

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

2.1.8.2(Ф) Теплотехнический эксперимент в энергетике

Учебный план: ФА245.21-12_23-14.plx

Кафедра: 24 Промышленной теплоэнергетики

Научная специальность: 2.4.5. Энергетические системы и комплексы

Уровень образования: подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Форма обучения: очная

План учебного процесса

| Семестр (курс для ЗАО) | Контактная работа обучающихся | | Сам. работа | Контроль, час. | Трудоёмкость, ЗЕТ | Форма промежуточной аттестации |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------------|--------------------------------------|
| | Лекции | Практ. занятия | | | | |
| 5 | УП | 21 | 42 | 45 | 3 | Зачет |
| | РПД | 21 | 42 | 45 | 3 | |
| Итого | УП | 21 | 42 | 45 | 3 | |
| | РПД | 21 | 42 | 45 | 3 | |

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии приказом Минобрнауки России от 20.10.2021 № 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)"

Составитель (и):

Доктор технических наук, профессор

Казаков В.Г.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой промышленной
теплоэнергетики

Сморозин С.Н.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Злобин В.Г.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: сформировать у обучающихся представления о современных методах научных исследований

1.2 Задачи дисциплины:

приобретение навыков, позволяющих обоснованно выбрать модель процесса; овладение методами решения нелинейных краевых задач для уравнений в частных производных, определяющих выбранную модель процесса; получение практических навыков по определению объема эксперимента на основе теории подобия и статистической обработке результатов эксперимента

1.3 Место дисциплины в структуре программы аспирантуры:

Дисциплина относится к Образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» Программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Знания и умения, полученные аспирантами при изучении данной дисциплины, необходимы при подготовке к сдаче кандидатского экзамена и написании диссертационной работы

Компьютерное моделирование и математический анализ в энергетике

Современные информационные технологии в науке

2 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| |
|--|
| Знать: • подходы и средства для постановки теплотехнических экспериментов; • основные понятия математического планирования экспериментов; • математические приёмы анализа и обработки результатов экспериментов; • способы определения погрешностей прямых величин и величин-функций измеряемых в процессе проведения экспериментов. |
| Уметь: • планировать проведение исследований, определять наиболее благоприятные условия проведения исследований; • пользоваться техническими средствами при проведении экспериментов; • обрабатывать экспериментальные результаты с применением математических приемов анализа и обобщения, оценивать полученные результаты; |
| Владеть: • терминологией в области методов проведения экспериментальных исследований и методов обработки данных полученных в результате исследований; • информацией о технических параметрах оборудования применяемого в экспериментах; • навыками применения полученной информации при постановке теплотехнических экспериментов; |

3 СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий | Семестр (курс для ЗАО) | Контактная работа | | СР (часы) | Форма текущего контроля |
|---|------------------------------|----------------------|---------------|--------------|-------------------------------|
| | | Лек. (часы) | Пр. (часы) | | |
| Раздел 1. Основные положения | 5 | | | | О |
| Тема 1. Методы планирования эксперимента. Методы теоретического и эмпирического исследования. Наблюдение, измерение, эксперимент. Основы теории построения эмпирических зависимостей по экспериментальным данным | | 2 | 2 | | |
| Тема 2. Выражения для перехода кодированного значения координат в натуральные величины и обратно. Целевая функция, выбор варьируемых переменных, план эксперимента. Постановка задач исследований. Выбор критериев оптимизации. | | 2 | 4 | 5 | |
| Тема 3. Определение погрешностей. Погрешности измерения. Классификация. Класс точности. Экспериментальная оценка характеристик средств измерения. Оценка влияния технологического процесса на средства измерения | | 2 | 4 | 2 | |
| Тема 4. Планирование эксперимента. Основные составляющие планирования и их характеристики. Характеристика объектов исследования и решаемых задач. Планирование. Проведение. Расчет и анализ результатов. Планирование экстремальных экспериментов. Планирование эксперимента второго порядка. | | 2 | 4 | 10 | |
| Раздел 2. Современные методы планирования эксперимента | | | | | |
| Тема 5. Симплекс метод. Его преимущества и недостатки. Алгоритм Симплекс-метода. Построение плана эксперимента. Поиск оптимального решения | 2 | 6 | 6 | ДЗ | |
| Тема 6. Метод Плакетта-Бермана. Его преимущества и недостатки. Отсевивание с помощью планов полнофакторного и дробнофакторного эксперимента. Пример для 10 варьируемых переменных. Введение фиктивных факторов. Определение значимых параметров | 2 | 6 | 6 | | |

