



УТВЕРЖДАЮ

Директор ВШТЭ

П.В.Луканин

2018 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.01

(индекс дисциплины)

Планирование и организация экспериментальных исследований процессов
 производства тепловой и электрической энергии

(Наименование дисциплины)

Кафедра

24

Промышленной теплоэнергетики

Код

(Наименование кафедры)

Направление подготовки:

13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Профиль подготовки:

Технология производства электрической и тепловой энергии

Уровень образования:

Магистратура

План учебного процесса

Составляющие учебного плана		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	72		72
	Аудиторные занятия	28		8
	Лекции	0		0
	Лабораторные занятия	0		0
	Практические занятия	28		8
	Самостоятельная работа	44		60
	Промежуточная аттестация	0		4
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен			
	Зачёт	1		2
	Контрольная работа			2
	Курсовой проект (работа)			
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		2		2
Семестр		1		2

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования


по направлению подготовки 13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

На основании учебных планов № m130401-1, zm 130401

Кафедра-разработчик: Промышленной теплоэнергетики

(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой:



Сморodin С.Н.

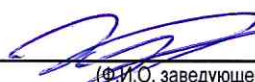
(Ф.И.О. заведующего, подпись)

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Теплосиловых установок и тепловых двигателей

(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой:



Коновалов П.Н.

(Ф.И.О. заведующего, подпись)

Методический отдел:



Смирнова В.Г.

(Ф.И.О. сотрудника отдела, подпись)

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Учебный модуль 1 Основные положения			
Тема 1. Методы планирования эксперимента. Методы теоретического и эмпирического исследования. Наблюдение, измерение, эксперимент. Основы теории построения эмпирических зависимостей по экспериментальным данным	4		4
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.	6		4
Тема 3 Определение погрешностей. Погрешности измерения. Классификация. Класс точности. Экспериментальная оценка характеристик средств измерения. Оценка влияния технологического процесса на средства измерения	6		4
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.	6		4
Текущий контроль 1 Устный опрос	2		
Учебный модуль 2 Основные методы планирования эксперимента			
Тема 5. Симплекс метод. Его преимущества и недостатки. Алгоритм Симплекс-метода. Построение плана эксперимента. Поиск оптимального решения	6		4
Тема 6. Метод Плакетта-Бермана. Его преимущества и недостатки. Отсевание с помощью планов полнофакторного и дробнофакторного эксперимента. Пример для 10 варьируемых переменных. Введение фиктивных факторов. Определение значимых параметров	6		4
Тема 7 Ротатабельный центральный композиционный план. Составление матрицы планирования эксперимента. Расчет оценок коэффициентов уравнения регрессии	6		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.	6		6
Текущий контроль 2. Устный опрос	2		
Учебный модуль 3 Технические измерительные средства			
Тема 9. Измерения температуры. Шкалы. Виды средств измерения. Стекланные термометры расширения. Манометрические термометры. Термопреобразователи сопротивления. Термоэлектрические преобразователи. Средства измерения температуры по излучению. Методика измерения температуры.	4		6
Тема 10. Измерение давления. Виды средств измерения. Жидкостные приборы для измерения давления. Деформационные приборы для измерения давления. Вакуометры. Методика измерения давления и вакуума.	4		6
Тема 11. Измерение уровня. Методы измерения уровня. Основные сведения. Гидростатический расходомер. Поплавковые, емкостные и прочие уровнемеры.	4		6
Тема 12. 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.	4		6
Текущий контроль 3. Устный опрос	2		
Текущий контроль 3 (контрольная работа)			10
Промежуточная аттестация по дисциплине - зачет	4		4
	72		72

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

3.1. Лекции

Не предусмотрены

3.2. Практические и семинарские занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	Методы теоретического и эмпирического исследования	1	2			2	0,5
2	Выражения для перехода кодированного значения координат в натуральные величины и обратно	1	2			2	0,5
3	Экспериментальная оценка характеристик средств измерения. Оценка влияния технологического процесса на средства измерения	1	2			2	0,5
4	Планирование и проведение эксперимента. Расчет и анализ результатов	1	2			2	0,5
5	Алгоритм Симплекс-метода	1	4			2	1
6	Отсевивание с помощью планов полнофакторного и дробнофакторного эксперимента	1	4			2	1
7	Составление матрицы планирования эксперимента. Расчет оценок коэффициентов уравнения регрессии	1	4			2	1
8	Построение факторного эксперимента. Вычисление оценки градиента	1	4			2	1
9	Методика измерения температуры.	1	1			2	0,5
10	Методика измерения давления и вакуума	1	1			2	0,5
11	Методы измерения уровня.	1	1			2	0,5
12	Измерения расхода по перепаду давления в сужающем устройстве. Расходомеры постоянного перепада давления.	1	1			2	0,5
ВСЕГО:			28				8

