

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.О.08	Теория и практика инженерного исследования
Учебный план:	ФГОС3++m130401.30-1_24-12.plx
Кафедра:	24 Промышленной теплоэнергетики
Направление подготовки: (специальность)	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Профиль подготовки: (специализация)	Электротехническое оборудование энергетических комплексов
Уровень образования:	магистратура
Форма обучения:	очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
1	УП	34	17	56,75	0,25	3	Зачет
	РПД	34	17	56,75	0,25	3	
2	УП	17	17	2	36	2	Экзамен, Курсовая работа
	РПД	17	17	2	36	2	
Итого	УП	51	34	58,75	36,25	5	
	РПД	51	34	58,75	36,25	5	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 146

Составитель (и):

Доктор технических наук, профессор

Казаков В.Г.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой промышленной
теплоэнергетики

Сморозин С.Н.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Благодарный Н.С.

Методический отдел:

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: сформировать у магистрантов современные представления о методах инженерных исследований, планировании инженерного эксперимента

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 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Планирование экспериментальных исследований и статистическая обработка данных

Теория принятия решений

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-1: Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки
Знать: основные приемы организации инженерного эксперимента; статистические методы обработки результатов эксперимента.
Уметь: формулировать задачу экспериментального исследования технического объекта; проводить научные эксперименты, оценивать результаты выполненной работы.
Владеть: способностью планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы
ОПК-2: Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
Знать: основные приемы организации инженерного эксперимента; статистические методы обработки результатов эксперимента.
Уметь: проводить научные эксперименты, оценивать результаты выполненной работы.
Владеть: способностью представлять результаты научных исследований

3 СОДЕРЖАНИЕ 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. Основы теории инженерных исследований	1				О,С,ДЗ
Тема 1. Методы теоретического и эмпирического исследования. Наблюдение, измерение, эксперимент. Основы теории построения эмпирических зависимостей по экспериментальным данным		8	3	8	
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.		8	4	10	
Тема 3. Определение погрешностей. Погрешности измерения. Классификация. Класс точности. Экспериментальная оценка характеристик средств измерения. Оценка влияния технологического процесса на средства измерения		8	4	10	
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.		10	6	28,75	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34	17	56,75	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25			
Раздел 2. Основные методы планирования эксперимента	2				ДЗ,О,С
Тема 5. Симплекс метод. Его преимущества и недостатки. Алгоритм Симплекс-метода. Построение плана эксперимента. Поиск оптимального решения		4	5	2	
Тема 6. Метод Плакетта-Бермана. Его преимущества и недостатки. Отсеивание с помощью планов полнофакторного и дробнофакторного эксперимента. Пример для 10 варьируемых переменных Введение фиктивных факторов. Определение значимых параметров		4	4		

Тема 7. Ротatableный центральный композиционный план. Составление матрицы планирования эксперимента. Расчет оценок коэффициентов уравнения регрессии		4	4		
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.		5	4		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	17	2	
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа)		2,5		33,5	
Всего контактная работа и СР по дисциплине		87,75		92,25	

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта): - разработка и совершенствование методов оптимизации тепловых процессов в теплотехнологических установках
 - поиск технических решений, позволяющих снизить энергопотребление в теплотехнологических установках

4.2 Тематика курсовой работы (проекта): оптимизация параметров теплотехнологических установок (по вариантам)

4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):

Работа выполняется индивидуально с использованием основной и дополнительной учебной литературы в соответствии с индивидуальным заданием.

Курсовая работа включает следующие разделы:

1. Методика и проведение исследования: формирование критерия оптимальности, матрица планирования эксперимента, исследование регрессивного уравнения
 2. Тепловой расчет выбранного оборудования
 3. Определение оптимальных параметров работы оборудования
 4. Выводы
 5. Перечень используемой литературы.
- Расчеты выполняются в программе Microsoft Excel.

5. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ, СИСТЕМЫ И СРЕДСТВ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

5.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения
ОПК-1	Обладает знаниями о подходах и средствах для постановки теплотехнических экспериментов); способах определения погрешностей прямых величин и величин-функций измеряемых в процессе проведения экспериментов; математических приемах анализа и обработки результатов эксперимент); основных понятиях видов математического планирования экспериментов. Способен определять погрешности экспериментальных результатов прямых величин и величин-функций; обрабатывать экспериментальные результаты с применением математических приемов анализа и обобщения, проверять полученные результаты. 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; навыками применения полученной информации при постановке теплотехнических экспериментов.
ОПК-2	Демонстрирует знания техники измерений, видов, методов и средств измерений. Способен планировать проведение исследований, определять

