

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ**  
**НАСОСНОЕ И ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Модуль</b> Насосное и тепломеханическое оборудование	<b>Код модуля</b> 1122025 № 6009, версия 1 (очная форма) № 6252, версия 1 (заочная форма полный срок) № 6298, версия 1 (заочная форма ускоренная)
<b>Образовательная программа</b> Теплоэнергетика и теплотехника	<b>Код ОП</b> 13.03.01/01.01
<b>Траектория образовательной программы (ТОП)</b>	ТОП 1 «Промышленная теплоэнергетика»
<b>Направление подготовки</b> Теплоэнергетика и теплотехника	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 13.03.01
<b>Уровень подготовки</b> бакалавриат	
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> 1 октября 2015 г., № 1081

Екатеринбург, 20\_\_

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Подпись</b>
1	Тупоногов Владимир Геннадьевич	Доктор техн. наук, доцент	профессор	Теплоэнергетика и теплотехника	
2	Черепанова Екатерина Владимировна	Канд. техн. наук, доцент	доцент	Теплоэнергетика и теплотехника	

**Руководитель модуля**

В.Г. Тупоногов

**Рекомендовано учебно-методическим советом Уральского энергетического института**

Председатель учебно-методического совета  
Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.

В.И. Денисенко

**Согласовано:**

Дирекция образовательных программ

**Руководитель образовательной программы (ОП), для которой реализуется модуль**

Е.В. Черепанова

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ «НАСОСНОЕ И ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ»

1.1. Объем модуля: 22 з.е.

## 1.2. Аннотация содержания модуля

Модуль относится к вариативной части ВУЗа.

Модуль посвящен изучению конструкций и принципов работы современного оборудования котельных и тепловых электрических станций. В данном модуле изучаются конструкции котлов, теплообменных аппаратов, нагнетателей и тепловых двигателей; методики их расчета и подбора, пути совершенствования тепломеханического оборудования.

## 2. СТРУКТУРА МОДУЛЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ ПО ДИСЦИПЛИНАМ

Учебный план № 6009

Наименования дисциплин с указанием, к какой части образовательной программы они относятся: базовой (Б), вариативной – по выбору вуза (ВВ), вариативной - по выбору студента (ВС).		Семестр изучения	Объем времени, отведенный на освоение дисциплин модуля							
			Аудиторные занятия, час.				Самостоятельная работа, включая все виды текущей аттестации, час.	Промежуточная аттестация (зачет, экзамен), час.	Всего по дисциплине	
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего			Час.	Зач. ед.
1.	<b>(ВВ)</b> Нагнетатели и тепловые двигатели	5	51	17	17	85	77	Э (18 ч)	180	5
2.	<b>(ВВ)</b> Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий	5	68	34	17	119	151	Э (18 ч)	288	8
3.	<b>(ВВ)</b> Котельные установки и парогенераторы	5-6	68	68	17	153	149	Э (18 ч); З (4 ч)	324	9
<b>Всего на освоение модуля</b>			<b>187</b>	<b>119</b>	<b>51</b>	<b>357</b>	<b>377</b>	<b>58</b>	<b>792</b>	<b>22</b>

Учебный план № 6252

Наименования дисциплин с указанием, к какой части образовательной программы они относятся: базовой (Б), вариативной – по выбору вуза (ВВ), вариативной - по выбору студента (ВС).		Семестр изучения	Объем времени, отведенный на освоение дисциплин модуля							
			Аудиторные занятия, час.				Самостоятельная работа, включая все виды текущей аттестации, час.	Промежуточная аттестация (зачет, экзамен), час.	Всего по дисциплине	
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего			Час.	Зач. ед.
4.	<b>(ВВ)</b> Нагнетатели и тепловые двигатели	5-6	14	14		28	130	Э (18 ч); 3 (4 ч)	180	5
5.	<b>(ВВ)</b> Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий	6-7	18	18		36	230	Э (18 ч); 3 (4 ч)	288	8
6.	<b>(ВВ)</b> Котельные установки и парогенераторы	7-8	22	16	6	44	258	Э (18 ч); 3 (4 ч)	324	9
<b>Всего на освоение модуля</b>			<b>54</b>	<b>48</b>	<b>6</b>	<b>108</b>	<b>618</b>	<b>66</b>	<b>792</b>	<b>22</b>

Учебный план № 6298

Наименования дисциплин с указанием, к какой части образовательной программы они относятся: базовой (Б), вариативной – по выбору вуза (ВВ), вариативной - по выбору студента (ВС).		Семестр изучения	Объем времени, отведенный на освоение дисциплин модуля							
			Аудиторные занятия, час.				Самостоятельная работа, включая все виды текущей аттестации, час.	Промежуточная аттестация (зачет, экзамен), час.	Всего по дисциплине	
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего			Час.	Зач. ед.
7.	<b>(ВВ)</b> Нагнетатели и тепловые двигатели	4-5	8	10		18	140	Э (18 ч); 3 (4 ч)	180	5
8.	<b>(ВВ)</b> Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий	5-6	8	8		16	250	Э (18 ч); 3 (4 ч)	288	8
9.	<b>(ВВ)</b> Котельные установки и парогенераторы	5-6	10	10	4	24	278	Э (18 ч); 3 (4 ч)	324	9
<b>Всего на освоение модуля</b>			<b>26</b>	<b>28</b>	<b>4</b>	<b>58</b>	<b>668</b>	<b>66</b>	<b>792</b>	<b>22</b>

### 3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИН В МОДУЛЕ

3.1.	<b>Пререквизиты и постреквизиты в модуле</b>	Порядок изучения дисциплин согласно таблицам из п. 2
3.2.	<b>Кореквизиты</b>	Нагнетатели и тепловые двигатели; Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий; Котельные установки и парогенераторы

### 4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ

#### 4.1. Планируемые результаты освоения модуля и составляющие их компетенции

Коды ОП, для которых реализуется модуль	Планируемые в ОХОП результаты обучения (РО), которые формируются при освоении модуля	Компетенции в соответствии с ФГОС ВО, а также дополнительные из ОХОП, формируемые при освоении модуля
13.03.01/01.01	РО-Об: Способность организовать в рамках организационно-управленческой деятельности эксплуатацию, сервисное обслуживание энерготехнологического оборудования, анализировать результаты деятельности производственного подразделения, разрабатывать организационно-технологическую и отчетную документацию	ПК-6 – способность участвовать в разработке оперативных планов работы производственных подразделений; ДПК-1.5 – способность составлять организационно- технологическую документацию; ДПК-2.6 – готовность организовать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования.

