


**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

Рег. № Б-45-ТТ

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
П.Б. Акмаров
" 27 " 12 2015 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Основы планирования эксперимента

Направление подготовки *«Теплоэнергетика и теплотехника»*

Профиль *«Энергообеспечение предприятий»*

Квалификация выпускника – *бакалавр*

Форма обучения – *очная, заочная*

Ижевск 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | | |
|---|--|----|
| 1 | ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА» | 3 |
| 2 | МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА» В СТРУКТУРЕ ООП..... | 4 |
| 3 | КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА» И ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ..... | 5 |
| 4 | СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА» (очное обучение)..... | 7 |
| | СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА» (заочное отделение) | 11 |
| 5 | ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ | 15 |
| 6 | ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ | 16 |
| 7 | УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА» | 22 |
| 8 | МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА» | 25 |
| | ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ | 26 |

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА»

Целью преподавания дисциплины (модуля) «основы планирования эксперимента» является 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.

Область профессиональной деятельности выпускников, освоивших программы бакалавриата, включает:

- совокупность технических средств, способов и методов человеческой деятельности по применению теплоты;
- управлению потоками теплоты и преобразованию иных видов энергии в теплоту.

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу бакалавриата, являются:

- тепловые и атомные электрические станции;
- системы энергообеспечения предприятий, объекты малой энергетики;
- установки, системы и комплексы высокотемпературной и низкотемпературной теплотехнологии;
- паровые и водогрейные котлы различного назначения;
- реакторы и парогенераторы атомных электростанций;
- паровые и газовые турбины;
- энергоблоки, парогазовые и газотурбинные установки;
- установки по производству сжатых и сжиженных газов;
- компрессорные, холодильные установки;
- установки систем кондиционирования воздуха;
- тепловые насосы;
- химические реакторы, топливные элементы, электрохимические энергоустановки;
- установки водородной энергетики;
- вспомогательное теплотехническое оборудование;
- тепло- и массообменные аппараты различного назначения;
- тепловые и электрические сети;
- теплотехнологическое и электрическое оборудование промышленных предприятий;
- установки кондиционирования теплоносителей и рабочих тел;
- технологические жидкости, газы и пары, расплавы, твердые и сыпучие тела как теплоносители и рабочие тела энергетических и теплотехнологических установок;
- топливо и масла;
- нормативно-техническая документация и системы стандартизации;
- системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процессами в теплоэнергетике и теплотехнике.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА» В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Основы планирования эксперимента» включена в цикл Б.1 дисциплины по выбору.

Организация изучения дисциплины предусматривает чтение лекций, проведение практических занятий, самостоятельную работу студентов по темам дисциплины.

Для изучения дисциплины «Основы планирования эксперимента» необходимы следующие знания, умения и навыки:

Знание: дифференцирование и интегрирование, вероятностные задачи; основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования.

Умение: способность к работе с информацией в компьютерных сетях; способность проводить измерения и оценивать их результаты.

Навыки: владеть культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения, навыками самостоятельной работы.

Результаты изучения дисциплины должны способствовать освоению последующих специальных профессиональных дисциплин учебного плана.

Содержательно-логические связи дисциплины отражены в таблице 2.1

2.1 Содержательно-логические связи дисциплины (модуля) Основы планирования эксперимента

| Код дисциплины (модуля) | Содержательно-логические связи | |
|-------------------------|--|---|
| | коды и название учебных дисциплин (модулей), практик | |
| | на которые опирается содержание данной учебной дисциплины (модуля) | для которых содержание данной учебной дисциплины (модуля) выступает опорой |
| Б1.В.ДВ.02.01 | Математика Метрология, стандартизация и сертификация | Проектирование систем электрификации Основы НИР Подготовка выпускной квалификационной |

3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА» И ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

3.1 Перечень компетенций

| Но-мер/индекс компетен-ции | Содержание компетен-ции (или ее части) | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся долж-ны: | | |
|----------------------------|---|---|--|--|
| | | Знать | Уметь | Владеть |
| ПК-4 | способностью к прове-дению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результа-тов с привлечением со-ответствующего мате-матического аппарата | поиск оптимальных условий и экстрему-ма функции отклика; регрессион-ный и дисперсион-ный анализ данных. | выделить содержание и последовательность действий при выпол-нении научного ис-следования; прово-дить обработку ре-зультатов экспери-мента. | навыками состав-лять программу исследований в соответствии с це-лью; методикой проведения экспе-римента. |

Согласно Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направления подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриата) областью профессиональной деятельности выпускника включает исследование, проектирование, конструирование и эксплуатацию технических средств по производству теплоты, её применению, управлению ее потоками и преобразованию иных видов энергии в теплоту

Бакалавр должен быть готов к выполнению задач по следующим видам деятель-ности:

- расчетно-проектная и проектно-конструкторская деятельность:
- участие в сборе и анализе информационных исходных данных для проектирования;
- научно-исследовательская деятельность:
- изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
- проведение экспериментов по заданной методике и анализ результатов; проведение измерений и наблюдений, составление описания проводимых исследований;
- организационно-управленческая деятельность:
- планирование работы персонала;
- выполнение работ по одной или нескольким должностям служащих;
- производственно-технологическая деятельность:
- контроль соблюдения технологической дисциплины; участие в работах по освоению и доводке технологических процессов в ходе подготовки производства продукции;
- контроль соблюдения экологической безопасности на производстве;
- сервисно-эксплуатационная деятельность:
- участие в проверке технического состояния и остаточного ресурса оборудования, организации профилактических осмотров и текущего ремонта;

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть основными требованиями, характеризующими профессиональную деятельность бакалавров.