3.3. Лабораторные занятия

Не предусмотрены

4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2,3	Устный опрос	1	3				
1,2,3	Контрольная работа					2	1

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	1	20			2	30
Подготовка к практическим занятиям	1	20			2	30
Подготовка к зачетам	1	4			2	4
ВСЕГО:		44				64

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Не предусмотрены

7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Планирование и организация эксперимента [Электронный ресурс]: методические указания/ — Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014 IPRbooks - <http://www.iprbookshop.ru/30012>

2. Статистические методы обработки, планирования инженерного эксперимента [Электронный ресурс]: учебное пособие/ — Электрон. текстовые данные.— Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2015.— 93 с IPRbooks - <http://www.iprbookshop.ru/55912>

б) дополнительная учебная литература

3. Попов А.А. Оптимальное планирование эксперимента в задачах структурной и параметрической идентификации моделей многофакторных систем [Электронный ресурс]: монография/ Попов А.А.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013.— 296 с IPRbooks - <http://www.iprbookshop.ru/45413>

4. Обработка результатов измерений. Часть 2. Лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.Е. Гордиенко [и др.].— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 104 с IPRbooks - <http://www.iprbookshop.ru/19016>

8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. **Портнов В.В.** Многоступенчатые выпарные установки: учеб. пособие [Текст]/ В.В. Портнов. В.В. Майоров. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2008. 173 с.

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях:

<http://www.gturp.spb.ru/fkl/fpe/kaf/pte/lakomkin/energysave.htm>

2. Портал по энергосбережению:

<http://www.energsovet.ru/stat.php>

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

1. Microsoft Windows 8.1
2. Microsoft Office Professional 2013

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

1. Лекционная аудитория с мультимедийным учебным комплексом
2. Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и выходом в Интернет

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Практические занятия	Подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, решение задач по алгоритму, изучение теоретических материалов курса.
Самостоятельная работа	Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих для запоминания и являющихся основополагающими. При подготовке к зачету необходимо проработать конспекты курса и рекомендуемую литературу.

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ОПК-2 (1)	<p>обладает знаниями о подходах и средствах для постановки теплотехнических экспериментов); способах определения погрешностей прямых величин и величин-функций измеряемых в процессе проведения экспериментов;</p> <p>математических приемах анализа и обработки результатов эксперимент); основных понятиях видов математического планирования экспериментов.</p> <p>способен определять погрешности экспериментальных результатов прямых величин и величин-функций;</p> <p>обрабатывать экспериментальные результаты с применением математических приемов анализа и обобщения, проверять полученные результаты.</p> <p>демонстрирует владение терминологией в области методов проведения экспериментальных исследований и методов обработки данных полученных в результате исследований;</p> <p>информацией о технических параметрах оборудования применяемого в экспериментах;</p> <p>навыками применения полученной информации при постановке</p>	Устное собеседование Практические задания	Перечень вопросов для устного собеседования (28 вопросов) Задачи (20 штук)

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
	теплотехнических экспериментов.		
ПК-7 (1)	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; навыками дискуссии по профессиональной тематике;	Устное собеседование Практические задания	Перечень вопросов для устного собеседования (28 вопросов) Задачи (20 штук)

10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций
	Устное собеседование
Зачтено	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета. Умение применять теоретические знания для решения практических задач
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.

10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

10.2.1. Перечень вопросов для зачета, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Актуальность подходов и средства для постановки теплотехнических экспериментов. Определение технологии теплоты.	1
2	Цель постановки эксперимента. Теория познания. Метод научного исследования. Ступени процесса познания.	1
3	Уровни научного исследования. Три группы общенаучных методов исследования.	1
4	Методы эмпирического исследования.	1
5	Преимущества и недостатки экспериментального изучения объекта.	2
6	Виды экспериментов. Способ обработки результатов экспериментальных данных.	2
7	Три этапа научного исследования.	2
8	Основные понятия теории погрешностей.	3
9	Систематические величины ошибок наблюдений.	3
10	Введение поправки в систематические ошибки.	3
11	Предельная систематическая погрешность.	3
12	Основные условия проведения эксперимента	4
13	Формулы перехода от кодированных значений в натуральные и обратно.	4
14	Какую задачу решают с применением метода планирования эксперимента Плакетта – Бермана.	5
15	Принцип построения плана Плакетта – Бермана. Расчет эффектов отдельных факторов.	6
16	Метод планирования экспериментальной оптимизации (последовательный симплекс метод – ПСМ). Для каких задач он применяется.	6
17	По каким критериям определяется достижения оптимума.	6
18	Как построить симплекс план.	6
19	Недостатки и преимущества ПСМ.	6

