эксперимента [Электронный ресурс]: практикум для студентов, обучающихся по направлениям "Теплоэнергетика и теплотехника", "Электрооборудование и электротехнологии", сост. Олин Н. Л., Ниязов А. М. - Ижевск: , 2015. - 27 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&id=20842>

3. Ушаков Л. С., Рябчук С. А., Котылев Ю. Е. Активный факторный эксперимент. Математическое планирование, организация и статистический анализ результатов [Электронный ресурс]: учебное пособие, - Орел: ОрелГТУ, 2002. - 39 с. - Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/efd/145510/info>

Вопросы и задания для самостоятельной работы (очная форма обучения)

Шестой семестр (82 ч.)

Вид СРС: Задача (практическое задание) (10 ч.)

Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической

ситуации. Задача (задание) должна быть направлена на оценивание тех компетенций, которые подлежат освоению в данной дисциплине, должна содержать четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий.

Вид СРС: Контрольная работа (выполнение) (6 ч.)

Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Вид СРС: Тест (подготовка) (6 ч.)

Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Вид СРС: Работа с рекомендуемой литературы (50 ч.)

Самостоятельное изучение вопроса, согласно рекомендуемой преподавателем основной и дополнительной литературы.

Вид СРС: Творческое задание (выполнение) (10 ч.)

Частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.

Вопросы и задания для самостоятельной работы (заочная форма обучения)

Всего часов самостоятельной работы (96 ч.)

Вид СРС: Задача (практическое задание) (10 ч.)

Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задача (задание) должна быть направлена на оценивание тех компетенций, которые подлежат освоению в данной дисциплине, должна содержать четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий.

Вид СРС: Контрольная работа (выполнение) (20 ч.)

Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Вид СРС: Тест (подготовка) (6 ч.)

Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Вид СРС: Работа с рекомендуемой литературы (50 ч.)

Самостоятельное изучение вопроса, согласно рекомендуемой преподавателем основной и дополнительной литературы.

Вид СРС: Творческое задание (выполнение) (10 ч.)

Частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.

7. Тематика курсовых работ(проектов)

Курсовые работы (проекты) по дисциплине не предусмотрены.

8. Фонд оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации

8.1. Компетенции и этапы формирования

Коды компетенций	Этапы формирования		
	Курс, семестр	Форма контроля	Разделы дисциплины
УК-1	3 курс, Шестой семестр	Зачет	Раздел 1: Планирование и организация эксперимента.
ПК-1 УК-1	3 курс, Шестой семестр	Зачет	Раздел 2: Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента.

8.2. Показатели и критерии оценивания компетенций, шкалы оценивания

В рамках изучаемой дисциплины студент демонстрирует уровни овладения компетенциями:

Повышенный уровень:

Достигнутый уровень оценки результатов обучения является основой для формирования компетенций, соответствующих требованиям ФГОС. Обучающиеся способны использовать сведения из различных источников для успешного исследования и поиска решения в нестандартных практико-ориентированных ситуациях.

Базовый уровень:

Обучающиеся продемонстрировали результаты на уровне осознанного владения знаниями, умениями, навыками. Обучающиеся способны анализировать, проводить сравнение и обоснование выбора методов решения заданий в практико-ориентированных ситуациях.

Пороговый уровень:

Достигнутый уровень оценки результатов обучения показывает, что обучающиеся обладают необходимой системой знаний и владеют некоторыми умениями по дисциплине. Обучающиеся способны понимать и интерпретировать освоенную информацию, что является основой успешного формирования умений и навыков для решения практико-ориентированных задач.

Уровень ниже порогового:

Результаты обучения свидетельствуют об усвоении ими некоторых элементарных знаний основных вопросов по дисциплине. Допущенные ошибки и неточности показывают, что студенты не овладели необходимой системой знаний по дисциплине.

Уровень сформированности компетенции	Шкала оценивания для промежуточной аттестации	
	Экзамен (дифференцированный зачет)	Зачет
Повышенный	5 (отлично)	зачтено
Базовый	4 (хорошо)	зачтено
Пороговый	3 (удовлетворительно)	зачтено
Ниже порогового	2 (неудовлетворительно)	не зачтено

Критерии оценки знаний студентов по дисциплине

Оценка Не зачтено:

Полнота знаний: уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки.

Наличие умений: при решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки.