Знать:

- основные понятия и принципы планирования эксперимента;
- критерии оптимальности, разновидности и правила построения планов эксперимента;

- методы расчета параметров математической модели объекта исследований, оценки их значимости, а также адекватности полученной модели;
- методы поиска оптимальных условий и экстремума функции отклика;

Уметь:

- анализировать результаты эксперимента с привлечением методов математической статистики и информационных технологий;

Владеть:

- навыками по выполнению научных и промышленных экспериментальных исследований;
- методами построения математических моделей типовых профессиональных задач.

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

| Семестр | Ауди-торных | Самост. работа | Лекций | Лабораторных | Практических | Промежуточная аттестация | Всего часов |
|---------|-------------|----------------|--------|--------------|--------------|--------------------------|-------------|
| 6 | 26 | 82 | 12 | - | 14 | зачет | 108 |
| | | | | | | | |

4.1 Структура дисциплины

| № п/п | Семестр | Недели семестра | Раздел дисциплины (модуля), темы раздела | Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в часах) | | | | | | Форма: -текущего контроля успеваемости, СРС (по неделям семестра); -промежуточной аттестации (по семестрам) КРС |
|--------------|---------|-----------------|--|---|-----------|----------------------|--------------|----------|-----------|---|
| | | | | Всего | лекция | практические занятия | лаб. занятия | семинары | СРС | |
| 1 | 6 | 1 | Планирование и организация эксперимента | 50 | 6 | 6 | | | 38 | |
| 2 | 6 | 3 | Введение. Краткие сведения из теории вероятности и математической статистики | 10 | 2 | | | | 8 | Экспресс-опрос на лекции |
| 3 | 6 | 5 | Основы математического планирования эксперимента | 13 | 1 | 2 | | | 10 | Устный или письменный опрос |
| 4 | 6 | 7 | Обработка результатов измерений | 13 | 1 | 2 | | | 10 | Устный или письменный опрос |
| 5 | 6 | 9 | Реализация плана исследований | 14 | 2 | 2 | | | 10 | Устный или письменный опрос |
| 6 | 6 | | Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента | 58 | 5 | 8 | | | 44 | |
| 7 | 6 | 11 | Описание зависимостей | 13 | 1 | 2 | | | 10 | Устный или письменный опрос |
| 8 | 6 | 13 | Анализ данных | 14 | 2 | 2 | | | 10 | Устный или письменный опрос |
| 9 | 6 | 15 | Интерпретация полученных результатов | 15 | 1 | 2 | | | 12 | Устный или письменный опрос |
| 10 | 6 | 17 | Выбор вида модели и поверхность отклика | 15 | 1 | 2 | | | 12 | Устный или письменный опрос |
| | | | Промежуточная аттестация | | | | | | | Зачет |
| Итого | | | | 108 | 12 | 14 | | | 82 | |

4.2 Матрица формируемых дисциплиной компетенций

| Разделы и темы дисциплины | Кол-во часов | Компетенции (вместо цифр – шифр и номер компетенции из ФГОС ВО) | |
|---|--------------|---|------------------------------|
| | | ПК-4 | общее количество компетенций |
| Планирование и организация эксперимента | 50 | + | 1 |
| Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента | 58 | + | 1 |

4.3 Содержание разделов дисциплины (модуля)

| № | Название раздела | Содержание раздела в дидактических единицах | Трудоемкость (час.) |
|---|---|---|---------------------|
| | Введение. | | 1 |
| 1 | Введение. | Общие вопросы планирования и организации эксперимента. Роль эксперимента в развитии науки и техники. Эффективность научных исследований. Задачи теории планирования эксперимента. Экспериментально-статистический подход к изучению и оптимизации сложных многофакторных процессов. Формализация объектов исследования. | 1 |
| | Краткие сведения из теории вероятности и математической статистики | | 2 |
| 2 | Краткие сведения из теории вероятности и математической статистики | Основные понятия и определения теории вероятности и математической статистики. Вероятности событий, параметры распределения случайной величины. Статистическая оценка параметров распределения. Статистическая проверка гипотез. | 2 |
| | Планирование и организация эксперимента | | 4 |
| 3 | Основы математического планирования эксперимента | 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. | 1 |
| 4 | Обработка результатов измерений | 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. | 1 |
| 5 | Реализация плана исследований | 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. | 2 |
| | Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента | | 5 |
| 6 | Описание зависимостей | Облако данных. Уравнение регрессии. Модель регрессии. Степенные функции. Теорема Вейерштрасса. Точность приближения. Геометрическая ин- | 1 |

| № | Название раздела | Содержание раздела в дидактических единицах | Трудоемкость (час.) |
|---|---|---|---------------------|
| | | терпретация. 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. | |
| 7 | Анализ данных | 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. | 2 |
| 8 | Интерпретация полученных результатов | 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. | 1 |
| 9 | Выбор вида модели и поверхность отклика | 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. | 1 |

4.4 Практические занятия

| № п/п | № раздела дисциплины | Тематика практических занятий (семинаров) | Трудоемкость (час.) |
|-------|---|---|---------------------|
| 1 | Планирование и организация эксперимента | | |
| | 3 | Выбор объекта исследования. | 1 |
| | 3 | Определение факторов. Описание характера влияния на исследуемый объект. | 1 |
| | 3 | Группирование данных. Оценка центра рассеивания. | 2 |
| | 3 | Составление и анализ таблицы факторов. | 2 |
| 2 | Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента | | |
| | 5 | Априорное ранжирование факторов. | 1 |
| | 4 | Статистическая обработка данных эксперимента | 1 |
| 3 | Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента | | |
| | 6 | Полный факторный эксперимент | 2 |
| | 7 | Расчет коэффициентов регрессии и проверка их статистической значимости. | 2 |
| | 8 | Определение теоретического значения параметра оптимизации. | 1 |
| | 9 | Оценка адекватности модели | 1 |

4.5 Содержание самостоятельной работы и формы ее контроля

| № п/п | Раздел дисциплины (модуля), темы раздела | Всего часов | Содержание самостоятельной работы | Форма контроля |
|---|--|-------------|---|----------------|
| Планирование и организация эксперимента | | | | |
| 1 | Краткие сведения из теории вероятности и математической статистики | 8 | Работа с учебной литературой, подготовка к лекции | Опрос |
| 2 | Подбор параметров модели однофакторной зависимости | 10 | Работа с учебной литературой, подготовка к лекции | Опрос |
| 3 | Обработка результатов измерения постоянной величины | 10 | Работа с учебной литературой, подготовка к лекции | Опрос |
| 4 | Планирование активных многофакторных экспериментов | 10 | Работа с учебной литературой, подготовка к лекции | Опрос |
| Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента | | | | |
| 5 | Полный факторный эксперимент и математическая модель. | 10 | Работа с учебной литературой, подготовка к лекции | Опрос |
| 6 | Дробный факторный эксперимент. | 10 | Работа с учебной литературой, подготовка к лекции | Опрос |
| 7 | Ошибки параллельных опытов. | 12 | Работа с учебной литературой, подготовка к лекции | Опрос |
| 8 | Выбор модели. | 12 | Работа с учебной литературой, подготовка к лекции | Опрос |
| | | 82 | | |

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА» (заочное отделение)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

| Курс | Ауди-торных | Самост. работа | Лекций | Лабораторных | Практических | Промежуточная аттестация | Всего часов |
|--------------|-------------|----------------|----------|--------------|--------------|--------------------------|-------------|
| 3 | 4 | 32 | 4 | | | | 36 |
| 4 | 4 | 64 | | | 4 | РГР, 4-зачет | 72 |
| Итого | 8 | 96 | 4 | | 4 | | 108 |

Структура дисциплины

| № п/п | Курс (Семестр) | Недели семестра | Раздел дисциплины (модуля), темы раздела | Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в часах) | | | | | | Форма: -текущего контроля успеваемости, СРС (по неделям семестра); -промежуточной аттестации (по семестрам) КРС |
|--------------|----------------|-----------------|---|---|----------|----------------------|--------------|----------|-----------|---|
| | | | | Всего | лекция | практические занятия | лаб. занятия | семинары | СРС | |
| 1 | | | Модуль 1. Планирование и организация эксперимента | 50 | 2 | 2 | | | 46 | |
| | | | Краткие сведения из теории вероятности и математической статистики | 11,5 | 0,5 | | | | 11 | Экспресс-опрос на лекции |
| | | | Основы математического планирования эксперимента | 13,5 | 0,5 | 1 | | | 12 | Экспресс-опрос |
| | | | Обработка результатов измерений | 12,5 | 0,5 | 1 | | | 11 | Экспресс-опрос |
| | | | Реализация плана исследований | 12,5 | 0,5 | | | | 12 | Экспресс-опрос на лекции |
| 2 | | | Модуль 2. Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента | 52 | 2 | 2 | | | 48 | |
| | | | Описание зависимостей | 12,5 | 0,5 | | | | 12 | Экспресс-опрос |
| | | | Анализ данных | 13,5 | 0,5 | 1 | | | 12 | Экспресс-опрос |
| | | | Интерпретация полученных результатов | 13,5 | 0,5 | 1 | | | 12 | Экспресс-опрос |
| | | | Выбор вида модели и поверхность отклика | 12,5 | 0,5 | | | | 12 | Экспресс-опрос |
| | | | Промежуточная аттестация | 4 | | | | | | Зачет |
| Итого | | | | 108 | 4 | 4 | | | 96 | |

Содержание разделов дисциплины (модуля)

| № | Название раздела | Содержание раздела в дидактических единицах | Трудоемкость (час.) |
|---|--|---|---------------------|
| Модуль 1. Планирование и организация эксперимента | | | 2 |
| 1 | Краткие сведения из теории вероятности и математической статистики | Основные понятия и определения теории вероятности и математической статистики. Вероятности событий, параметры распределения случайной величины. Статистическая оценка параметров распределения. Статистическая проверка гипотез. | 0,5 |
| 2 | Основы математического планирования эксперимента | 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. | 0,5 |
| 3 | Обработка результатов измерений | 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. | 0,5 |
| 4 | Реализация плана исследований | 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. | 0,5 |
| Модуль 2. Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента | | | 2 |
| 5 | Описание зависимостей | 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. | 0,5 |
| 6 | Анализ данных | 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. | 0,5 |
| 7 | Интерпретация | Принятие решений после построения модели процесса. Построение ин- | 0,5 |

| № | Название раздела | Содержание раздела в дидактических единицах | Трудоемкость (час.) |
|---|---|---|---------------------|
| | ция полученных результатов | терполяционной формулы, линейная модель. Статистический анализ и оценка точности эксперимента. Первичная и вторичная обработка. Подбор формул по опытным данным. Обсуждение результатов эксперимента. | |
| 8 | Выбор вида модели и поверхность отклика | 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. | 0,5 |