| | | | | |
|--|----|----|----|---|
| Тема 7. Ротатабельный центральный композиционный план. Составление матрицы планирования эксперимента. Расчет оценок коэффициентов уравнения регрессии | 2 | 6 | 6 | |
| Тема 8. План Бокса – Уилсона. Его преимущества и недостатки. Построение факторного эксперимента. Вычисление оценки градиента. Метод экспериментальной оптимизации. Алгоритм построения и нахождения экстремума по методу Бокса-Уилсона. | 2 | 6 | 6 | |
| Раздел 3. Технические измерительные средства | | | | |
| Тема 9. Измерения температуры. Шкалы. Виды средств измерения. Стекланные термометры расширения. Манометрические термометры. Термопреобразователи сопротивления. Термозлектрические преобразователи. Средства измерения температуры по излучению. Методика измерения температуры. | 1 | 1 | 2 | |
| Тема 10. Измерение давления. Виды средств измерения. Жидкостные приборы для измерения давления. Деформационные приборы для измерения давления. Вакуометры. Методика измерения давления и вакуума. Измерение уровня. Методы измерения уровня. Основные сведения. Гидростатический расходомер. Поплавковые, емкостные и прочие уровнемеры. | 2 | 1 | 1 | 0 |
| Тема 11. Измерения расхода. Виды средств измерения. Измерения расхода по перепаду давления в сужающем устройстве. Расходомеры постоянного перепада давления. Электромагнитные расходомеры. Тахометрические расходомеры. Ультразвуковые расходомеры и расходомеры. Кориолисовые расходомеры. | 2 | 2 | 1 | |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО) | 21 | 42 | 45 | |
| Консультации и промежуточная аттестация (Зачет) | 0 | | | |
| Всего контактная работа и СР по дисциплине | 63 | | 45 | |

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

4.1.1 Показатели оценивания

| Показатели оценивания результатов обучения | Наименование оценочного средства |
|--|---|
| Демонстрирует знания подходов и средств для постановки теплотехнических экспериментов, способов определения погрешностей прямых величин и величин-функций измеряемых в процессе проведения экспериментов; Демонстрирует владение терминологией в области методов проведения экспериментальных исследований и методов обработки данных полученных в результате исследований, информацией о технических параметрах оборудования применяемого в экспериментах; Способен обрабатывать экспериментальные результаты с | Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания |

| | |
|--|--|
| <p>применением математических приемов анализа и обобщения, проверять полученные результаты; Демонстрирует знания техники измерений, видов, методов и средств измерений; Способен планировать проведение исследований, определять наиболее выгодные условия проведения исследований, пользоваться техническими средствами при проведении экспериментов; Демонстрирует владение способами анализа и обобщения данных получаемых в ходе экспериментов.</p> | |
|--|--|

4.1.2 Система и критерии оценивания

| Шкала оценивания | Критерии оценивания | |
|------------------|--|---|
| | Устное собеседование | Письменная работа |
| Зачтено | Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета. Умение применять теоретические знания для решения практических задач | Все элементы задания полностью соответствует предъявляемым требованиям. Оригинальный подход к решению поставленной задачи. |
| Не зачтено | Ответ неполный. При понимании сущности предмета в целом присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов. | Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления |

4.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

4.2.1 Перечень контрольных вопросов

| № п/п | Формулировки вопросов |
|-----------|---|
| Семестр 5 | |
| 1 | Актуальность подходов и средства для постановки теплотехнических экспериментов. Определение технологии теплоты. |
| 2 | Цель постановки эксперимента. Теория познания. Метод научного исследования. Ступени процесса познания. |
| 3 | Уровни научного исследования. Три группы общенаучных методов исследования. |
| 4 | Методы эмпирического исследования. |
| 5 | Преимущества и недостатки экспериментального изучения объекта. |
| 6 | Виды экспериментов. Способ обработки результатов экспериментальных данных. |
| 7 | Три этапа научного исследования. |
| 8 | Основные понятия теории погрешностей. |
| 9 | Систематические величины ошибок наблюдений. |
| 10 | Введение поправки в систематические ошибки. |
| 11 | Предельная систематическая погрешность. |
| 12 | Основные условия проведения эксперимента |
| 13 | Формулы перехода от кодированных значений в натуральные и обратно. |
| 14 | Метод планирования эксперимента Плакетта – Бермана. |
| 15 | Принцип построения плана Плакетта – Бермана. Расчет эффектов отдельных факторов. |
| 16 | Метод планирования экспериментальной оптимизации (последовательный симплекс метод –ПСМ). |
| 17 | Критерии определения достижения оптимума. |
| 18 | Построение симплекс-плана |
| 19 | Недостатки и преимущества ПСМ. |
| 20 | Ротатабельный композиционный план (РКП). |
| 21 | Из каких частей состоит матрица плана эксперимента РКП. |
| 22 | Методика построения плана РКП. |
| 23 | Методика проведения опытов и обработка результатов. |
| 24 | Измерение температуры. |
| 25 | Измерение давления. |
| 26 | Измерение уровня жидкостей. |
| 27 | Измерение расхода и количества вещества. |

| | |
|----|------------------------|
| 28 | Химические анализаторы |
|----|------------------------|

4.2.2 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Определить влияние общего температурного напора и числа ступней выпаривания концентрирующей сульфатной выпарной установки на себестоимость выпаривания. Получить математическую модель в виде регрессионного уравнения и выполнить аналитическую оптимизацию параметров с целью получения минимальной себестоимости выпаривания.

2. Пусть имеется 10 варьируемых параметров. План эксперимента Плакетта-Бермана для 16 опытов. 5 факторов принимаются как фиктивные с целью установления дисперсии ошибок при определении коэффициентов a . Фиктивными переменными принимаются $x_9, x_{11}-x_{12}$.

Выполнить обработку эксперимента и определить значимые факторы.

4.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

4.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

4.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная + Письменная + Компьютерное тестирование Иная

4.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Время на подготовку 30 мин, в это время входит подготовка ответа на теоретические вопросы и решение задачи. К ответу прилагается письменный конспект.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Учебная литература

| Автор | Заглавие | Издательство | Год издания | Ссылка |
|--|--|--|-------------|---|
| 6.1.1 Основная учебная литература | | | | |
| В. Г. Казаков, Е.Н. Громова | Планирование экспериментальных исследований и статистическая обработка данных. Основы научных исследований в промышленной теплоэнергетике: учебное пособие | М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петербург. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. - Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД | 2020 | http://nizrp.narod.ru/metod/kpte/1592432982.pdf |
| 6.1.2 Дополнительная учебная литература | | | | |
| В.Г. Казаков, П.В. Луканин, О.С. Смирнова | Эксергетические методы оценки эффективности теплотехнологических установок [Текст]: учебное пособие | М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП | 2013 | http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/2.pdf |
| В.Г. Казаков, П.В. Луканин, О.С. Смирнова | Термодинамические методы анализа в энергоиспользующих процессах [Текст]: учебное пособие | М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП | 2011 | http://www.nizrp.narod.ru/termodynammetody.htm |

5.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Информационно-поисковая система портала ФИПС [Электронный ресурс]. URL: <https://fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/>

Научная электронная библиотека Elibrary.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/>

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>

Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>

База ГОСТов [Электронный ресурс]. URL: <https://allgosts.ru/>

5.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

PTC Mathcad 15

5.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

| Аудитория | Оснащение |
|----------------------|---|
| Лекционная аудитория | Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска |
| Компьютерный класс | Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду |