

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**

Планирование экспериментальных исследований и  
статистическая обработка данных

Учебный план: ФГОС3++m130401.21-12\_23-12.plx

Кафедра: 24 Промышленной теплоэнергетики

Направление подготовки:  
(специальность) 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки:  
(специализация) Технология производства электрической и тепловой энергии

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	Зачет
	РПД	34	17	56,75	0,25	
2	УП	17	17	2	36	Экзамен, Курсовая работа
	РПД	17	17	2	36	
Итого	УП	51	34	58,75	36,25	
	РПД	51	34	58,75	36,25	

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

Злобин В.Г.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** - ознакомить обучающихся с основными методами теории познания

- ознакомить обучающихся с основными методами теории планирования эксперимента;

- ознакомить обучающихся методиками расчёта теплоэнергетических и теплоотехнологических установок.

**1.2 Задачи дисциплины:**

- Продемонстрировать особенности поиска оптимальных решений в области теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологий

- Продемонстрировать особенности процессов и установок теплоэнергетического и теплотехнологического назначения на основе имеющегося отечественного и зарубежного теоретического и практического опыта;

- Рассмотреть принципы методик расчёта теплоэнергетических и теплоотехнологических установок.

**1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:**

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

Дисциплина базируется на компетенциях, сформированных на предыдущем уровне образования

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ОПК-1: Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки</b>
<b>Знать:</b> последовательность выполнения и особенности стадий, этапов прикладных научных исследований; методы обработки и формы представления результатов наблюдений и экспериментов; методы планирования и проведения эксперимента; методы анализа результатов наблюдений и эксперимента, в том числе методы математической статистики; правила оформления результатов научных исследований
<b>Уметь:</b> планировать и проводить эксперимент, применять методы математического планирования эксперимента
<b>Владеть:</b> навыками выбора и создания критериев оценки исследований
<b>ОПК-2: Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы</b>
<b>Знать:</b> методы обработки и формы представления результатов наблюдений и экспериментов; методы планирования и проведения эксперимента; методы анализа результатов наблюдений и эксперимента, в том числе методы математической статистики; правила оформления результатов научных исследований
<b>Уметь:</b> обрабатывать результаты эксперимента с применением методов математической статистики; анализировать результаты эксперимента с применением методов математической статистики
<b>Владеть:</b> навыками представления результатов выполненной работы

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)			
Раздел 1. Методология научного исследования	1					О,ДЗ,С
Тема 1. Основные положения теории познания. Эмпирическое исследование. Теоретическое исследование. Эмпирическое и теоретическое исследование. Натурные и модельные эксперименты. Ступени и уровни научного исследования		4		6,75	ИЛ	
Тема 2. Методы эмпирического исследования. Наблюдение, измерение, эксперимент. Выражения для перехода кодированного значения координат в натуральные величины и обратно.		4	2	8	ИЛ	
Тема 3. Методы теоретического исследования. Идеализация, формализация, принятие гипотезы, создание теории.. Идея, принцип, закон. Целевая функция, выбор варьируемых переменных, план эксперимента. Постановка задач исследований. Выбор критериев оптимизации.		6	2	10	ИЛ	
Тема 4. Анализ и синтез. Индукция и дедукция. Аналогия и моделирование. Физические и математические модели. Абстрагирование. Основные этапы научного исследования. Анализ современного состояния рассматриваемой проблемы. Выполнение поставленных задач на основе анализа проблемы. Анализ полученных результатов и их оформление		8	3	2	АС	
Раздел 2. Оценка погрешностей результатов эксперимента						О,С

Тема 5. Основные понятия теории погрешностей. Ошибки измерений: Систематические, случайные, промахи. Классификация ошибок. Экспериментальная оценка характеристик средств измерения. Оценка влияния технологического процесса на средства измерения		4	2	10	ИЛ	
Тема 6. Абсолютная и относительная погрешность. Математическое выражение погрешностей. Понятия об абсолютной и относительной погрешности. Зависимость значения ошибки от ее величины		4	4	10	ИЛ	
Тема 7. Систематические величины ошибок наблюдений. Источники систематических ошибок. Пути выявления систематических ошибок. Введение поправок, предельная систематическая погрешность		4	4	10	АС	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34	17	56,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25				
Раздел 3. Теория планирования эксперимента						
Тема 8. Основные понятия и определения теории планирования эксперимента. Целевая функция, выбор варьируемых переменных, план эксперимента. Основы теории построения эмпирических зависимостей по экспериментальным данным	2	2	2		ИЛ	П,О,Р,С
Тема 9. Метод Плакетта-Бермана. Планы Плакетта-Бермана. Назначение плана Плакетта-Бермана. Построение матрицы планирования эксперимента Проведение опытов и обработка результатов. Методика обработки результатов. Выбор варьируемых переменных. Значимые и не значимые факторы. Введение фиктивных факторов .Определение значимых параметров		2	2		АС	

<p>Тема 10. Последовательный симплекс метод. Задачи, для которых применяется симплекс-метод. Симплекс-метод для оптимизации параметров в промышленном эксперименте. Построение плана эксперимента. Алгоритм по поиску оптимального решения. Определение оптимальных параметров для примера обработки металлов резанием</p>	2	2		ИЛ	
<p>Тема 11. Метод Бокса-Уилсона. Задачи в которых используется метод. Метод экспериментальной оптимизации. Алгоритм построения матрицы планирования эксперимента и нахождения экстремума по методу Бокса-Уилсона.</p>	3	2		АС	
<p>Тема 12. Ротатабельные центральные композиционные планы. Задачи, для которых применяется ротатабельные центральные композиционные планы. Построение плана эксперимента и реализация плана. Методика обработки экспериментальных данных с получением квадратичного полинома. Исследования на математической модели влияния отдельных параметров на функцию цели. Построение графиков.</p>	3	2	2	АС	
<p>Раздел 4. Средства измерений</p>					
<p>Тема 13. Измерение температуры. Термометры расширения, термоэлектрические термометры сопротивления, пирометры излучения. Датчики и вторичные приборы.</p>	2	2		ИЛ	
<p>Тема 14. Измерение давления. Виды средств измерения. Жидкостные приборы для измерения давления. Деформационные приборы для измерения давления. Вакуометры. Методика измерения давления и вакуума.</p>	1	2		ИЛ	О,С
<p>Тема 15. Измерение уровней жидкостей. Указательные стекла, гидростатические уровнемеры, радиоактивные уровнемеры.</p>	1	1		ИЛ	

Тема 16. Измерение расхода и количества вещества. Химические анализаторы. Расходомер с сужающим устройством. Сужающее устройство в форме диафрагмы. Сужающее устройство в форме сопла Лавалья. Счетчики. Хроматографы, физические газоанализаторы и масс-спектрометры.	1	2	ИЛ		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	17	2		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа)	2,5		33,5		
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>	<b>87,75</b>		<b>92,25</b>		

#### 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. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

**5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения**

**5.1.1 Показатели оценивания**

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ОПК-1	Демонстрирует знания основ планирования эксперимента, теории ошибок, приборов, используемых в эксперименте. Способен спланировать эксперимент, провести эксперимент по плану, сформулировать функцию цели, найти с помощью изменения функции цели ее экстремальное значение. Демонстрирует владение методами проведения экспериментальных исследований и методами обработки данных полученных в результате исследований.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания
ОПК-2	Ориентируется в основных разделах теории планирования эксперимента, в том числе методах Плакетта Бермана, последовательном симплекс методе, знает принцип построения центрального ротatableльного композиционного плана, метода крутого восхождения и др. Способен - сформулировать функцию цели; - спланировать эксперимент; - обработать результаты эксперимента; - получить регрессионное уравнение, описывающее результаты эксперимента; - измерять основные параметры объекта с помощью типовых измерительных приборов, оценивать погрешности измерений.	Вопросы устного собеседования Тестовые задания Курсовая работа

	<p>Демонстрирует владение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками применения полученной информации при постановке теплотехнических экспериментов;</li> <li>– навыками определения экстремума целевой функции;</li> <li>- навыками определения погрешности результатов эксперимента и определения адекватности модели.</li> </ul> <p>Также по полученному регрессионному уравнению может проанализировать влияние отдельных параметров на функцию цели;</p>	
--	---	--

