



УТВЕРЖДАЮ

Директор ВШТЭ

П.В.Луканин

2018 года

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.03**

(индекс дисциплины)

Основы научных исследований в области теплообмена

(Наименование дисциплины)

Кафедра

**24**

Код

Промышленной теплоэнергетики

(Наименование кафедры)

Направление подготовки:

13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Профиль подготовки:

Теплообменные процессы и установки

Уровень образования:

Магистратура

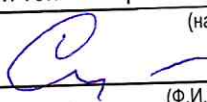
### План учебного процесса

Составляющие учебного плана		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)</b>	Всего	252		252
	Аудиторные занятия	112		34
	Лекции	28		8
	Лабораторные занятия	0		0
	Практические занятия	84		26
	Самостоятельная работа	107		201
	Промежуточная аттестация	36		17
<b>Формы контроля по семестрам (номер семестра)</b>	Экзамен	3		4
	Зачёт	1,2		1,2
	Контрольная работа			1,2,4
	Курсовой проект (работа)			
<b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)</b>		7		7
<b>Семестр</b>		1, 2, 3		1, 2, 4

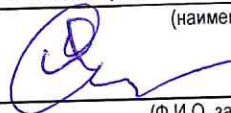
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования


по направлению подготовки 13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

На основании учебных планов № м130401-1, zm 130401

Кафедра-разработчик: Промышленной теплоэнергетики  
(наименование кафедры)  
Заведующий кафедрой:  Сморodin С.Н.  
(Ф.И.О. заведующего, подпись)

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Промышленной теплоэнергетики  
(наименование кафедры)  
Заведующий кафедрой:  Сморodin С.Н.  
(Ф.И.О. заведующего, подпись)

Методический отдел:  Смирнова В.Г.  
(Ф.И.О. сотрудника отдела, подпись)

# 1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1:

Базовая  Обязательная

Вариативная  По выбору

## 1.2. 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.

## 1.3. 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.

## 1.4. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и планируемые результаты обучения по дисциплине

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования компетенции
ОК-3	способностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала	1,2,3
Планируемые результаты обучения Знать: основы планирования эксперимента, теорию ошибок, приборы, используемые в эксперименте Уметь: - спланировать эксперимент, провести эксперимент по плану, сформулировать функцию цели, найти с помощью изменения функции цели ее экстремальное значение . Владеть: методами проведения экспериментальных исследований и методами обработки данных полученных в результате исследований.		
ПК- 7	способностью планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований в виде отчетов, рефератов, научных публикаций и на публичных обсуждениях	1,2

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования компетенции
<p>Планируемые результаты обучения</p> <p><b>Знать:</b>  -- основные разделы теории планирования эксперимента, в том числе методы Плакетта Бермана, последовательный симплекс метод, центральный ротatableльный композиционный план, метод крутого восхождения и др;</p> <p><b>Уметь:</b>  - уметь 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,</p> <p><b>Владеть:</b>  -- навыками применения полученной информации при постановке теплотехнических экспериментов;  - по полученному регрессионному уравнению проанализировать влияние отдельных параметров на функцию цели;  – навыками определения экстремума целевой функции;  - навыками определения погрешности результатов эксперимента и определения адекватности модели</p>		

#### 1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

- Дисциплина базируется на компетенциях, сформированных на предыдущих уровнях образования.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Выделяемое время (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<b>Учебный модуль 1. Методология научного исследования</b>			
<b>Тема 1.</b> Основные положения теории познания. Эмпирическое исследование. Теоретическое исследование Эмпирическое и теоретическое исследование. Натурные и модельные эксперименты. Ступени и уровни научного исследования	16		11
<b>Тема 2.</b> Методы эмпирического исследования. Наблюдение, измерение, эксперимент. Выражения для перехода кодированного значения координат в натуральные величины и обратно.	16		11
<b>Тема 3.</b> 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.	16		11
<b>Тема 4.</b> 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	15		11
<b>Текущий контроль 1. Устный опрос</b>	1		
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине зачет</b>	8		8
<b>Учебный модуль 2. Оценка погрешностей результатов эксперимента.</b>			
<b>Тема 5.</b> Основные понятия теории погрешностей. Ошибки измерений: Систематические, случайные, промахи. Классификация ошибок.	8		12