#### 4.2. Распределение формирования компетенций по дисциплинам модуля

Дисциплины модуля		ПК-6	ДПК-1.5	ДПК-2.6
1	<b>(ВВ)</b> Нагнетатели и тепловые двигатели	*	*	*
2	<b>(ВВ)</b> Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий	*	*	*
3	<b>(ВВ)</b> Котельные установки и парогенераторы	*	*	*

Компетенции, формируемые дисциплинами одинаковы, но области знаний дисциплин разные.

## **5. ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО МОДУЛЮ**

**5.1. Весовой коэффициент значимости промежуточной аттестации по модулю:**  
9,25. Утвержден ученым советом Уральского энергетического института, протокол заседания ученого совета № 8 от 17.10.2016 г.

**5.2. Форма промежуточной аттестации по модулю:**

Не предусмотрено

**5.3. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по модулю (Приложение 1)**

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
**к рабочей программе модуля**  
**«Насосное и тепломеханическое оборудование»**

**5.3. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ**

**5.3.1. ОБЩИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ**

Система критериев оценивания результатов обучения в рамках модуля опирается на три уровня освоения: пороговый, повышенный, высокий.

<b>Компоненты компетенций</b>	<b>Признаки уровня освоения компонентов компетенций</b>		
	<b>пороговый</b>	<b>повышенный</b>	<b>высокий</b>
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

### **5.3.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ**

**5.3.2.1. Перечень примерных вопросов для интегрированного экзамена по модулю.**

Не предусмотрено.

**5.3.2.2. Перечень примерных тем итоговых проектов по модулю.**

Не предусмотрено.

### **6. ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ МОДУЛЯ**

<b>Номер листа изменений</b>	<b>Номер протокола заседания проектной группы модуля</b>	<b>Дата заседания проектной группы модуля</b>	<b>Всего листов в документе</b>	<b>Подпись руководителя проектной группы модуля</b>



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
НАГНЕТАТЕЛИ И ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Модуль</b> Насосное и тепломеханическое оборудование	<b>Код модуля</b> 1122025 № 6009, версия 1 (очная форма) № 6252, версия 1 (заочная форма полный срок) № 6298, версия 1 (заочная форма ускоренная)
<b>Образовательная программа</b> Теплоэнергетика и теплотехника	<b>Код ОП</b> 13.03.01/01.01
<b>Направление подготовки</b> Теплоэнергетика и теплотехника	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 13.03.01
<b>Уровень подготовки</b> бакалавриат	
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> 1 октября 2015 г., № 1081

Екатеринбург, 2016

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Подпись</b>
1	Колпаков Александр Сергеевич	д.т.н., доцент	профессор	Тепло- энергети- ки и теп- лотехни- ки	

**Руководитель модуля**

В.Г. Тупоногов

**Рекомендовано учебно-методическим советом Уральского энергетического института**

Председатель учебно-методического совета  
Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.

В.И. Денисенко

**Согласовано:**

Дирекция образовательных программ

Р.Х.Токарева

# **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «НАГНЕТАТЕЛИ И ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ»**

## **1.1. Аннотация содержания дисциплины**

Дисциплина «Нагнетатели и тепловые двигатели» изучается вместе с дисциплинами «Котельные установки и парогенераторы», а также «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий» в одном модуле «Насосное и тепломеханическое оборудование» (вариативная часть ВУЗа). Эти дисциплины являются профилирующими при подготовке специалистов в области промышленной теплоэнергетики и энергообеспечения предприятий. Изучение дисциплины «Нагнетатели и тепловые двигатели» предусматривает получение профессиональных знаний по принципам работы различных типов нагнетателей, тепловых двигателей, их конструкций, а также методов расчета и проектирования.

Дисциплина «Нагнетатели и тепловые двигатели» использует знания, полученные при изучении таких дисциплин, как физика, гидрогазодинамика, техническая термодинамика, тепломассообмен, инженерная графика, прикладная механика.

Дисциплина «Нагнетатели и тепловые двигатели» тесно связана со специальными техническими дисциплинами «Котельные установки и парогенераторы», «Системы газоснабжения», «Технологические энергоносители промышленных предприятий».

Дисциплина «Нагнетатели и тепловые двигатели» посвящена изучению принципов напорного перемещения газов и жидкостей, процессов преобразования тепловой энергии газов и паров в механическую энергию, конструкций тягодутьевых машин, насосов и компрессоров, конструкций тепловых двигателей различного назначения, особенностей их работы с учетом требований энергоэффективности. Рассматриваются вопросы выбора параметров нагнетателей, тепловых двигателей в соответствии с их функциями в тепловых схемах котельных и тепловых электрических станций. Изучаются основы проектирования различных типов нагнетателей.

## **1.2. Язык реализации программы – русский.**

## **1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций (в рамках освоения РО-О6 ОП):

РО-О6: способность организовать в рамках организационно-управленческой деятельности эксплуатацию, сервисное обслуживание энерготехнологического оборудования, анализировать результаты деятельности производственного подразделения, разрабатывать организационно-технологическую и отчетную документацию

ПК-6 – способность участвовать в разработке оперативных планов работы производственных подразделений;

ДПК-1.5 – способность составлять организационно-технологическую документацию;

ДПК-2.6 – готовность организовать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные типы нагнетателей, тепловых двигателей, их назначение и параметры;
- основы эксплуатации нагнетателей и тепловых двигателей;
- методику выбора нагнетателей;
- основы выбора тепловых двигателей;
- основы расчета нагнетателей.

Уметь:

- выбирать типовые нагнетатели и тепловые двигатели с учетом их места в тепловых схемах котельных и тепловых электрических станций;
- рассчитывать параметры нагнетателей;
- определять границы эксплуатационных режимов нагнетателей и тепловых двигателей;
- выбирать привод нагнетателей;
- организовывать безопасную и энергоэффективную эксплуатацию нагнетателей и тепловых двигателей.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- владеть основными современными методами постановки, исследования и решения теплотехнических задач;
- уверенно ориентироваться в номенклатуре энергетического оборудования;
- понимать особенности использования различных типов нагнетателей и тепловых двигателей;
- разбираться в физических основах процесса напорного перемещения технологических энергоносителей;
- разбираться в физических основах процесса преобразования тепловой энергии в механическую энергию;
- оценивать энергоэффективность работы нагнетателей и тепловых двигателей в эксплуатационных режимах.

#### 1.4. Объем дисциплины

Для очной формы обучения (учебный план № 6009)

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	5-й семестр
1.	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>85</b>	<b>85</b>	<b>85</b>
2.	Лекции	51	51	51
3.	Практические занятия	17	17	17
4.	Лабораторные работы	17	17	17
5.	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>77</b>	<b>16,75</b>	<b>77</b>
6.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>18</b>	<b>2,33</b>	<b>Экзамен</b>
7.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>180</b>	<b>104,08</b>	<b>180</b>
8.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>5</b>		<b>5</b>

Для заочной формы с полным сроком обучения (учебный план № 6252)

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)	
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	5-й семестр	6-й семестр
1.	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>10</b>	<b>18</b>
2.	Лекции	14	14	6	8
3.	Практические занятия	14	14	4	10
4.	Лабораторные работы	0	0	0	0
5.	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>130</b>	<b>8,20</b>	<b>80</b>	<b>50</b>
6.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>22</b>	<b>2,58</b>	<b>Экзамен (18)</b>	<b>Зачет (4)</b>
7.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>180</b>	<b>38,78</b>	<b>108</b>	<b>72</b>
8.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>5</b>		<b>3</b>	<b>2</b>

Для заочной формы обучения по ускоренной программе (учебный план № 6298)

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)	
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	4-й семестр	5-й семестр
1.	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>10</b>
2.	Лекции	8	8	4	4
3.	Практические занятия	10	10	4	6
4.	Лабораторные работы	0	0	0	0
5.	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>140</b>	<b>6,7</b>	<b>46</b>	<b>94</b>
6.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>22</b>	<b>2,58</b>	<b>Экзамен (18)</b>	<b>Зачет (4)</b>
7.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>180</b>	<b>27,28</b>	<b>72</b>	<b>108</b>
8.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>5</b>		<b>2</b>	<b>3</b>

\*Контактная работа составляет:

в п/п 2,3,4 - количество часов, равное объему соответствующего вида занятий;

в п.5 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на консультации в группе (15% от объема аудиторных занятий) и объема времени, выделенного преподавателю на руководство курсовой работой/проектом одного студента, если она предусмотрена.

в п.6 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на проведение соответствующего вида промежуточной аттестации одного студента и объема времени, выделенного в рамках дисциплины на руководство проектом по модулю (если он предусмотрен) одного студента.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	Общие сведения о нагнетателях	Определения, основные положения, классификация нагнетателей. Основы теории нагнетания.
P2	Насосы	Особенности напорного перемещения жидкостей. Кавитация в насосах. Классификация насосов. Типы энергетических насосов, их технические характеристики и конструкции. Выбор насосов.
P3	Тягодутьевые машины	Особенности напорного перемещения газов. Классификация тягодутьевых машин. Типы энергетических тягодутьевых машин, их технические характеристики и конструкции. Самотяга вентиляционной системы. Выбор тягодутьевых машин.
P4	Компрессоры	Особенности компрессорного процесса. Классификация компрессоров. Типы компрессоров, применяемых в промышленной теплоэнергетике, их технические характеристики и конструкции. Системы охлаждения компрессоров. Помпаж лопастных компрессоров. Выбор компрессора.
P5	Общие сведения о тепловых двигателях.	Определения, основные положения, классификация тепловых двигателей. Основы теории расширительных машин.
P6	Паровые турбины.	Определения, основные положения, классификация паровых турбин. Типы энергетических и приводных паровых турбин, их технические характеристики и конструкции. Режимы работы, систем регулирования и защиты паровых турбин.
P7	Газовые турбины.	Определения, основные положения, классификация газовых турбин. Типы энергетических и приводных газовых турбин, их технические характеристики и конструкции. Режимы работы, системы регулирования и защиты газовых турбин.
P8	Двигатели внутреннего сгорания.	Определения, основные положения, классификация двигателей внутреннего сгорания (ДВС). ДВС в энергетике. Типы ДВС, их технические характеристики и конструкции.



Раздел дисциплины		Аудиторные занятия (час.)				Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий																				
Код раздела, темы	Наименование раздела, темы	Всего по разделу, теме (час.)	Всего аудиторной работы (час.)	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего самостоятельной работы студентов (час.)	Подготовка к аудиторным занятиям (час.)					Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.)						Подготовка к контрольным мероприятиям текущей аттестации (колич.)		Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине (час.)	Подготовка в рамках дисциплины к промежуточной аттестации по модулю (час.)				
								Всего (час.)	Лекция	Практ., семинар. занятие	Лабораторное занятие	Н/и семинар, семинар-конференция, коллоквиум (магистратура)	Всего (час.)	Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*	Проектная работа*	Расчетная работа, разработка программного продукта*	Расчетно-графическая работа*	Домашняя работа на иностранном языке*			Перевод иностранной литературы*	Курсовая работа*	Курсовой проект*	Всего (час.)
1	Общие сведения о нагнетателях	6	1	1	0	0	5	3	3	0	0											2	1		Зачет Экзамен Интегрированный экзамен по модулю Проект по модулю	
2	Насосы	62	6	2	4	0	56	20	6	14	0		36									1				
3	Тягодутьевые машины	17	4	2	2	0	13	13	6	7	0															
4	Компрессоры	17	4	2	2	0	13	13	6	7	0															
5	Общие сведения о тепловых двигателях.	6	1	1	0	0	5	3	3	0	0												2	1		
6	Паровые турбины.	17	4	2	2	0	13	13	6	7	0															
7	Газовые турбины.	17	4	2	2	0	13	13	6	7	0															
8	Двигатели внутреннего сгорания.	16	4	2	2	0	12	12	6	6	0															
	<b>Всего (час), без учета промежуточной аттестации:</b>	<b>158</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>130</b>	<b>90</b>	<b>42</b>	<b>48</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>
	<b>Всего по дисциплине (час.):</b>	<b>180</b>	<b>28</b>				<b>152</b>	В т.ч. промежуточная аттестация																<b>4</b>	<b>18</b>	<b>0</b>

\*Суммарный объем в часах на мероприятие указывается в строке «Всего (час.) без учета промежуточной аттестации»





#### 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

##### 4.1. Лабораторные работы

Для очной формы обучения (учебный план № 6009)

Код раздела, темы	Номер работы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
P2	1	Снятие характеристики центробежного насоса и сети	7
P2	2	Снятие кавитационной характеристики центробежного насоса	2
P2	3	Сопоставление способов регулирования центробежного насоса	2
P3	4	Испытание центробежного вентилятора	2
P4	5	Моделирование характеристик центробежной компрессорной машины	2
P4	6	Термодинамический анализ компрессорного процесса	2
<b>Всего:</b>			<b>17</b>

##### 4.2. Практические занятия

Для очной формы обучения (учебный план № 6009)

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P2	1	Выбор насосов общего назначения	2
P2	2	Выбор энергетических насосов	2
P3	3	Выбор вентиляторов общего назначения	2
P3	4	Выбор энергетических тягодутьевых машин	2
P4	5	Выбор компрессора общего назначения	2
P6	6	Тепловые схемы паротурбинных установок (ПТУ). Номенклатура ПТУ.	2
P6	7	Конструкции паровых турбин. Показатели экономичности.	1
P7	7-8	Циклы газотурбинных установок (ГТУ).	2
P8	8-9	Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Номенклатура ДВС.	2
<b>Всего:</b>			<b>17</b>

Для заочной формы полного срока обучения (учебный план № 6252)

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P2	1	Выбор насосов общего назначения	2
P2	2	Выбор энергетических насосов	2
P3	3	Выбор вентиляторов общего назначения	2
P4	4	Выбор компрессора общего назначения	2
P6	5	Тепловые схемы паротурбинных установок (ПТУ). Номенклатура ПТУ.	2
P7	6	Циклы газотурбинных установок (ГТУ).	2
P8	7	Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Номенклатура ДВС.	2

**Всего: 14**

Для заочной формы по ускоренной программе (учебный план № 6298)

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P2	1	Выбор насосов общего назначения	2
P3	2	Выбор вентиляторов общего назначения	2
P4	3	Выбор компрессора общего назначения	1
P6	3-4	Тепловые схемы паротурбинных установок (ПТУ). Номенклатура ПТУ.	2
P7	4-5	Циклы газотурбинных установок (ГТУ).	2
P8	5	Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Номенклатура ДВС.	1

**Всего: 10**

#### 4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

##### 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

для очной формы обучения

1. Термодинамический анализ работы воздушной компрессорной машины.
2. Выбор компрессора общего назначения.
3. Определение числа ступеней многоступенчатой компрессорной машины по заданным параметрам.

##### 4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено.

##### 4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено.

##### 4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

##### 4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

Не предусмотрено.

#### 4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено.

#### 4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ)

1. Расчет центробежного насоса.
2. Расчет центробежного вентилятора.
3. Расчет центробежного дымососа

#### 4.3.8. Примерная тематика контрольных работ

1. Определение границ рабочего участка напорной характеристики центробежной машины.
2. Сравнение энергетической эффективности способов регулирования центробежных машин.
3. Выбор нагнетателей (на примере центробежных вентиляторов).

#### 4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено.

### 5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения						Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
P1. Общие сведения о нагнетателях												
P2. Насосы	*				*							
P3. Тягодутьевые машины	*				*							
P4. Компрессоры					*							
P5. Общие сведения о тепловых двигателях.												
P6. Паровые турбины.												
P7. Газовые турбины.												
P8. Двигатели внутреннего сгорания.												

## **6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (Приложение 1)**

## **7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2)**

## **8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)**

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1.Рекомендуемая литература**

#### **9.1.1.Основная литература**

1. Черкасский, В. М. Нагнетатели и тепловые двигатели : Учебник для студ. вузов, обуч. по направл. "Теплоэнергетика", спец. "Промышленная теплоэнергетика" / В.М. Черкасский, Н.В. Калинин, Ю.В. Кузнецов и др. — М. : Энергоатомиздат, 1997. — 384с. — рекомендовано в качестве учебника. — ISBN 5-283-00236-5 : 34. (50 экз.).

#### **9.1.2.Дополнительная литература**

1. Черкасский, Владимир Михайлович. Насосы, вентиляторы, компрессоры : Учеб. для теплоэнерг. специальностей вузов / В. М. Черкасский. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат, 1984. — 415 с. : ил. ; 20 см. — Предм. указ.: с. 406-410. — Библиогр.: с. 405-406 (29 назв.). — допущено в качестве учебника. — 1.10. (97 экз.).
2. Трухний, Алексей Данилович. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки : Учеб. пособие для студентов вузов / А.Д. Трухний, Б.В. Ломакин. — М. : Издательство МЭИ, 2002. — 540 с. : ил. ; 26 см. — Библиогр.: с. 532-533 (52 назв.). Предм. указ.: с. 534-539. — допущено в качестве учебного пособия. — ISBN 5-7046-0722-5 : 429.00. (17 экз.).
3. Цанев, Стефан Васильевич. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций : учеб. пособие для студентов вузов / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов ; под ред. С. В. Цанева. — 2-е изд., стер. — Москва : Издательский дом МЭИ, 2006. — 584 с. : ил. ; 24 см. — Предм. указ.: с. 573-575. — Библиогр.: с. 571-572 (40 назв.). — Допущено в качестве учебного пособия. — ISBN 5-903072-19-4. (21 экз.).
4. Щегляев, Андрей Владимирович. Паровые турбины : Теория теплового процесса и конструкции турбин : Учебник для студентов энергомашиностр. и теплоэнергет. специальностей вузов : В 2 кн. Кн. 1 / А. В. Щегляев; Предисл. Б. М. Трояновского. — 6-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат, 1993. — 383 с. : ил. ; 20 см. — Предм. указ.: с. 381-382. — Библиогр.: с. 378-380 (59 назв.). — ISBN 5-283-00197-0 (Б. ц.). (81 экз.).
5. Щегляев, Андрей Владимирович. Паровые турбины : Теория теплового процесса и конструкции турбин : Учебник для студентов энергомашиностр. и теплоэнергет. специальностей вузов : В 2 кн. Кн. 2 / А. В. Щегляев; Предисл. Б. М. Трояновского. — 6-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат, 1993. — 414 с. : ил. ; 20 см. — Предм. указ.: с. 412-413. — Библиогр.: с. 409-411 (59 назв.). — ISBN 5-283-00264-0 (Б. ц.). (81 экз.).
6. Нигматулин, Искандер Нигматулович. Тепловые двигатели : Учеб. пособие / И.Н. Нигматулин, П.Н. Шляхин, В.А. Ценев; Под ред. И.Н. Нигматулина. — М. : Высш. шк., 1974. — 375с. — 1.09. (44 экз.).

## 9.2. Методические разработки

1. Снятие характеристик центробежного насоса и сети: Методические указания к лабораторной работе по дисциплинам «Нагнетатели», «Нагнетатели и тепловые двигатели» / А.С. Колпаков, Л.Г. Гальперин. Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2016. 16 с.

2. Сопоставление способов регулирования центробежного насоса: Методические указания к лабораторной работе по дисциплинам «Нагнетатели», «Нагнетатели и тепловые двигатели» / А.С. Колпаков, Л.Г. Гальперин. Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2016. 11 с.