20	Ротатабельный композиционный план (РКП). Для решения каких задач он используется.	7
21	Из каких частей состоит матрица плана эксперимента РКП.	7
22	Как построить план РКП.	8
23	Методика проведения опытов и обработка результатов.	8
24	Измерение температуры.	9
25	Измерение давления.	10
26	Измерение уровня жидкостей.	11
27	Измерение расхода и количества вещества.	12
28	Химические анализаторы.	12

10.2.2. Вариант типовых задач, разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Условия типовых задач (задач, кейсов)	Ответ
1	<p>Определить эксергетический КПД и эксергетические потери для парового калорифера вторичного подогрева воздуха в кондиционере для холодного периода года. Пусть воздух с расходом $G = 20000$ кг / час нагревается в калорифере от $t_n = 16$ °С до $t_k = 19$ °С паром при температуре $t_p = 100$ °С. Теплоёмкость воздуха $C_v = 0,92$ кДж / кг·град. $T_x = 245$ К.</p> <p>Процесс адиабатический (без отвода теплоты в окружающую среду).</p>	<p><i>Тепловой баланс калорифера</i></p> $Q_o = Q_n = G \cdot C_v \cdot (t_k - t_n) = 20000 \cdot 0,92 \cdot (19 - 16) = 55308 \text{ кДж / час}$ <p><i>Эксергетический баланс калорифера</i></p> <p>Переданная эксергия водяным паром в калорифере</p> $\Delta E_o = Q_o \cdot (1 - T_x / T_o) = 55308 \cdot (1 - 245 / 373) = 18980 \text{ кДж / час,}$ <p>где T_o - среднетермодинамическая температура конденсации водяного пара $T_o = t_p = 373$ К</p> <p>Воспринятая эксергия воздухом в калорифере</p> $\Delta E_n = Q_n \cdot (1 - T_x / T_n) = 55308 \cdot (1 - 245 / 290,5) = 8663 \text{ кДж / час, где}$ <p>T_n - среднетермодинамическая температура нагрева воздуха в калорифере</p> $T_n = [(t_k + t_n) / 2] + 273 = 290,5 \text{ К}$ <p>Эксергетический КПД калорифера</p> $\eta = \Delta E_n / \Delta E_o = (8663 / 18980) \cdot 100 = 45,6 \%$ <p>Эксергетические потери в паровом калорифере</p> $П = \Delta E_o - \Delta E_n = 18980 - 8663 = 10317 \text{ кДж / час.}$
2	<p>Найти коэффициент теплоотдачи от конденсирующегося пара к стенке трубы испарителя при следующих исходных данных:</p> <p>Тепловая мощность испарителя $Q = 12492$ кВт;</p> <p>Наружная поверхность трубок $F_{т.нар} = 343$ м²;</p> <p>Длина кипящих труб $H = 1,8$ м</p> <p>Давление вторичного пара $P_{вт} = 0,12$ МПа;</p> <p>Давление греющего пара $P_{гр} = 0,224$ МПа;</p>	$Re = Q \cdot H / (F_{т.нар} \cdot r \cdot \rho \cdot v \cdot d_n / d_{вн}) =$ $= 12492 \cdot 1,8 / (298 \cdot 2194 \cdot 939 \cdot 0,237 \cdot 10^{-6} \cdot x^{38/33}) = 134$ $\alpha = \lambda (g/v^2)^{1/3} \cdot 0,16 Pr^{1/3} Re / (Re - 100 + 63,2 Pr^{1/3}) =$ $686 \cdot 10^{-3} (9,81 \cdot 10^{12} / 0,237^2)^{1/3} \cdot x$ $\cdot [0,16(1,384)^{1/3} 134 / (134 - 100 + 63,2(1,384)^{1/3})] =$ $= 8758 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{°С).}$

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

10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче зачета и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная письменная компьютерное тестирование иная

10.3.3. Особенности проведения зачета

Время на подготовку 30 мин, в это время входит подготовка ответа на теоретические вопросы и решение задачи.