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Выделяемое время (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Экспериментальная оценка характеристик средств измерения. Оценка влияния технологического процесса на средства измерения			
<b>Тема 6.</b> Абсолютная и относительная погрешность. Математическое выражение погрешностей. Понятия об абсолютной и относительной погрешности. Зависимость значения ошибки от ее величины	10		12
<b>Тема 7.</b> Систематические величины ошибок наблюдений. Источники систематических ошибок. Пути выявления систематических ошибок. Введение поправок, предельная систематическая погрешность.	9		12
<b>Текущий контроль 2. Устный опрос</b>	1		
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине зачет</b>	8		8
<b>Учебный модуль 3.</b> Теория планирования эксперимента			
<b>Тема 8.</b> Основные понятия и определения теории планирования эксперимента. Целевая функция, выбор варьируемых переменных, план эксперимента. Основы теории построения эмпирических зависимостей по экспериментальным данным	6		10
<b>Тема 9.</b> 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.	8		10
<b>Тема 10.</b> Пример применения метода Плакетта-Бермана. Пример для 10 варьируемых переменных Введение фиктивных факторов .Определение значимых параметров	6		10
<b>Тема 11.</b> 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.	8		10
<b>Тема 12.</b> Пример применения последовательного симплекс-метода. Определение оптимальных параметров для примера обработки металлов резанием	6		10
<b>Тема 13.</b> Метод Бокса-Уилсона. Задачи в которых используется метод. Метод экспериментальной оптимизации. Алгоритм построения матрицы планирования эксперимента и нахождения экстремума по методу Бокса-Уилсона.	8		10
<b>Тема 14.</b> Пример применения метода Бокса-Уилсона. Рассмотрение на примере алгоритма пошаговой оптимизации параметров по методу Бокса-Уилсона.	6		10
<b>Тема 15.</b> 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.	7		10
<b>Тема 16.</b> Пример применения ротатабельных центральных композиционных планов. Исследование стационарной области для варьируемых параметров на конкретном примере при применении центральных ротатабельных композиционных планов	8		10
<b>Текущий контроль 3. Реферат</b>	20		
<b>Учебный модуль 4.</b> Средства измерений			
<b>Тема 17.</b> Измерение температуры. Термометры расширения, термоэлектрические термометры сопротивления, пирометры излучения. Датчики и вторичные приборы.	6		12
<b>Тема 18.</b> Измерение давления. Виды средств измерения. Жидкостные приборы для измерения давления. Деформационные приборы для измерения давления. Вакуометры. Методика измерения давления и вакуума.	6		12
<b>Тема 19.</b> Измерение уровней жидкостей. Указательные стекла, гидростатические уровнемеры, радиоактивные уровнемеры.	6		12
<b>Тема 20.</b> Измерение расхода и количества вещества. Химические	6		13

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Выделяемое время (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
анализаторы. Расходомер с сужающим устройством. Сужающее устройство в форме диафрагмы. Сужающее устройство в форме сопла Лавалья. Счетчики. Хроматографы, физические газоанализаторы и масс-спектрометры.			
<b>Текущий контроль 4. Устный опрос</b>	1		
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине экзамен</b>	<b>36</b>		<b>17</b>
<b>ВСЕГО:</b>	<b>252</b>		<b>252</b>

### 3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

#### 3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	1	2			1	1
2	1	4			1	1
3	1	4			1	2
4	1	4			1	1
5	2	2			2	1
6	2	4			2	1
7	2	8			2	1
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
<b>ВСЕГО:</b>		<b>28</b>				<b>8</b>

#### 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	Ступени и уровни научного исследования	1	2			1	1
2	Методы эмпирического исследования	1	4			1	1
3	Методы теоретического исследования	1	2			1	1
4	Методы теоретического и экспериментального исследования	1	6			1	2
5	Оценка погрешностей	2	4			2	1

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)
	результатов эксперимента						
6	Абсолютная и относительная погрешность	2	6			2	2
7	Систематические величины ошибок наблюдений	2	4			2	1
8	План эксперимента	3	4			3	1
9	Метод Плакетта-Бермана	3	4			3	1
10	Пример использования метода Плакетта-Бермана	3	2			3	1
11	Построение плана эксперимента.	3	4			3	1
12	Методика применения последовательного симплекс-метода	3	4			3	1
13	Алгоритм построения и нахождения экстремума по методу Бокса-Уилсона.	3	4			3	1
14	Рассмотрение на примере алгоритма пошаговой оптимизации параметров по методу Бокса-Уилсона.	3	2			3	1
15	Ротатабельные центральные композиционные планы	3	4			3	1
16	Исследование области оптимума для варьируемых параметров на примере центральных ротатабельных композиционных планов	3	4			3	1
17	Измерение температуры	3	6			3	2
18	Измерение давления	3	6			3	2
19	Измерение уровней жидкостей	3	6			3	2
20	Измерение расхода и количества вещества. Химические анализаторы.	3	6			3	2
<b>ВСЕГО:</b>			<b>84</b>				<b>26</b>

### 3.3. Лабораторные занятия

Учебным планом не предусмотрены

## 4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Учебным планом 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	Семестр/неделя	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1	Устный опрос	1	1				
2	Устный опрос	2	1				
3	Реферат	3	1				
4	Устный опрос	3	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	18				57
Подготовка к практическим (семинарским) занятиям	1	18				57
Подготовка к зачету	1	8				15
Подготовка к зачету	2	8				15
Выполнение реферата	3	20				
Подготовка к практическим (семинарским) занятиям	3	32				57
Подготовка к экзамену	3	36				17
	<b>ВСЕГО:</b>					<b>218</b>

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**7.1. Характеристика видов и используемых активных и 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

Режим доступа - <http://www.iprbookshop.ru/30012>

2. Казаков, В.Г. Эксергетические методы оценки эффективности теплотехнологических установок [Текст] : учеб. пособие / В.Г. Казаков, П.В. Луканин, О.С. Смирнова; Гриф УМО; СПбГТУРП, каф. пром. теплоэнергетики. – СПб, 2013. – 93 с.

Режим доступа - Электронная библиотека методических указаний, учебно-методических пособий ВШТЭ <http://nizrp.narod.ru/metod/kpte/2.pdf>

#### б) дополнительная учебная литература

3. 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.

Режим доступа - IPRbooks - <http://www.iprbookshop.ru/19016>

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

Не предусмотрено

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



1. Издательский дом МЭИ [Электронный ресурс] URL: [publish@mpei.ru](mailto:publish@mpei.ru), [publishers.ru](http://publishers.ru).
2. Электронная библиотека «КнигаФонд» [Электронный ресурс] URL: [www.knigafund.ru](http://www.knigafund.ru).
3. Электронная библиотека «IPRbooks» [Электронный ресурс] URL: <http://www.iprbookshop.ru>.

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

1. Microsoft Windows 8.1.
2. Microsoft Office Professional 2013.
3. PTC Mathcad 15.

#### 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
Лекции	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом.
Практические занятия	Работа с конспектом лекций, 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. Написание рефератов. Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы (указать проблему). Ознакомиться с требованиями к структуре и оформлению реферата. Подготовить презентацию доклада (указать количество слайдов, требования к информационной составляющей презентации). При подготовке к зачетам и экзамену 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
---------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	---