3. Снятие кавитационной характеристики центробежного водяного насоса: Методические указания к лабораторной работе по дисциплинам «Нагнетатели», «Нагнетатели и тепловые двигатели» / А.С. Колпаков, Л.Г. Гальперин. Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2016. 14 с.

4. Расчет центробежного дутьевого вентилятора: Методическое руководство к курсовому проекту по дисциплинам «Нагнетатели», «Нагнетатели и тепловые двигатели» / А. С. Колпаков, Н. В. Колпакова. Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2016. 35 с.

5. Расчет центробежного насоса: Методическое руководство к курсовому проекту по дисциплинам «Нагнетатели», «Нагнетатели и тепловые двигатели» / А. С. Колпаков, Н. В. Колпакова. Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2016. 52 с.

## 9.3. Программное обеспечение

Операционная система Windows XP. Пакет Microsoft Office 2010 Professional (текстовый процессор Word, табличный процессор Excel, базы данных Access).

1. Программа «Гидравлический расчет центробежного насоса».
2. Программа «Аэродинамический расчет центробежного вентилятора».
3. Программа «Моделирование характеристик центробежной компрессорной машины».
4. Программа «Термодинамический анализ компрессорного процесса».
5. Программа «Расчет параметров водяного пара».

## 9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru/>
2. Российская Государственная библиотека <http://www.rsl.ru/>
3. Российская национальная библиотека <http://www.nlr.ru/>
4. Государственная публичная научно-техническая библиотека России <http://www.gpntb.ru/>
5. Публичная интернет-библиотека <http://www.public.ru/>
6. Студенческая библиотека <http://www.lib.students.ru/>
7. Научная библиотека Санкт-Петербургского Государственного Университета <http://www.lib.pu.ru/>
8. Научная электронная библиотека <http://www.eLIBRARY.ru/>

## 9.5. Электронные образовательные ресурсы

Не используется

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Для проведения лекций и практических занятий имеются аудитории с количеством посадочных мест, соответствующим контингенту обучающихся по данному профилю:

1. Аудитория Т1003, оснащённая компьютером и видеопроектором.
2. Аудитория Т1102, оснащённая 7 компьютерами в сети.

Лабораторные работы по испытаниям насосного оборудования выполняются в специализированной компьютеризированной учебной лаборатории фирмы «Вило-Рус».

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

**к рабочей программе дисциплины «Нагнетатели и тепловые двигатели»  
6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ  
В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины – 2,0.** Утвержден ученым советом Уральского энергетического института, протокол заседания ученого совета № 8 от 17.10.2016 г.

**6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

**Для очной формы обучения (учебный план № 6009)**

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0,25</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Макс. оценка в баллах</b>
Посещение лекций (25)	V, 1-17	25
Контрольная работа №1	V, 6	35
Контрольная работа №2	V, 15	40
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0,6</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен*</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0,6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0,5</b>		
<b>Текущая аттестация на практических / семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
Посещение практических занятий (9)	V, 9-17	9
Работа на практическом занятии (9)	V, 9-17	45
Выполнение домашней работы	V, 13	46
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1,0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрена</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0,25</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
Выполнение лабораторных работ (6)	V	30
Отчеты о выполнении лабораторных работ (6)	V	30
Защита отчетов	V	40
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – 1,0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – не предусмотрена</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0</b>		

**6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсового проекта**

<b>Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Макс. оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта – 0</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта – защиты – 1,0</b>		

#### 6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины

Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина	Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре
Семестр V	1,0

\*В случае проведения промежуточной аттестации по дисциплине (экзамена, зачета) методом тестирования используются официально утвержденные ресурсы: АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ, имеющие статус ЭОР УрФУ; ФЭПО ([www.fepo.pf](http://www.fepo.pf)); Интернет-тренажеры ([www.i-exam.ru](http://www.i-exam.ru)).

### ПРИЛОЖЕНИЕ 2 к рабочей программе дисциплины «Нагнетатели и тепловые двигатели»

#### 7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте ФЭПО <http://fepo.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте Интернет-тренажеры <http://training.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на портале СМУДС УрФУ.

В связи с отсутствием Дисциплины и ее аналогов, по которым возможно тестирование, на сайтах ФЭПО, Интернет-тренажеры и портале СМУДС УрФУ, тестирование в рамках НТК не проводится.



## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## 8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

При проведении независимого тестового контроля как формы промежуточной аттестации применяется методика оценивания результатов, предлагаемая разработчиками тестов. Процентные показатели результатов независимого тестового контроля переводятся в баллы промежуточной аттестации по 100-балльной шкале в БРС:

- в случае балльной оценки по тесту (блокам, частям теста) переводится процент набранных баллов от общего числа возможных баллов по тесту;
- при отсутствии балльной оценки по тесту переводится процент верно выполненных заданий теста, от общего числа заданий.

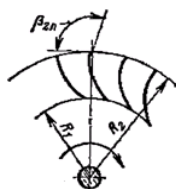
## 8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.3.1. Примерные задания для проведения контрольной работы

Для учебных планов № 6009, 6252:

Тестовые задания типа:

I. Какому типу нагнетателей может принадлежать рабочее колесо, изображенное на рисунке?



1. насосам
2. вентиляторам
3. компрессорам

II. Рабочее давление нагнетателя определяется выражением  $P = \rho \eta_c U_2 c_{2u}$ . Какому режиму работы нагнетателя соответствует развиваемое давление:

1. режиму холостого хода
2. номинальному режиму
3. режиму регулирования

III. Помпаж компрессора может возникнуть:

1. при переводе на холостой ход
2. при падении расхода в сети
3. при глубоком регулировании

IV. Расположить способы регулирования подачи нагнетателей в порядке возрастания экономичности регулирования:

1. байпасирование
2. дросселирование
3. закрутка потока ВНА
4. изменение частоты вращения гидромуфтой
5. частотное регулирование

V. При регулировании насосов дросселированием дроссельное устройство следует размещать:

1. на всасе
2. на нагнетании

3. место размещения дросселя не играет роли

VI. Пуск центробежных нагнетателей следует производить:

1. на режиме холостого хода
2. под нагрузкой
3. способ пуска не имеет значения

VII. Наибольший расход обеспечивают:

1. питательные насосы
2. конденсатные насосы
3. сетевые насосы
4. циркуляционные насосы

VIII. Наибольший напор (давление) обеспечивают:

1. питательные насосы
2. конденсатные насосы
3. сетевые насосы
4. циркуляционные насосы

IX. Наибольшая осевая нагрузка центробежного нагнетателя всегда возникает:

1. при максимальном давлении
2. при максимальной подаче
3. в режиме холостого хода

X. Параллельное включение нагнетателей используется для:

1. обеспечения большого расхода в сети
2. группового регулирования
3. повышения экономичности работы нагнетателей при глубоком регулировании

### 8.3.2. Примерные задачи для проведения домашней работы

*Для очной формы обучения:*

1. Требуется выбрать центробежный вентилятор исполнения 1, обеспечивающий производительность  $Q = 12$  тыс.  $\text{м}^3/\text{ч}$ , полное давление  $p = 108 \text{ кгс}/\text{м}^2$  при температуре воздуха  $t = 60^\circ\text{C}$ .
2. Расчетное сопротивление вентиляционной системы при расходе воздуха 30 тыс.  $\text{м}^3/\text{ч}$  составляет 1220 Па. При выборе вентилятора его давление завышено на 15 % и составляет 1400 Па. Требуемым параметрам в соответствии с рабочими характеристиками удовлетворяют вентилятор Ц4-76-10 с к.п.д. при  $n = 950$  об/мин  $\eta = 0,78$  (лопатки загнуты назад) и вентилятор Ц14-46-8 с КПД в рабочей точке при  $n = 735$  об/мин  $\eta = 0,68$  (лопатки загнуты вперед). Сравнить вентиляторы по потребляемой мощности.
3. Определить установочную мощность электродвигателя для вентилятора с расходом воздуха  $Q = 14$  тыс.  $\text{м}^3/\text{час}$  при полном давлении  $P = 1000$  кПа.
4. Насос перекачивает жидкость плотностью  $960 \text{ кг}/\text{м}^3$  из резервуара с атмосферным давлением в аппарат, давление в котором составляет  $P_{\text{изб}} = 37 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . Высота подъема 16 м. Общее сопротивление всасывающей и нагнетательной линий 65,6 м. Определить полный напор, развиваемый насосом.
5. Центробежный насос частотой вращения 1800 об/мин подает  $140 \text{ м}^3/\text{ч}$  воды с температурой  $30^\circ\text{C}$ . Среднее атмосферное давление в месте установки насоса 745 мм рт. ст. Полная потеря напора во всасывающей линии составляет 4,2 м. Определить допустимую высоту всасывания.
6. Центробежный насос для перекачки воды имеет следующие паспортные данные:  $Q = 56 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H = 42 \text{ м}$ ,  $Q = 10,9 \text{ кВт}$  при  $n = 1140$  об/мин. Определить 1) КПД насоса, 2)

- производительность, развиваемый напор и потребляемую мощность при  $n = 1450$  об/мин, считая, что КПД остался неизменным.
7. Центробежный вентилятор при  $n = 960$  об/мин подаёт  $3200$  м<sup>3</sup>/ч воздуха, потребляя при этом  $0,8$  кВт. Избыточное давление, создаваемое вентилятором,  $44$  мм вод. ст. Каковы будут подача, давление и затрачиваемая мощность вентилятора при  $n = 1250$  об/мин? Определить КПД вентилятора.
  8. Определить требуемое число ступеней поршневого компрессора для сжатия воздуха от  $1$  до  $200$  кгс/см<sup>2</sup> (давление абсолютное), если допускаемая температура в конце сжатия не должна превышать  $140^\circ\text{C}$ . Процесс сжатия считать адиабатическим. Начальная температура воздуха  $20^\circ\text{C}$ .
  9. Определить потребляемую мощность и расход воды на холодильники поршневого компрессора, который сжимает воздух при подаче  $50$  м<sup>3</sup>/мин от атмосферного давления до  $0,9$  МПа. Изотермический КПД компрессора  $0,75$ . Охлаждающая вода нагревается в холодильниках на  $13^\circ\text{C}$ . Начальная температура газа  $20^\circ\text{C}$ .
  10. Определить аналитическим путём и по  $T - s$  диаграмме температуру воздуха после адиабатического сжатия его от атмосферного давления до конечного давления  $3,5$  кгс/см<sup>2</sup>. Начальная температура  $0^\circ\text{C}$ . Определить затрату работы на сжатие  $1$  кг воздуха.
  11. Центробежный насос перекачивает жидкость плотностью  $960$  кг/м<sup>3</sup> из резервуара с атмосферным давлением в аппарат, давление в котором составляет  $P_{\text{изб}} = 37$  кгс/см<sup>2</sup>. Высота подъёма  $16$  м. Общее сопротивление всасывающей и нагнетательной линий  $65,6$  м. Определить полный напор, развиваемый насосом.
  12. Определить КПД насосного агрегата. Насос подаёт  $22,80$  м<sup>3</sup>/ч мазута относительной плотности  $0,9$ . Полный напор  $30,8$  м вод. ст. Потребляемая двигателем мощность  $2,5$  кВт.

### 8.3.3. Примерные задания для выполнения курсового проекта

Спроектировать центробежный насос. Исходные данные для проектирования:

№ п/п	Наименование	Обозн.	Ед. измер.	Знач.
1	Производительность насоса	$Q$	м <sup>3</sup> /час	18
2	Напор, создаваемый насосом	$H$	м	8
3	Высота всасывания	$H_{\text{вс}}$	м	1.0
4	Вид перекачиваемой жидкости	-	-	вода
5	Температура перекачиваемой жидкости	$t$	$^\circ\text{C}$	20
6	Давление насыщенных паров	$P_s$	кПа	2.336
7	Толщина лопаток колеса насоса	$\delta$	м	4
8	Допустимые напряжения материала лопаток	$\tau$	кг/см <sup>2</sup>	120
9	Плотность жидкости	$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	998.1

Выполнить гидравлический расчет проточной части насоса и механический расчет отдельных элементов его конструкции. В графическую часть проекта входят продольный и поперечный разрезы насоса, выполняемые на листе (листах) формата А1.

### 8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

*Заочная форма обучения*

1. Принцип действия и основные элементы ступени турбины.
2. Сопловая и рабочая решетка ступени турбины. Кинематика потока в ступени.
3. Термодинамический процесс ступени турбины. Преобразование энергии в ступени.

4. Активная и реактивная ступени турбины. Степень реактивности ступени.
5. Ступени давления и ступени скорости паровой турбины.
6. Регулирующая ступень паровой турбины. Парциальный подвод пара. Степень парциальности.
7. Преимущества многоступенчатых турбин.
8. Классификация и маркировка многоступенчатых турбин.
9. Подвод пара к турбине. Схемы парораспределения.
10. Проточная часть многоступенчатой турбины. Деление турбины на части.
11. Возврат теплоты. Коэффициент возврата теплоты многоступенчатой турбины.
12. Режимы работы паровой турбины. Работа турбины при переменном режиме.
13. Регулирование паровых турбин.
14. Статическая характеристика регулирования.
15. Регулируемые и нерегулируемые отборы пара в многоступенчатой паровой турбине. Стандартные параметры пара.
16. Теплофикация. Теплофикационные турбины.
17. Показатели экономичности паротурбинных установок.
18. Способы повышения эффективности цикла паротурбинной установки.
19. Газотурбинные установки в энергетике.
20. Схемы ГТУ.
21. Регулирование ГТУ.
22. Автоматические защиты ГТУ.
23. Парогазовые установки. Преимущества и место ПГУ в энергетике.
24. Газопоршневые двигатели в энергетике.
25. Дизель-генераторные установки.

### **8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена**

1. Классификация, рабочие параметры и область применения нагнетателей.
2. Устройство и принцип работы центробежного нагнетателя.
3. Теоретический напор центробежного колеса.
4. Степень реактивности центробежного колеса. Типы рабочих колес.
5. Ступень центробежного нагнетателя. Типы ступеней.
6. Действительное течение среды в центробежном колесе. Влияние конечного числа
  1. лопастей на напор колеса.
7. Потери в проточной части центробежного нагнетателя. КПД, мощность.
8. Действительные характеристики центробежного нагнетателя.
9. Подобие центробежных машин. Пересчет характеристик.
10. Безразмерные параметры центробежных нагнетателей. Безразмерные характеристики.
11. Коэффициент быстроходности. Удельное число оборотов.
12. Схема и принцип работы осевого нагнетателя.
13. Решетки профилей и кинематика потока осевой ступени.
14. Многоступенчатые осевые машины. Конструктивные схемы.
15. Регулирование производительности лопастных нагнетателей.
16. Работа лопастных нагнетателей на сеть. Устойчивые и неустойчивые режимы работы.
17. Помпаж и способы борьбы с ним.
18. Работа лопастных нагнетателей на сеть. Параллельное и последовательное соединение нагнетателей.
19. Осевые и радиальные силы в центробежных нагнетателях. Способы компенсации.
20. Подводы и отводы центробежных нагнетателей.
21. Устройство и принцип работы роторных нагнетателей.
22. Устройство и принцип работы струйных нагнетателей.
23. Компрессорный процесс. Способы повышения энергетической эффективности сжатия газа.

2. Многоступенчатое сжатие. Выбор оптимальной степени повышения давления в многоступенчатом компрессоре.
24. Охлаждение компрессорных машин.
25. КПД компрессора.
26. Принципиальная схема, принцип работы и область применения поршневых компрессоров.
27. Индикаторная диаграмма поршневого компрессора.
28. Рабочие параметры поршневых компрессоров.
29. Основные конструктивные схемы поршневых компрессоров.
30. Регулирование производительности поршневых компрессоров.
31. Схема поршневой компрессорной установки.
32. Центробежные компрессоры. Схемы, рабочие параметры и область применения.
33. Схема центробежной компрессорной установки.
34. Винтовые компрессоры. Схемы, рабочие параметры и область применения.
35. Схема винтовой компрессорной установки.
36. Осевые компрессоры. Схемы, рабочие параметры и область применения.
37. Кавитация в насосах. Влияние кавитации на характеристики насосов.
38. Расчет допустимой высоты всасывания насоса.
39. Классификация и применение насосов в энергетике.
40. Конструкции и рабочие параметры насосов общего назначения.
41. Конструкции и рабочие параметры питательных насосов.
42. Конструкции и рабочие параметры конденсатных насосов.
43. Конструкции и рабочие параметры сетевых насосов.
44. Конструкции и рабочие параметры циркуляционных насосов.
45. Способы регулирования лопастных насосов.
46. Выбор насоса.
47. Схема насосной установки.
48. Классификация и применение вентиляторов в энергетике.
49. Основные конструктивные элементы и рабочие параметры центробежных вентиляторов.
50. Самотяга вентиляционной системы и ее влияние на параметры тягодутьевых машин.
51. Влияние механических примесей на работу вентилятора.
52. Основные конструктивные элементы и рабочие параметры центробежных вентиляторов.
53. Аэродинамические схемы вентиляторов. Безразмерные параметры и характеристики.
54. Способы регулирования тягодутьевых машин.
55. Выбор тягодутьевых устройств.

### **8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации**

Не используются

### **8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля**

Не используются.

### **8.3.8. Интернет-тренажеры**

Не используются.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Модуль</b> Насосное и тепломеханическое оборудование	<b>Код модуля</b> 1122025 № 6009, версия 1 (очная форма) № 6252, версия 1 (заочная форма полный срок) № 6298, версия 1 (заочная форма ускоренная)
<b>Образовательная программа</b> Теплоэнергетика и теплотехника	<b>Код ОП</b> 13.03.01/01.01
<b>Направление подготовки</b> Теплоэнергетика и теплотехника	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 13.03.01
<b>Уровень подготовки</b> бакалавриат	
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> 1 октября 2015 г., № 1081

Екатеринбург, 2016

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Подпись</b>
1	Павлюк Елена Юрьевна	к.т.н., доцент	доцент	Тепло- энергети- ки и теп- лотехни- ки	

**Руководитель модуля**

В.Г. Тупоногов

**Рекомендовано учебно-методическим советом Уральского энергетического института**

Председатель учебно-методического совета  
Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.

В.И. Денисенко

**Согласовано:**

Дирекция образовательных программ

Р.Х.Токарева



# **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ»**

## **1.1. Аннотация содержания дисциплины**

Дисциплина «Котельные установки и парогенераторы» изучается вместе с дисциплинами «Нагнетатели и тепловые двигатели», а также «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий» в одном модуле «Насосное и тепломеханическое оборудование» (вариативная часть ВУЗа). Эти дисциплины являются профилирующими при подготовке специалистов в области промышленной теплоэнергетики и энергообеспечения предприятий. Изучение дисциплины «Котельные установки и парогенераторы» предусматривает получение профессиональных знаний по принципам работы основного оборудования котельных и тепловых электрических станций – котлов.

Дисциплина «Котельные установки и парогенераторы» использует знания, полученные при изучении таких дисциплин, как «Физика», «Гидрогазодинамика», «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен», «Инженерная графика», «Прикладная механика».

Дисциплина «Котельные установки и парогенераторы» тесно связана со специальными техническими дисциплинами «Системы газоснабжения», «Котельные и тепловые сети», «Тепловые электрические станции».