### 5.1.2 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	Качество исполнения всех элементов задания полностью соответствует всем предъявляемым требованиям. Оригинальный подход к решению поставленной задачи.
4 (хорошо)	Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки.	Работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки или отступления от правил оформления работы
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	Задание выполнено полностью, но с многочисленными существенными ошибками. При этом нарушены правила оформления или сроки представления работы.
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).	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления или сроков представления работы. Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы.
Зачтено	Более 50 % верных ответов на максимальное количество вопросов за 3 мин в итоговом компьютерном тесте	Выполненное задание полностью соответствует всем предъявляемым требованиям. Оригинальный подход к решению поставленной задачи.
Не зачтено	Менее 50 % верных ответов на максимальное количество вопросов за 3 мин в итоговом компьютерном тесте	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления

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

#### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 1	
1	Принцип построения плана Плакетта – Бермана. Расчет эффектов отдельных факторов.
2	Метод планирования экспериментальной оптимизации (последовательный симплекс метод –ПСМ).
3	Критерии достижения оптимума
4	Построение симплекс плана.
5	Недостатки и преимущества ПСМ
6	Метод экспериментальной оптимизации
7	Пошаговая оптимизация параметров по методу Бокса-Уилсона
8	Ротатабельный композиционный план (РКП).



9	Матрица плана эксперимента РКП.
10	Построение плана РКП
11	Актуальность подходов и средства для постановки теплотехнических экспериментов. Определение технологии теплоты.
12	Цель постановки эксперимента. Теория познания.
13	Методы научного исследования.
14	Ступени процесса познания.
15	Уровни научного исследования.
16	Три группы общенаучных методов исследования.
17	Методы эмпирического исследования.
18	Преимущества и недостатки экспериментального изучения объекта.
19	Виды экспериментов.
20	Способы обработки результатов экспериментальных данных.
21	Три этапа научного исследования.
22	Назначение метода планирования эксперимента Плакетта – Бермана.
<b>Семестр 2</b>	
23	Основные понятия теории погрешностей.
24	Абсолютная и относительная погрешность
25	Систематические величины ошибок наблюдений.
26	Предельная систематическая погрешность.
27	Основные условия проведения эксперимента
28	Формулы перехода от кодированных значений в натуральные и обратно.
29	Методика проведения опытов и обработка результатов.
30	Измерение температуры.
31	Измерение давления.
32	Измерение уровня жидкостей.
33	Измерение расхода и количества вещества.
34	Химические анализаторы.
35	Методика измерения давления и вакуума.
36	Хроматографы, физические газоанализаторы и масс-спектрометры.
37	Введение поправок, предельная систематическая погрешность.
38	Оценка влияния технологического процесса на средства измерения
39	Экспериментальная оценка характеристик средств измерения.
40	Классификация ошибок
41	Деформационные приборы для измерения давления
42	Расходомеры с сужающими устройствами

### 5.2.2 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
- Абсолютное знание характеризуется исчерпывающим воспроизведением обобщенных представлений об объекте, обеспечивающее
  - абсолютное совпадение образа с объектом\*
  - удовлетворительное совпадение образа с объектом
  - подобие объекта и его модели

### 5.2.3 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.

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

#### 5.3.1 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»

#### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  + Письменная  + Компьютерное тестирование  + Иная

#### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Зачет: на подготовку устного ответа и выполнение компьютерного теста отводится 20 минут

Зкзамен: на выполнение практико-ориентированного задания и подготовку устного ответа отводится 30 минут

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Сагдеев, Д. И.	Основы научных исследований, организация и планирование эксперимента	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет	2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/79455.html">http://www.iprbookshop.ru/79455.html</a>
В.Г. Казаков, П.В. Луканин, Смирнова	Эксергетические методы оценки эффективности теплотехнологических установок [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2013	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/2.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/2.pdf</a>
В. Г. Казаков, П.В. Луканин, 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	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kpte/1637418020.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kpte/1637418020.pdf</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Шклярова, Е. И.	Обработка результатов многократных измерений. Критерии исключения грубых погрешностей	Москва: Московская государственная академия водного транспорта	2011	<a href="http://www.iprbookshop.ru/46288.html">http://www.iprbookshop.ru/46288.html</a>
Дороганов, В. А., Дороганов, Е. А., Онищук, В. И.	Компьютерная обработка данных	Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/80419.html">http://www.iprbookshop.ru/80419.html</a>

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