Практические занятия

| № п/п | № раздела дисциплины | Тематика практических занятий (семинаров) | Трудоемкость (час.) |
|-------|---|---|---------------------|
| 1 | Модуль 1. Планирование и организация эксперимента | | |
| | 3 | Выбор объекта исследования. | 0,5 |
| | 3 | Определение факторов. Описание характера влияния на исследуемый объект. | 0,5 |
| | 3 | Группирование данных. Оценка центра рассеивания. | 0,5 |
| | 3 | Составление и анализ таблицы факторов. | 0,5 |
| 2 | Модуль 2. Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента | | |
| | 5 | Априорное ранжирование факторов. | 0,5 |
| | 4 | Статистическая обработка данных эксперимента | 0,5 |
| | 6 | Полный факторный эксперимент | 0,5 |
| | 7 | Расчет коэффициентов регрессии и проверка их статистической значимости. | 0,5 |
| | 8 | Определение теоретического значения параметра оптимизации. | |
| | 9 | Оценка адекватности модели | |

Содержание самостоятельной работы и формы ее контроля

| № п/п | Раздел дисциплины (модуля), темы раздела | Всего часов | Содержание самостоятельной работы | Форма контроля |
|---|--|-------------|---|----------------|
| Модуль 1. Планирование и организация эксперимента | | | | |
| 1 | Краткие сведения из теории вероятности и математической статистики | 11 | Работа с учебной литературой, подготовка к лекции | Опрос |
| 2 | Подбор параметров модели однофакторной зависимости | 12 | Работа с учебной литературой, подготовка к лекции | Опрос |
| 3 | Обработка результатов измерения постоянной величины | 11 | Работа с учебной литературой, подготовка к лекции | Опрос |
| 4 | Планирование активных многофакторных экспериментов | 12 | Работа с учебной литературой, подготовка к лекции | Опрос |
| Модуль 2. Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента | | | | |
| 5 | Полный факторный эксперимент и математическая модель. | 12 | Работа с учебной литературой, подготовка к лекции | Опрос |
| 6 | Дробный факторный эксперимент. | 12 | Работа с учебной литературой, подготовка к лекции | Опрос |
| 7 | Ошибки параллельных опытов. | 14 | Работа с учебной литературой, подготовка к лекции | Опрос |
| 8 | Выбор модели. | 12 | Работа с учебной литературой, подготовка к лекции | Опрос |
| | | 96 | | |

5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины в рамках реализации ООП по направлению подготовки бакалавров 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриата) профиль «Энергообеспечение предприятий» используются следующие технологии: информационные технологии, проблемное обучение, контекстное обучение, обучение на основе опыта, междисциплинарное обучение.

При наличии лиц с ограниченными возможностями здоровья преподаватель организует работу в соответствии с Положением об инклюзивном образовании ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА.

Изучение дисциплины подразумевает использование информационных технологий:

- поиск информации в глобальной сети Интернет;
- работа в электронно-библиотечных системах;
- работа в ЭИОС вуза (портал);
- компьютерное тестирование;
- программное обеспечение MICROSOFT OFFICE;
- мультимедийные лекции.

5.1 Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях

| Семестр | Вид занятия (Л, ПР) | Используемые интерактивные образовательные технологии | Количество часов |
|---------|---------------------|---|------------------|
| 6 | Л | Лекции, с постановкой проблем и анализом их решения на примере действующих Программ | 4 |
| | ЛР | Лабораторные работы с условиями | - |
| | ПР | Решение ситуационных задач | 4 |

Занятия проводятся с использованием мультимедийного оборудования на лекциях, компьютерных программ MICROSOFT OFFICE, справочно-информационных систем для самостоятельной работы.

При выполнении расчетных заданий используется учебная литература, приведенная ниже. Самостоятельная работа включает подготовку к тестам, выполнение расчетных заданий и подготовку к их защите.

6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ¹

6.1 Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств

Контроль знаний студентов по дисциплине «Основы планирования эксперимента» проводится в устной и письменной форме, предусматривает текущий, промежуточный и итоговый контроль (зачет).

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 окончанию изучения каждой темы.

| № п/п | № семестра | Виды контроля и аттестации (ТАт, ПрАт) | Компетенции | Наименование раздела учебной дисциплины | Оценочные средства и форма контроля |
|-------|------------|--|-------------|--|-------------------------------------|
| 1. | 6 | ТАт | ПК-4 | Планирование и организация эксперимента | Устный или тестовый контроль |
| 2. | 6 | ТАт | ПК-4 | Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента | Устный или тестовый контроль |
| 3. | 6 | ПрАт | ПК-4 | | Зачет |
| | | | | | |

¹ Полный фонд оценочных средств по дисциплине приведен в приложении

Методика текущего контроля и промежуточной аттестации

Освоение основной образовательной программы, в том числе учебной практики, сопровождается текущим контролем успеваемости и промежуточной аттестацией обучающихся.

Текущий контроль успеваемости обучающихся является элементом внутривузовской системы контроля качества подготовки специалистов и способствует активизации познавательной деятельности обучающихся в межсессионный период как во время контактной работы обучающихся с преподавателем, так и во время самостоятельной работы. Текущий контроль осуществляется руководителем практики (от академии и (или) предприятия) и может проводиться в следующих формах: индивидуальный и (или) групповой опрос (устный или письменный) на занятиях; защита реферата; презентация проектов, др. заданий, выполненных индивидуально или группой обучающихся; анализ деловых ситуаций (анализ вариантов решения проблемы, обоснования выбора оптимального варианта решения, др.); тестирование (письменное или компьютерное); контроль самостоятельной работы студентов (в письменной или устной форме).

По итогам текущего контроля руководитель практики отмечает обучающихся, проявивших особые успехи, а также обучающихся, не выполнивших запланированные виды работ.