	наивыгоднейшие условия проведения исследований; пользоваться техническими средствами при проведении экспериментов. Демонстрирует владение способами анализа и обобщения данных получаемых в ходе экспериментов; навыками дискуссии по профессиональной тематике;
--	--

5.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета. Умение применять теоретические знания для решения практических задач	Правильные ответы на 90% вопросов
4 (хорошо)	Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки.	Правильные ответы на 80% вопросов
3 (удовлетворительно)	Ответ неполный. При понимании сущности предмета в целом присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов	Правильные ответы на 60% вопросов
2 (неудовлетворительно)	Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки. Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользования подсказкой другого человека (вне зависимости от успешности такой попытки).	Правильные ответы на менее 60% вопросов
Зачтено	Полный, исчерпывающий ответ, демонстрирующий понимание предмета. Умение применять теоретические знания для решения практических задач.	Выполненное задание полностью соответствует всем 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.

5.3 Типовые контрольные задания и/или иные материалы, используемые для оценки результатов обучения

5.3.1 Типовые контрольные вопросы

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 1	
1	Цель постановки эксперимента. Теория познания.
2	Методы научного исследования.
3	Методы эмпирического исследования.
4	Преимущества и недостатки экспериментального изучения объекта.
5	Виды экспериментов.
6	Способы обработки результатов экспериментальных данных.
7	Основные понятия теории погрешностей.
8	Основные условия проведения эксперимента
9	Формулы перехода от кодированных значений в натуральные и обратно.

10	Методика проведения опытов и обработка результатов.
11	Оценка влияния технологического процесса на средства измерения
12	Экспериментальная оценка характеристик средств измерения.
13	Классификация ошибок
14	Целевая функция, выбор варьируемых переменных, план эксперимента
15	Основы теории построения эмпирических зависимостей по экспериментальным данным
Семестр 2	
16	Принцип построения плана Плакетта – Бермана. Расчет эффектов отдельных факторов.
17	Метод планирования экспериментальной оптимизации (последовательный симплекс метод –ПСМ).
18	Критерии достижения оптимума
19	Построение симплекс плана.
20	Недостатки и преимущества ПСМ
21	Метод экспериментальной оптимизации
22	Пошаговая оптимизация параметров по методу Бокса-Уилсона
23	Ротatable композиционный план (РКП).
24	Матрица плана эксперимента РКП.
25	Построение плана РКП
26	Выбор варьируемых переменных. Введение фиктивных факторов.
27	Значимые и не значимые факторы. Определение значимых параметров
28	Методика обработки экспериментальных данных с получением квадратичного полинома.
29	Исследования на математической модели влияния отдельных параметров на функцию цели.
30	Симплекс-метод для оптимизации параметров в промышленном эксперименте.

5.3.2 Типовые тестовые задания

- Какие этапы научного планирования выделяются при проведении исследований?
 - Планирование, проведение эксперимента, формулирование выводов
 - Планирование, закладка эксперимента, накопление первичных данных, математический анализ с последующим формулированием выводов и предложений производству*
 - Проведение исследований, математическая обработка полученных данных
- Научное наблюдение – это:
 - система опытов и экспериментов, направленная на изучение явлений и предметов
 - целенаправленное восприятие явлений и предметов окружающего мира, осуществляемое с целью их познания*
 - моделирование явлений и предметов с целью их изучения

5.3.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

- Концентрация черного щелока : 10% а.с.в.;
 Концентрация черного щелока на нулевом уровне: 15% а.с.в.
 Шаг варьирования по концентрации черного щелока: 5%
 Определить концентрацию черного щелока в кодированных координатах.
- Измеренная величина теплового потока: 500 кДж/с;
 Погрешность измерения: 20,53 кДж/с.
 Вычислить относительную погрешность и правильно записать результаты измерения.

5.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

5.4.1 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»

5.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☐ Письменная ☐ Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

5.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

На подготовку устного ответа и выполнение тестового задания отводится 45 минут

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
В. Г. Казаков, П.В. Луканин, 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. – 2-е изд., доп. – Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2021	http://nizrp.narod.ru/metod/kpte/1637418020.pdf
Сагдеев, Д. И.	Основы научных исследований, организация и планирование эксперимента	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет	2016	http://www.iprbookshop.ru/79455.html
Любимцева, О. Л.	Блочное планирование эксперимента и анализ данных	Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ	2018	http://www.iprbookshop.ru/80885.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Попов, А. А.	Оптимальное планирование эксперимента в задачах структурной и параметрической идентификации моделей многофакторных систем	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2013	http://www.iprbookshop.ru/45413.html
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

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

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/>

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8
 MicrosoftOfficeProfessional 2013
 PTC Mathcad 15

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

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная 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
--------------------	---