Наличие навыков (владение опытом): при решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имели место грубые ошибки.

Характеристика сформированности компетенций:

- компетенция в полной мере не сформирована;
- имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач.

Уровень сформированности компетенций: низкий.

Оценка Зачтено:

Полнота знаний: не ниже минимально допустимого уровня знаний, возможен допуск множества негрубых ошибок.

Наличие умений: умения сформированы не ниже демонстрации основных умений, решения типовых задач с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме.

Наличие навыков (владение опытом): как минимум имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.

Характеристика сформированности компетенций:

- сформированность компетенции не ниже минимальных требований;

- имеющихся знаний, умений, навыков как минимум достаточно для решения практических (профессиональных) задач, возможно требуется дополнительная практика по большинству практических задач.

Уровень сформированности компетенций: минимальный уровень ниже среднего.

8.3. Типовые вопросы, задания текущего контроля

Раздел 1: Планирование и организация эксперимента

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

1. Задачи, требующие планирования измерительного эксперимента.
2. Предмет ОПЭ. Применяемые математические методы – математическая статистика, методы оптимизации. Два направления – экстремальные эксперименты, построение математических моделей объектов.
3. Объекты исследования – статические, динамические.
4. Активные эксперименты, режим нормального функционирования.
5. Последовательное планирование эксперимента
6. Условия необходимости и достаточности при определении факторов.
7. Принципы определения области эксперимента.
8. Выбор уровней, интервалов варьирования.
9. Основные методы планирования, применяемые на разных этапах исследования
10. Ответы на какие вопросы необходимо найти при использовании методов планирования эксперимента
11. Если в диапазоне изменения пяти факторов взять по четыре точки, то сколько необходимо выполнить опытов при всех возможных сочетаниях значений факторов?

Раздел 2: Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

1. Уровень априорной информации об объекте.
2. Вероятностные характеристики случайных процессов.
3. Случайные события, случайные процессы, вероятность, оценка вероятности.
4. Пути минимизации объема экспериментального исследования.
5. Последовательность действия в методе априорного ранжирования.
6. В каком случае результаты отсеивающего эксперимента признаются достоверными?
7. Приемы построения матрицы планирования ПФЭ.
8. Что такое кодирование факторов и как оно делается?
9. Как называется геометрическое представление функции отклика в факторном пространстве
10. Разложение функции отклика в степенной ряд, кодирование факторов

ПК-1 Способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией

1. Априорная информация об идентифицируемом объекте. Некорректность задачи идентификации.
2. Основные типы математических моделей.

3. Классификация объектов исследования, основные типы математических моделей.
4. Основные понятия в планировании эксперимента. План эксперимента, спектр плана.
5. Поиск экстремума функции.
6. Проблема определения градиента.
7. Поисковые методы, оптимизация овражных функций.
8. Применение коэффициента конкордации.
9. Применение критерия Пирсона.
10. Перечислите условия необходимые для определения коэффициентов регрессии.
11. Какую область описывает уравнение регрессии, полученное с помощью ПФЭ и в каких границах его можно использовать?
12. Что такое регрессионные полиномы и где они применяются.
13. Как проверить адекватность полученной математической модели?
14. Для чего используется критерий Фишера (F-критерий).
15. Как строится функция отклика одной переменной?
16. Расчет теоретической линии регрессии связи двух переменных методом наименьших квадратов для прямолинейной и криволинейной зависимости.
17. Коэффициенты регрессии и корреляции, способы расчета и свойства.
18. Основные виды распределения. Нормальное (нормированное и не нормированное) и биномиальные (Бернулли, Пуассона) их вид, формула и основные свойства.
19. Построение зависимостей на основе метода наименьших квадратов по экспериментальным данным.

8.4. Вопросы промежуточной аттестации

Шестой семестр (Зачет, ПК-1, УК-1)

1. История планирования эксперимента. Назначение и область применения планирования эксперимента.
2. Процедура выбора числа и условий проведения опытов. Задачи планирования эксперимента. Задачи поиска оптимальных условий.
3. Задачи поиска оптимальных условий. Экстремальный эксперимент. Модель «черного ящика». Определения : параметр оптимизации и «черный ящик». Функция отклика.
4. Виды экспериментов и их характеристики. Управление объектом и воспроизводимость эксперимента. Определение числа различных состояний объекта.
5. Факторы, определение. Область определения факторов. Количественные и качественные оценки факторов.
6. Параметр оптимизации. Виды параметров оптимизации.
7. Обобщенный параметр оптимизации. Шкала желательности. Преобразование частных откликов.
8. Выбор модели. Функциональное и графическое представление модели. Основные методы нахождения оптимума.
9. Выбор модели. Основные свойства, предъявляемые к модели. Аппроксимация. Полиномиальные модели.
10. Постановка задачи перед выполнением эксперимента. Выбор параметров оптимизации, факторов, числа опытов. Учет априорной информации.
11. Проведение эксперимента. Постановка задачи. Выбор факторов и числа опытов. Анализ априорной информации.
12. Полный факторный эксперимент. Принятие решений перед планированием. Типы ограничений. Выбор основного уровня.
13. Дробный факторный эксперимент. Минимизация числа опытов. Пример построения дробного факторного эксперимента из полного эксперимента.
14. Обработка результатов измерения. Оценка ошибки эксперимента. Среднее, дисперсия, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации.

15. Обработка результатов измерения. Сравнение двух средних. Объединенная средняя выборочная и её дисперсия. Дисперсия параметра оптимизации. Средневзвешенное значение дисперсия.
16. Проверка распределения количественным методом статистического критерия согласия.
17. Обработка результатов измерения. Проверка однородности дисперсии измеряемой величины. Объединенная выборочная дисперсия.
18. Обработка результатов измерения. Достоверность оценки среднего, дисперсии и среднеквадратического отклонения.
19. Корреляционный анализ. Измерение тесноты связи. Эмпирический и теоретический коэффициенты тесноты связи. Расчет теоретической линии регрессии связи двух переменных методом наименьших квадратов для прямолинейной и криволинейной зависимости. Коэффициенты регрессии и корреляции, способы расчета и свойства.
20. Интегральная функция и функция плотности распределения. Основные виды распределения. Нормальное (нормированное и не нормированное) и биномиальные (Бернулли, Пуассона) их вид, формула и основные свойства. Специальные распределения, классификация.
21. Задачи, требующие планирования измерительного эксперимента.
22. Предмет ОПЭ. Применяемые математические методы – математическая статистика, методы оптимизации. Два направления – экстремальные эксперименты, построение математических моделей объектов.
23. Поиск экстремума функции.
24. Проблема определения градиента.
25. Поисковые методы, оптимизация овражных функций.
26. Объекты исследования – статические, динамические.
27. Активные эксперименты, режим нормального функционирования.
28. Уровень априорной информации об объекте.
29. Последовательное планирование эксперимента.
30. Случайные события, случайные процессы, вероятность, оценка вероятности.
31. Вероятностные характеристики случайных процессов.
32. Основные типы математических моделей.
33. Априорная информация об идентифицируемом объекте. Некорректность задачи идентификации.
34. Классификация объектов исследования, основные типы математических моделей.
35. Основные понятия в планировании эксперимента. План эксперимента, спектр плана.

8.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Контроль знаний студентов по дисциплине проводится в устной и письменной форме, предусматривает текущий и промежуточный контроль. Методы контроля: - тестовая форма контроля; - устная форма контроля – опрос и общение с аудиторией по поставленной задаче в устной форме; - решение определенных заданий (задач) по теме практического материала в конце практического занятия, в целях эффективности усвояемости материала на практике. - поощрение индивидуальных заданий, в которых студент проработал самостоятельно большое количество дополнительных источников литературы. Текущий контроль предусматривает устную форму опроса студентов и письменный экспресс-опрос по окончании изучения каждой темы.

9. Перечень учебной литературы

1. Основы планирования экспериментов [Электронный ресурс]: учебное пособие для практических занятий и самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению подготовки «Технология продукции и организация общественного питания» (квалификация бакалавр), сост. Анисимова К. В., Поробова О. Б., Спиридонов А. Б., Сергеев А. А. - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2019. - 42 с. - Режим доступа:

<http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&parent=12705&id=38201>;
<https://lib.rucont.ru/efd/732933/info>; <https://e.lanbook.com/reader/book/158613/#1>

2. Основы планирования эксперимента [Электронный ресурс]: практикум для студентов, обучающихся по направлениям "Теплоэнергетика и теплотехника", "Электрооборудование и электротехнологии", сост. Олин Н. Л., Ниязов А. М. - Ижевск: , 2015. - 27 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&id=20842>