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ОК-3 (1,2,3)	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	Устное собеседование Практические задания	Перечень вопросов для устного собеседования (30 вопросов) Практические задания (20 задач)
ПК-7 (1,2)	ориентируется в основных разделах теории планирования эксперимента, в том числе методах Плакетта Бермана, последовательном симплекс методе, знает принцип построения центрального ротатбельного 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, демонстрирует владение - навыками применения полученной информации при постановке теплотехнических экспериментов; - по полученному регрессионному уравнению проанализировать влияние отдельных параметров на функцию цели; – навыками определения экстремума целевой функции; - навыками определения погрешности результатов эксперимента и определения адекватности модели	Устное собеседование Практические задания	Перечень вопросов для устного собеседования (30 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	Практическое задание
отлично	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета. Умение применять теоретические знания для решения практических задач	
хорошо	Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки.	
удовлетворительно	Ответ неполный. При понимании сущности предмета в целом присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам,	

	незнание (путаница) важных терминов
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).
Зачтено	Более 50 % верных ответов на максимальное количество вопросов за 3 мин в итоговом компьютерном тесте
Не зачтено	Менее 50 % верных ответов на максимальное количество вопросов за 3 мин в итоговом компьютерном тесте

*\* Существенные ошибки – недостаточная глубина и осознанность ответа (например, студент не смог применить теоретические знания для объяснения явлений, для установления причинно-следственных связей, сравнения и классификации явлений и т.д.).*

*\* Несущественные ошибки – неполнота ответа (например, упущение из вида какого-либо нехарактерного факта, дополнения при описании процесса, явления, закономерностей и т.д.); к ним могут быть отнесены оговорки, допущенные при невнимательности студента.*

## 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 зачетов и экзамена, 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.	2
4	Методы эмпирического исследования.	3
5	Преимущества и недостатки экспериментального изучения объекта.	4
6	Виды экспериментов. Способ обработки результатов экспериментальных данных.	4
7	Три этапа научного исследования.	4
8	Основные понятия теории погрешностей.	5
9	Абсолютная и относительная погрешность	6
10	Систематические величины ошибок наблюдений.	7
11	Предельная систематическая погрешность.	7
12	Основные условия проведения эксперимента	8
13	Формулы перехода от кодированных значений в натуральные и обратно.	8
14	Назначение метода планирования эксперимента Плакетта – Бермана.	9
15	Принцип построения плана Плакетта – Бермана. Расчет эффектов отдельных факторов.	10
16	Метод планирования экспериментальной оптимизации (последовательный симплекс метод –ПСМ). Для каких задач он применяется.	11
17	По каким критериям определяется достижения оптимума.	11
18	Как построить симплекс план.	12
19	Недостатки и преимущества ПСМ.	12
20	Метод экспериментальной оптимизации	13
21	Пошаговая оптимизация параметров по методу Бокса-Уилсона	14
22	Ротатабельный композиционный план (РКП). Для решения каких задач он используется.	15
23	Из каких частей состоит матрица плана эксперимента РКП.	15
24	Как построить план РКП.	16
25	Методика проведения опытов и обработка результатов.	16
26	Измерение температуры.	17
27	Измерение давления.	18
28	Измерение уровня жидкостей.	19