Промежуточная аттестация призвана оценить компетенции, сформированные у обучающихся в процессе обучения и обеспечить контроль качества освоения программы. Знания, умения, навыки и уровень сформированных компетенций обучающихся оцениваются на зачете по шкале «зачтено», «незачтено».

Отметка **«зачтено»** выставляется обучающемуся, если он выполнил требования программы практики; форма и содержание отчета соответствует требованиям; индивидуальное задание имеет полное освещение в отчете; исчерпывающе и логически стройно его излагает; продемонстрировал уверенное владение материалом; справляется с вопросами и другими видами применения знаний; не затрудняется с ответом при видоизменении вопросов; обосновывает принятое решение; владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Отметка **«незачтено»** выставляется обучающемуся, который не выполнил требования программы практики в полном объеме, форма и содержание отчета не соответствует заданию, низкое качество оформления отчетной документации, не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки при изложении индивидуального задания.

Примеры оценочных средств

а) для текущей успеваемости (ГАт):

Если уровни факторов случайным или закономерным образом сами изменяются во времени, и появляется возможность, измеряя их значения и значения отклика, исследовать зависимость между факторами и откликом, это...

активный эксперимент

пассивный эксперимент

Правильно ли утверждение:

Переформирование рангов необходимо при

Уверенном ранжировании

Присвоении нескольким факторам одинаковых рангов

Оценке степени согласованности мнений

Отметьте верное:

Разделение факторов на группы по значимости можно проводить при помощи критерия Линка и Уоллеса.

коэффициента конкордации

критерия Пирсона

Отметьте верное:

Планирование эксперимента рекомендуется, как правило, начинать с простейшей модели

с полного перебора всех входных состояний.

эксперимента близкого к полному перебору входных состояний.

Поиск оптимума в многофакторных задачах включает последовательность этапов.

1. Планирование эксперимента для исходной точки, поиска. 2. Реализация эксперимента в исходной точке. 3. Поиск области оптимума.

1. Поиск области оптимума. 2. Предпланирование эксперимента. 3. Реализация эксперимента в исходной точке.

1. Планирование эксперимента для исходной точки, поиска. 2. Реализация предварительного эксперимента. 3. Постановка задачи.

Процесс поиска такого сочетания уровней факторов точки ограниченного факторного пространства, при которых отклик, принимает экстремальное значение.

моделирование

многофакторный поиск

оптимизация

Отметьте верное:

Формула этой регрессии имеет базовую функцию

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 (X^2 - 10) + \beta_3 (X^3 - 17,8X) + \beta_4 (X^4 - 25X^2 + 72)$$

простейший степенной полином

систему ортогональных полиномов Чебышева;

тригонометрические функции.

Отметьте верное:

Дисперсия экспериментальных данных характеризуется

$$S_o^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{u=1}^N [Y_u - f(x_u)]^2;$$

$$S_B^2 = \frac{1}{N_1(m-1)} \sum_{u=1}^{N_1} \sum_{i=1}^m (Y_{iu} - \bar{Y}_u)^2$$

Первой формулой

Второй формулой

Обеими формулами

Отметьте верное:

Основная задача корреляционного анализа

выявление значимости связи между значениями различных случайных величин

построение модели

выявление значимости связи между значениями неслучайных величин

оптимизация

В таблице ниже приведен

Полный факторный план 2^3

Реплика факторного плана 2^3

Полный факторный план 2^8

| Номер опыта u | X_1 | X_2 | X_3 |
|-----------------|-------|-------|-------|
| 1 | +1 | +1 | +1 |
| 2 | -1 | +1 | +1 |
| 3 | +1 | -1 | +1 |
| 4 | -1 | -1 | +1 |
| 5 | +1 | +1 | -1 |
| 6 | -1 | +1 | -1 |
| 7 | +1 | -1 | -1 |
| 8 | -1 | -1 | -1 |

Эффективность математической модели определяется ...

Оценкой точности модели

Функцией эффективности модели!

Соотношением цены и качества

Простотой модели

Состояние объекта определяется ...

Количеством информации, полученной в фиксированный момент времени

Множеством свойств, характеризующим объект в фиксированный момент времени относительно заданной цели.!

Только физическими данными об объекте

Параметрами окружающей среды

Планирование эксперимента необходимо для...

Точного предписания действий в процессе моделирования

Выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения оставленной задачи с требуемой точностью!

Выполнения плана экспериментирования на модели

Сокращения числа опытов

Свойство, при котором модели могут быть полностью или частично использоваться при создании других моделей
Универсальностью!!
Неопределенностью
Неизвестностью
Случайностью

Погрешность математической модели связана с ...
Несоответствием физической реальности, так как абсолютная истина недостижима!
Неадекватностью модели
Неэкономичностью модели
Неэффективностью модели

б) для промежуточной аттестации (ПрАт):

Вопросы для подготовки к зачету

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. Поиск экстремума функции.
4. Проблема определения градиента.
5. Поисковые методы, оптимизация овражных функций.
6. Объекты исследования – статические, динамические.
7. Активные эксперименты, режим нормального функционирования.
8. Уровень априорной информации об объекте.
9. Последовательное планирование эксперимента.
10. Случайные события, случайные процессы, вероятность, оценка вероятности.
11. Вероятностные характеристики случайных процессов.
12. Основные типы математических моделей.
13. Априорная информация об идентифицируемом объекте. Некорректность задачи идентификации.
14. Классификация объектов исследования, основные типы математических моделей.
15. Основные понятия в планировании эксперимента. План эксперимента, спектр плана.

Контрольная работа

Целью расчетно-графической работы является:

- закрепление, углубление и обобщение знаний, полученных студентами при изучении курса «Основы планирования эксперимента»;
- развитие навыков самостоятельного решения конкретных инженерных задач энергетики и теплоэнергетики.