3. Сафин Р. Г., Иванов А. И., Тимербаев Н. Ф. Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента [Электронный ресурс]: учебное пособие, - Казань: Изд-во КНИТУ, 2013. - 154 с. - Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/efd/303034/info>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет

1. <http://portal.udsau.ru> - Интернет-портал Удмуртского ГАУ
2. <http://lib.rucont.ru> - Электронная библиотечная система
3. moodle.udsau.ru - Система дистанционного обучения Удмуртского ГАУ
4. <http://elibrary.ru/> - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

11. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины (модуля)

Перед изучением дисциплины студенту необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, изучить перечень рекомендуемой литературы, приведенной в рабочей программе дисциплины. Для эффективного освоения дисциплины рекомендуется посещать все виды занятий в соответствии с расписанием и выполнять все домашние задания в установленные преподавателем сроки. В случае пропуска занятий по уважительным причинам, необходимо получить у преподавателя индивидуальное задание по пропущенной теме. Полученные знания и умения в процессе освоения дисциплины студенту рекомендуется применять для решения задач, не обязательно связанных с программой дисциплины. Владение компетенциями дисциплины в полной мере будет подтверждаться Вашим умением ставить конкретные задачи, выявлять существующие проблемы, решать их и принимать на основе полученных результатов оптимальные решения. Основными видами учебных занятий для студентов по учебной дисциплине являются: занятия лекционного типа, занятия семинарского типа и самостоятельная работа студентов.

Формы работы	Методические указания для обучающихся
Лекционные занятия	<p>Работа на лекции является очень важным видом деятельности для изучения дисциплины, т.к. на лекции происходит не только сообщение новых знаний, но и систематизация и обобщение накопленных знаний, формирование на их основе идейных взглядов, убеждений, мировоззрения, развитие познавательных и профессиональных интересов.</p> <p>Краткие записи лекций (конспектирование) помогает усвоить материал. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Конспект лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Принципиальные места, определения, формулы следует сопровождать замечаниями: «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Прослушивание и запись лекции можно производить при помощи современных устройств (диктофон, ноутбук, нетбук и т.п.).</p>

	<p>Работая над конспектом лекций, всегда следует использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор, в том числе нормативно-правовые акты соответствующей направленности. По результатам работы с конспектом лекции следует обозначить вопросы, термины, материал, который вызывают трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на занятии семинарского типа.</p> <p>Лекционный материал является базовым, с которого необходимо начать освоение соответствующего раздела или темы.</p>
Лабораторные занятия	<p>При подготовке к занятиям и выполнении заданий студентам следует использовать литературу из рекомендованного списка, а также руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя.</p> <p>Перед каждым занятием студент изучает план занятия с перечнем тем и вопросов, списком литературы и домашним заданием по вынесенному на занятие материалу.</p> <p>Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к занятию и выполнению домашних заданий:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проработать конспект лекций; - проанализировать литературу, рекомендованную по изучаемому разделу (модулю); - изучить решения типовых задач (при наличии); - решить заданные домашние задания; - при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю. <p>В конце каждого занятия типа студенты получают «домашнее задание» для закрепления пройденного материала. Домашние задания необходимо выполнять к каждому занятию. Сложные вопросы можно вынести на обсуждение на занятии семинарского типа или на индивидуальные консультации.</p>
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа студентов является составной частью их учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний, умений и навыков, поиск и приобретение новых знаний.</p> <p>Самостоятельная работа студентов включает в себя освоение теоретического материала на основе лекций, рекомендуемой литературы; подготовку к занятиям семинарского типа в индивидуальном и групповом режиме. Советы по самостоятельной работе с точки зрения использования литературы, времени, глубины проработки темы и др., а также контроль за деятельностью студента осуществляется во время занятий.</p> <p>Целью преподавателя является стимулирование самостоятельного, углублённого изучения материала курса, хорошо структурированное, последовательное изложение теории на занятиях лекционного типа, отработка навыков решения задач и системного анализа ситуаций на занятиях семинарского типа, контроль знаний студентов.</p> <p>Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю.</p> <p>Помимо самостоятельного изучения материалов по темам к самостоятельной работе обучающихся относится подготовка к практическим занятиям, по результатам которой представляется отчет преподавателю и проходит собеседование.</p>

	<p>При самостоятельной подготовке к практическому занятию обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - организует свою деятельность в соответствии с методическим руководством по выполнению практических работ; - изучает информационные материалы; - подготавливает и оформляет материалы практических работ в соответствии с требованиями. <p>В результате выполнения видов самостоятельной работы происходит формирование компетенций, указанных в рабочей программы дисциплины (модуля).</p>
<p>Практические занятия</p>	<p>Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Ими могут быть: выполнение упражнений, решение типовых задач, решение ситуационных задач, занятия по моделированию реальных условий, деловые игры, игровое проектирование, имитационные занятия, выездные занятия в организации (предприятия), занятия-конкурсы и т.д. При устном выступлении по контрольным вопросам семинарского занятия студент должен излагать (не читать) материал выступления свободно. Необходимо концентрировать свое внимание на том, что выступление должно быть обращено к аудитории, а не к преподавателю, т.к. это значимый аспект формируемых компетенций.</p> <p>По окончании семинарского занятия обучающемуся следует повторить выводы, полученные на семинаре, проследив логику их построения, отметив положения, лежащие в их основе. Для этого обучающемуся в течение семинара следует делать пометки. Более того, в случае неточностей и (или) непонимания какого-либо вопроса пройденного материала обучающемуся следует обратиться к преподавателю для получения необходимой консультации и разъяснения возникшей ситуации.</p> <p>При подготовке к занятиям студентам следует использовать литературу из рекомендованного списка, а также руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя.</p> <p>Перед каждым занятием студент изучает план занятия с перечнем тем и вопросов, списком литературы и домашним заданием по вынесенному на занятие материалу.</p> <p>Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к занятию и выполнению домашних заданий:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проработать конспект лекций; - проанализировать литературу, рекомендованную по изучаемому разделу (модулю); - изучить решения типовых задач (при наличии); - решить заданные домашние задания; - при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю. <p>В конце каждого занятия студенты получают «домашнее задание» для закрепления пройденного материала. Домашние задания необходимо выполнять к каждому занятию. Сложные вопросы можно вынести на обсуждение на занятии или на индивидуальные консультации.</p>

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, услуги ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано совместно с другими обучающимися, а так же в отдельных группах.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимся с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

В целях доступности получения высшего образования по образовательной программе лицами с ограниченными возможностями здоровья при освоении дисциплины (модуля) обеспечивается:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),

- письменные задания, а также инструкции о порядке их выполнения оформляются увеличенным шрифтом,

- специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы (имеющие крупный шрифт или аудиофайлы),

- индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс,

- при необходимости студенту для выполнения задания предоставляется увеличивающее устройство;

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),

- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающемуся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- обеспечивается надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата (в том числе с тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию обучающегося задания могут выполняться в устной форме.

12. Перечень информационных технологий

Информационные технологии реализации дисциплины включают

12.1 Программное обеспечение

1. Операционная система: Microsoft Windows 10 Professional. По подписке для учебного процесса. Последняя доступная версия программы. Astra Linux Common Edition. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.

2. Базовый пакет программ Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint). Microsoft Office Standard 2016. Бессрочная лицензия. Договор №79-ГК/16 от 11.05.2016. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №0313100010014000038-0010456-01 от 11.08.2014. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №26 от 19.12.2013. Microsoft Office Professional Plus 2010. Бессрочная лицензия. Договор №106-ГК от 21.11.2011. Р7-Офис. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.

12.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Информационно-справочная система (справочно-правовая система) «Консультант плюс». Соглашение № ИКП2016/ЛСВ 003 от 11.01.2016 для использования в учебных целях бессрочное. Обновляется регулярно. Лицензия на все компьютеры, используемые в учебном процессе.
2. Профессиональные базы данных на платформе 1С: Предприятие с доступными конфигурациями (1С: ERP Агропромышленный комплекс 2, 1С: ERP Энергетика, 1С: Бухгалтерия молокозавода, 1С: Бухгалтерия птицефабрики, 1С: Бухгалтерия элеватора и комбикормового завода, 1С: общепит, 1С: Ресторан. Фронт-офис). Лицензионный договор № Н8775 от 17.11.2020 г.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Оснащение аудиторий

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории
2. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (практических занятий). Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью, компьютерами с необходимым программным обеспечением, выходом в «Интернет» и корпоративную сеть университета
4. Помещение для самостоятельной работы. Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.
5. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.