29	Измерение расхода и количества вещества.	20
30	Химические анализаторы.	20

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

№ п/п	Условия типовых задач (задач, кейсов)	Ответ
	<p>Определить эксергетический КПД и эксергетические потери для парового калорифера вторичного подогрева воздуха в кондиционере для холодного периода года. Пусть воздух с расходом <math>G = 20000</math> кг / час нагревается в калорифере от <math>t_n = 16</math> °С до <math>t_k = 19</math> °С паром при температуре <math>t_p = 100</math> °С. Теплоёмкость воздуха <math>C_v = 0,92</math> кДж / кг·град. <math>T_x = 245</math> 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 <math>T_o</math> - среднетермодинамическая температура конденсации водяного пара <math>T_o = t_p = 373</math> 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><math>T_n</math> - 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> $П = \Delta E_o - \Delta E_n = 18980 - 8663 = 10317 \text{ кДж / час.}$
	<p>в условиях предыдущего примера пусть в теплообменнике смешения нагревается воздух (рис.5) с параметрами в точке 1 воздухом с параметрами в точке 2. На рис.5 приняты следующие обозначения: для точки 1 - <math>G_1, i_1, T_1</math> — соответственно расход, удельная энтальпия, и температура нагреваемого воздуха на входе в теплообменник; для точки 2 - <math>G_2, i_2, T_2</math> — расход, удельная энтальпия, температура воздуха на входе в теплообменник; <math>G_3, i_3, T_3</math> - расход, удельная энтальпия, температура потока воздуха на выходе из теплообменника смешения. Для приведения рассматриваемого процесса теплообмена (рис. 1 - а) к процессу в рекуперативном (поверхностном) теплообменнике условно разобьем выходной (нагретый) поток (рис.1 - 1 б) на два: один по массе, равной нагреваемому потоку, другой - по массе, равной охлаждаемому. При этом для обоих потоков температура воздуха на выходе из теплообменника смешения <math>T_3</math> - idem. Процесс в теплообменнике адиабатический. Численные величины взаимодействующих потоков при принятых</p>	<p><i>Тепловой баланс теплообменника смешения</i></p> $Q_n = G_1 \cdot (i_3 - i_1) = 1000 \cdot (53,0 - 41,0) = 12000 \text{ кДж / час}$ $Q_o = G_1 \cdot (i_2 - i_3) = 800 \cdot (68 - 53) = 12000 \text{ кДж / час}$ <p><i>Эксергетический баланс теплообменника смешения</i></p> <p>Переданная эксергия горячим воздухом в теплообменнике смешения</p> $\Delta E_o = Q_o \cdot (1 - T_x / T_o) = 12000 \cdot (1 - 273 / 299,35) = 1056,3 \text{ кДж / час,}$ <p>где <math>T_o</math> - среднетермодинамическая температура охлаждения воздуха от температуры <math>T_2</math> до температуры <math>T_3</math></p> $T_o = (T_2 + T_3) / 2 = (301 + 297,7) / 2 = 299,35 \text{ К}$ <p>Воспринятая эксергия воздухом в</p>

	<p>обозначениях:</p> <p><math>G_1 = 1000 \text{ кг / час}, i_1 = 41 \text{ кДж / кг}, T_1 = 295 \text{ К};</math>  <math>G_2 = 800 \text{ кг / час}, i_2 = 68 \text{ кДж / кг}, T_2 = 301 \text{ К};</math>  <math>G_3 = 1800 \text{ кг / час}, i_3 = 53 \text{ кДж / кг}, T_3 = 297.7 \text{ К}.</math></p>	<p>теплообменнике смешения</p> <p><math>\Delta E_n = Q_n \cdot (1 - T_x / T_n) = 12000 \cdot (1 - 273 / 296,35) = 945,5 \text{ кДж / час},</math> где</p> <p><math>T_n</math> - среднетермодинамическая температура нагрева воздуха в теплообменнике смешения</p> <p><math>T_n = (T_1 + T_3) / 2 = (295 + 297,7) / 2 = 296,35 \text{ К}</math></p> <p>Эксергетический КПД теплообменника смешения</p> <p><math>\eta = \Delta E_n / \Delta E_o = (945,5 / 1056,3) \cdot 100 = 89,5 \%</math></p> <p>Эксергетические потери в теплообменнике смешения</p> <p><math>\Pi = \Delta E_o - \Delta E_n = 1056,3 - 945,5 = 1108 \text{ кДж / час}.</math></p> <p>Анализ теплопроцесса в теплообменнике смешения показывает, что эксергетический КПД процесса достаточно высок (89,5%).</p>
--	--	---

**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 экзамена и зачетов 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 экзамена**

Время на подготовку 45 мин, в это время входит подготовка ответа на теоретические вопросы и решение задачи. К ответу прилагается письменный конспект.

**Особенности проведения зачета**

Время на подготовку 20 мин, в это время входит подготовка ответа на теоретические вопросы и решение задачи. К ответу прилагается письменный конспект.