Структура контрольной работы

Введение

Планирование и организация эксперимента

Выбор объекта исследования.

Определение факторов. Описание характера влияния на исследуемый объект.

Группирование данных. Оценка центра рассеивания.

Составление и анализ таблицы факторов.

Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента

Априорное ранжирование факторов.

Статистическая обработка данных эксперимента

Полный факторный эксперимент

Расчет коэффициентов регрессии и проверка их статистической значимости.

Определение теоретического значения параметра оптимизации.

Оценка адекватности модели

Выводы

6.2 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

1. Рабочая программа дисциплины «Основы планирования эксперимента»
2. Основы планирования эксперимента : практикум для студентов, обучающихся по направлениям «Теплоэнергетика и теплотехника», «Электрооборудование и электротехнологии» / сост.: Н. Л. Олин, А. М. Ниязов. - Ижевск : РИО ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2015. - 25 с. : табл., рис. - Библиогр.: с. 23. - (в обл.)
3. Задания, приведенные в литературе и порядок их выполнения (по заданию преподавателя)

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА»

7.1 Основная литература

| № п/п | Наименование | Автор(ы) | Год и место издания | Используется при изучении разделов | Семестр | Количество экземпляров | |
|-------|--|---|---|------------------------------------|---------|------------------------|---|
| | | | | | | в библиотеке | на кафедре |
| 1 | Математическая логика и теория алгоритмов: учебное пособие | О.Ю. Агарева Ю.В. Селиванова | М.: МАТИ, 2011. - 80 с. | 1, 2, | 6 | | ЭБС "AgriLib" http://ebs.rgazu.ru |
| 4 | Элементы теории вероятностей и математической статистики (теория и задачи): учебное пособие. | Романовский Р.К., Романовская А.М. | Омск: издатель ИП Скорнякова Е.В., 2012. - 189 с. | 1, 2 | 6 | | ЭБС «AgriLib» http://ebs.rgazu.ru/ |
| | Вычислительные методы [Электронный ресурс] : учебное пособие | А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова. | 4-е изд., стер.- Электрон. дан.- Санкт-Петербург : Лань, 2014.-672 с. on-line | 1, 2 | 6 | | ЭБС «Лань» https://e.lanbook.com/ |

7.2 Дополнительная литература

| № п/п | Наименование | Автор(ы) | Год и место издания | Используется при изучении разделов | Семестр | Количество экземпляров | |
|-------|--|---------------------------------|---|------------------------------------|---------|------------------------|--|
| | | | | | | в библиотеке | на кафедре |
| 1 | Математическая логика и теория алгоритмов: учебное пособие | О.Ю. Агарева Ю.В. Селиванова | М.: МАТИ, 2011. - 80 с. | 1, 2 | 6 | | ЭБС "AgriLib" http://ebs.rgazu.ru |
| 2 | Основы планирования эксперимента : практикум для студентов, обучающихся по направлениям «Теплоэнергетика и теплотехника», «Электрооборудование и электротехнологии» / сост.: Н. Л. Олин, А. М. Ниязов. - Ижевск : РИО ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2015. - 25 с. : табл., рис. - Библиогр.: с. 23. - (в обл.) | Н. Л. Олин, А. М. Ниязов | Ижевск : РИО ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2015. - 25 с. : табл., рис. - Библиогр.: с. 23. - (в обл.) | 1, 2 | 6 | 15 | http://portal.izhgsha.ru |

7.3 Перечень интернет-ресурсов

1. Сайт Министерство энергетики Российской Федерации <http://minenergo.gov.ru/>
2. Федеральный портал по научной и инновационной деятельности <http://www.sci-innov.ru>
3. Сайт ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА» <http://www.izhgsha.ru>
4. Интернет портал ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА» <http://portal.izhgsha.ru>

7.4 Методические указания по освоению дисциплины

Перед изучением дисциплины студенту необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, размещенной на портале и просмотреть основную литературу, приведенную в рабочей программе в разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины». Книги, размещенные в электронно-библиотечных системах доступны из любой точки, где имеется выход в «Интернет», включая домашние компьютеры и устройства, позволяющие работать в сети «Интернет». Если выявили проблемы доступа к указанной литературе, обратитесь к преподавателю (либо на занятиях, либо через портал академии).

Для изучения дисциплины необходимо иметь чистую тетрадь для выполнения заданий. Перед началом занятий надо бегло повторить материал из курсов дисциплин «Математика», «Метрология, стандартизация и сертификация».

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 подойти к преподавателю и получить индивидуальное задание по пропущенной теме.

Полученные знания и умения в процессе освоения дисциплины студенту рекомендуется применять для решения своих задач, не обязательно связанных с программой дисциплины.

Владение компетенциями дисциплины в полной мере будет подтверждаться Вашим умением решать конкретные задачи по организации и планированию экспериментов, а также находить оптимальное решение сложных инженерных задач.

Полученные при изучении дисциплины знания, умения и навыки рекомендуется использовать при выполнении выпускной квалификационной работы, а также на производственной практике

7.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Изучение дисциплины подразумевает использование информационных технологий:

Поиск информации в глобальной сети Интернет
Работа в электронно-библиотечных системах
Работа в ЭИОС вуза (работа с порталом и онлайн-курсами в системе moodle.izhgsha.ru)
Мультимедийные лекции
Работа в компьютерном классе
Компьютерное тестирование

При изучении учебного материала используется комплект лицензионного программного обеспечения следующего состава:

1. Операционная система: Microsoft Windows 10 Professional. Подписка на 3 года. Договор № 9-БД/19 от 07.02.2019. 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.
3. 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.

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к следующим современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам:

Информационно-справочная система (справочно-правовая система) «КонсультантПлюс».

«1С:Предприятие 8 через Интернет для учебных заведений» (<https://edu.1cfresh.com/>) со следующими приложениями: 1С: Бухгалтерия 8, 1С: Управление торговлей 8, 1С:ERP Управление предприятием 2, 1С: Управление нашей фирмой, 1С: Зарплата и управление персоналом. Облачный сервис.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА»

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: переносной компьютер, проектор, доска, экран.

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (лабораторных занятий).

Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: переносной ноутбук, лабораторное оборудование:

Компьютерный класс с доступом в Интернет и ЭИОС вуза; Проектор.

Помещение для самостоятельной работы.

Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации студентов
по итогам освоения дисциплины

«ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА»

Направление подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника»

Профиль подготовки «Энергообеспечение предприятий»

Квалификация выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная, заочная

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Цель промежуточной аттестации – проверка степени усвоения студентами учебного материала за время изучения дисциплины, уровня сформированности компетенций после завершения изучения дисциплины.

Аттестация проходит в форме зачета. При полностью выполненных заданиях и ответах на вопросы студент может получить оценку «зачтено».

Задачи промежуточной аттестации:

1. определение уровня усвоения учебной дисциплины;
2. определение уровня сформированности элементов профессиональных компетенций.

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

| № п/п | Наименование раздела учебной дисциплины | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Оценочные средства для проверки знаний (1-й этап) | Оценочные средства для проверки умений (2-й этап) | Оценочные средства для проверки владений (навыков) (3-й этап) |
|-------|--|---|--|--|--|
| 1. | Планирование и организация эксперимента | ПК-4 | п. 3.1.1 | п. 3.2.1 | п. 3.3.1 |
| 2. | Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента | ПК-4 | п. 3.1.2 | п. 3.2.2 | п. 3.3.2 |
| | | | | | |

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Перечень профессиональных компетенций и этапы их формирования

| Но-мер / ин-декс ком-петенции | Содержание компетенции (или ее части) | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны: | | |
|-------------------------------|--|--|---|---|
| | | Знать (1-й этап) | Уметь (2-й этап) | Владеть (3-й этап) |
| ПК-4 | Готовностью к обработке результатов экспериментальных исследований | поиск оптимальных условий и экстремума функции отклика; регрессионный и дисперсионный анализ данных. | выделить содержание и последовательность действий при выполнении научного исследования; проводить обработку результатов эксперимента. | навыками составлять программу исследований в соответствии с целью; методикой проведения эксперимента. |

Бакалавр должен быть готов к выполнению задач по следующим видам деятельности:

расчетно-проектная и проектно-конструкторская деятельность:

- участие в сборе и анализе информационных исходных данных для проектирования;

научно-исследовательская деятельность:

- изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
- проведение экспериментов по заданной методике и анализ результатов; проведение измерений и наблюдений, составление описания проводимых исследований;

организационно-управленческая деятельность:

- планирование работы персонала;
- выполнение работ по одной или нескольким должностям служащих;

производственно-технологическая деятельность:

- контроль соблюдения технологической дисциплины; участие в работах по освоению и доводке технологических процессов в ходе подготовки производства продукции;
- контроль соблюдения экологической безопасности на производстве;

сервисно-эксплуатационная деятельность:

- участие в проверке технического состояния и остаточного ресурса оборудования, организации профилактических осмотров и текущего ремонта;

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть основными требованиями, характеризующими профессиональную деятельность бакалавров.

Знать:

- основные понятия и принципы планирования эксперимента;
- критерии оптимальности, разновидности и правила построения планов эксперимента;
- методы расчета параметров математической модели объекта исследований, оценки их значимости, а также адекватности полученной модели;
- методы поиска оптимальных условий и экстремума функции отклика;

Уметь:

- анализировать результаты эксперимента с привлечением методов математической статистики и информационных технологий;

Владеть:

- навыками по выполнению научных и промышленных экспериментальных исследований.

2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

Сформированность каждой компетенции в рамках освоения дисциплины оценивается по шкале: «зачтено», «незачтено».

Отметка «зачтено» выставляется обучающемуся, если он усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении вопросов, обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Отметка «незачтено» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

Для оценки сформированности компетенций в рамках дисциплины в целом, преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в ответах студента на вопросы для зачета, решение задач, а также результаты участия в научной работе, олимпиадах и конкурсах.

Показателями уровня освоенности компетенций на всех этапах их формирования являются:

1-й этап (уровень знаний):

- Умение отвечать на основные вопросы и тесты на уровне понимания сути – удовлетворительно (3).
- Умение грамотно рассуждать по теме задаваемых вопросов – хорошо (4)
- Умение формулировать проблемы по сути задаваемых вопросов – отлично (5)

2-й этап (уровень умений):

- Умение решать простые задачи с незначительными ошибками - удовлетворительно (3).
- Умение решать задачи средней сложности – хорошо (4).
- Умение решать задачи повышенной сложности, самому ставить задачи – отлично (5).

3-й этап (уровень владения навыками):

- Умение формулировать и решать задачи из разных разделов с незначительными ошибками - удовлетворительно (3).
- Умение находить проблемы, решать задачи повышенной сложности – хорошо (4).
- Умение самому ставить задачи, находить недостатки и ошибки в решениях – отлично (5).

Критерии оценивания уровня освоенности компетенций на всех этапах их формирования при проведении зачета определяются по системе: «зачтено», «незачтено». Отметка «зачтено» выставляется обучающемуся, если он усвоил материал на всех этапах формирования компетенций на оценку не ниже «удовлетворительно» (3).

3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

3.1 Типовые задания для оценки знаний, приобретаемых в ходе изучения дисциплины (1-й этап)

3.1.1 Планирование и организация эксперимента

- 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 Уровень априорной информации об объекте.
- 6 Вероятностные характеристики случайных процессов.
- 7 Случайные события, случайные процессы, вероятность, оценка вероятности.
- 8 Последовательное планирование эксперимента.

3.1.2 Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента

- 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.

3.2 Типовые задания для оценки умений, приобретаемых в ходе изучения дисциплины (2-й этап)

3.2.1 Планирование и организация эксперимента

- 1 Условия необходимости и достаточности при определении факторов.
- 2 Принципы определения области эксперимента.
- 3 Выбор уровней, интервалов варьирования.
- 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.

3.2.2 Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента

- 1 Применение коэффициента конкордации.
- 2 Применение критерия Пирсона.
- 3 Перечислите условия необходимые для определения коэффициентов регрессии.
- 4 Какую область описывает уравнение регрессии, полученное с помощью ПФЭ и в каких границах его можно использовать?
- 5 Что такое регрессионные полиномы и где они применяются.

- 6 Как проверить адекватность полученной математической модели?
- 7 Для чего используется критерий Фишера (F-критерий).

3.3 Типовые задания для оценки навыков, приобретаемых в ходе изучения дисциплины (3-й этап)

3.3.1 Планирование и организация эксперимента

- 1 Основные методы планирования, применяемые на разных этапах исследования
- 2 Ответы на какие вопросы необходимо найти при использовании методов планирования эксперимента
- 3 Если в диапазоне изменения пяти факторов взять по четыре точки, то сколько необходимо выполнить опытов при всех возможных сочетаниях значений факторов?
- 4 Что такое кодирование факторов и как оно делается?
- 5 Как называется геометрическое представление функции отклика в факторном пространстве
- 6 Разложение функции отклика в степенной ряд, кодирование факторов

3.3.2 Математический анализ и интерпретация результатов эксперимента

- 1 Как строится функция отклика одной переменной?
- 2 Расчет теоретической линии регрессии связи двух переменных методом наименьших квадратов для прямолинейной и криволинейной зависимости.
- 3 Коэффициенты регрессии и корреляции, способы расчета и свойства.
- 4 Основные виды распределения. Нормальное (нормированное и не нормированное) и биномиальные (Бернулли, Пуассона) их вид, формула и основные свойства.
- 5 Построение зависимостей на основе метода наименьших квадратов по экспериментальным данным.

Вопросы для подготовки к зачету

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.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

| Совокупность ожидаемых результатов образования студентов в форме компетенций по завершении освоения практики | Компетенции | Содержание оценочных заданий для выявления сформированности компетенций у студентов по завершении освоения практики (уровень освоения) | |
|---|-------------|---|---|
| | | Не зачтено | Зачтено |
| Знать (1-й этап): поиск оптимальных условий и экстремума функции отклика; регрессионный и дисперсионный анализ данных. | ПК-4 | Фрагментарные знания в области системы фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем в области теплоэнергетики и теплотехнологий. Отсутствие знаний | Сформированные, содержащие отдельные пробелы, знания в области системы фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем в области теплоэнергетики и теплотехнологий. |
| Уметь (2-й этап): выделить содержание и последовательность действий при выполнении научного исследования; проводить обработку результатов эксперимента. | ПК-4 | Фрагментарное умение применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем в области теплоэнергетики и теплотехнологий. Отсутствие умений | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем в области теплоэнергетики и теплотехнологий. |
| Владеть (3-й этап): навыками составлять программу исследований в соответствии с целью; методикой проведения эксперимента. | ПК-4 | Фрагментарное применение навыков использования системы фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем в области теплоэнергетики и теплотехнологий. Отсутствие навыков | В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков использования системы фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем в области теплоэнергетики и теплотехнологий. |

Освоение дисциплины заканчивается промежуточной аттестацией обучающихся.

Промежуточная аттестация призвана оценить компетенции, сформированные у обучающихся в процессе обучения и обеспечить контроль качества освоения программы. Для контроля результатов освоения обучающимися учебного материала по дисциплине, проверка и оценка знаний, полученных за семестр (курс), развития творческого мышления, приобретения навыков самостоятельной работы, умения применять теоретические знания при решении практических задач, оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированных компетенций обучающихся предусматривается зачет.

Знания, умения, навыки и уровень сформированных компетенций обучающихся оцениваются на зачете по шкале «зачтено», «незачтено».

Отметка *«зачтено»* выставляется обучающемуся, если он усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении вопросов, обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Отметка *«незачтено»* выставляется обучающемуся, который не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ²

| Номер изменения | Номер измененного листа | Дата внесения изменения и номер протокола | Подпись ответственного за внесение изменений |
|-----------------|-------------------------|---|--|
| | | N | |
| 1 | 11-14, 24 | N 2 от 14.09.16 | <i>Осипов</i> |
| 2 | 24 | N 2 от 22.09.17 | <i>Осипов</i> |
| 3 | 2, 11, 24 | N 3 от 23.04.18 | <i>Осипов</i> |
| 4 | 4, 22, 24 | N 9 от 26.06.19 | <i>Осипов</i> |
| 5 | 24 | N 11 от 26.06.2020 | <i>Осипов</i> |
| 6 | 11, 24 | N 15 от 20.11.2020 | <i>Осипов</i> |
| 7. | 11, 24 | N 1 от 31.08.21 | <i>Осипов</i> |