Дисциплина «Котельные установки и парогенераторы» посвящена изучению основных видов органического топлива, основ теории горения, методов расчета котельных установок, процессов теплообмена и гидродинамики в паровых и водогрейных котлах.

## **1.2. Язык реализации программы – русский.**

## **1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций (в рамках освоения РО-Об ОП):

РО-Об: способность организовать в рамках организационно-управленческой деятельности эксплуатацию, сервисное обслуживание энерготехнологического оборудования, анализировать результаты деятельности производственного подразделения, разрабатывать организационно-технологическую и отчетную документацию

ПК-6 – способность участвовать в разработке оперативных планов работы производственных подразделений;

ДПК-1.5 – способность составлять организационно-технологическую документацию;

ДПК-2.6 – готовность организовать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- принципы работы и физические основы рабочих процессов, протекающих в котельных установках;

- конструкции современных котельных установок и парогенераторов;
- методику теплового расчета теплогенератора на органическом топливе;
- методику гидравлического расчета теплогенератора;
- методику аэродинамического расчета газовоздушного тракта котельной установки.
- основы проектирования и эксплуатации котельных установок.

Уметь:

- принимать обоснованные технические решения при проектировании котельных установок и парогенераторов;

- составлять материальный и тепловой балансы элементов тепловых схем котельных; выбирать основное и вспомогательное оборудование котельных;

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- владеть методикой теплотехнических испытаний котельных установок;
- проводить тепловой, гидравлический и аэродинамический расчеты котельных установок и парогенераторов.

#### 1.4. Объем дисциплины

Для очной формы обучения (учебный план № 6009)

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)	
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	5-й семестр	6-й семестр
1.	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>153</b>	<b>153</b>	<b>85</b>	<b>68</b>
2.	Лекции	68	68	34	34
3.	Практические занятия	68	68	34	34
4.	Лабораторные работы	17	17	17	0
5.	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>149</b>	<b>26,95</b>	<b>77</b>	<b>72</b>
6.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>22</b>	<b>2,58</b>	<b>Экзамен (18)</b>	<b>Зачет (4)</b>
7.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>324</b>	<b>182,53</b>	<b>180</b>	<b>144</b>
8.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>9</b>		<b>5</b>	<b>4</b>

Для заочной формы с полным сроком обучения (учебный план № 6252)

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)	
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	7-й семестр	8-й семестр
1.	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>12</b>	<b>32</b>
2.	Лекции	22	22	6	16
3.	Практические занятия	16	16	6	10
4.	Лабораторные работы	6	6	0	6
5.	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>258</b>	<b>10,60</b>	<b>92</b>	<b>166</b>
6.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>22</b>	<b>2,58</b>	<b>Зачет (4)</b>	<b>Экзамен (18)</b>
7.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>324</b>	<b>57,18</b>	<b>108</b>	<b>216</b>
8.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>9</b>		<b>3</b>	<b>6</b>

Для заочной формы обучения по ускоренной программе (учебный план № 6298)

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)	
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	5-й семестр	6-й семестр
1.	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
2.	Лекции	10	10	6	4
3.	Практические занятия	10	10	6	4
4.	Лабораторные работы	4	4	0	4
5.	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>278</b>	<b>34,18</b>	<b>150</b>	<b>128</b>
6.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>22</b>	<b>2,58</b>	<b>Экзамен (18)</b>	<b>Зачет (4)</b>
7.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>324</b>	<b>7,6</b>	<b>180</b>	<b>144</b>
8.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>9</b>		<b>5</b>	<b>4</b>

\*Контактная работа составляет:

в п/п 2,3,4 - количество часов, равное объему соответствующего вида занятий;

в п.5 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на консультации в группе (15% от объема аудиторных занятий) и объема времени, выделенного преподавателю на руководство курсовой работой/проектом одного студента, если она предусмотрена.

в п.6 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на проведение соответствующего вида промежуточной аттестации одного студента и объема времени, выделенного в рамках дисциплины на руководство проектом по модулю (если он предусмотрен) одного студента.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
<b>P1</b>	Котельные установки в системах энергохозяйств промышленных предприятий	Понятие котельной установки. Основные тенденции развития котельных установок. Принципиальная схема котельной установки.
<b>P2</b>	Тепловой и эксергетический балансы котла	Общее уравнение теплового баланса. Теплота, полезно затраченная на производство пара и воды. Расход топлива и КПД котла. Потери теплоты с уходящими газами. Потери теплоты от химической и механической неполноты сгорания. Потери теплоты от наружного охлаждения. Потери с физической теплотой шлака. Зависимость КПД котла от нагрузки. Эксергетический баланс котла. КПД котельной установки.
<b>P3</b>	Тепловой расчет поверхностей нагрева	Компоновка, тепловая схема котла и задачи теплового расчета. Теплообмен в топке. Полурадиационные и конвективные поверхности нагрева. Температурный напор. Коэффициент теплоотдачи конвекцией. Коэффициент теплоотдачи излуче-

		нием. Коэффициент теплопередачи. Интенсификация радиационного и конвективного теплообмена.
<b>P4</b>	Гидродинамика котла	Условия надежной работы элементов котла. Режимы, структура и параметры течения потока рабочего тела. Гидравлические сопротивления. Тепловая и гидравлическая разверка в системе труб. Гидравлические характеристики поверхностей нагрева. Гидродинамика котлов с естественной циркуляцией. Надежность режимов циркуляции.
<b>P5</b>	Аэродинамика газовоздушного тракта	Системы газовоздушного тракта. Основы аэродинамического расчета газовоздушного тракта. Аэродинамические сопротивления Аэродинамика дымовой трубы. Выбор тягодутьевых машин.
<b>P6</b>	Водный режим и качество пара котлов	Задачи водного режима. Требования к питательной воде и накипеобразование. Системы подготовки питательной воды. Водный режим барабанных котлов. Ступенчатое испарение. Продувка котла. Требования к чистоте пара. Причины загрязнения пара. Унос влаги с паром. Сепарация и промывка пара.
<b>P7</b>	Конструкции паровых котлов	Влияние единичной мощности, параметров пара и режимов работы на конструкцию парового котла. Котлы с естественной циркуляцией. Прямоточные котлы. Паровые котлы комбинированных энергоустановок. Котлы-утилизаторы газотурбинных установок. Передвижные котлы. Электрокотлы. Котлы для полупиковых и пиковых нагрузок.
<b>P8</b>	Испарительные поверхности нагрева	Тепловосприятие поверхностей нагрева парового котла. Гладкотрубные топочные экраны. Газоплотные сварные экраны.
<b>P9</b>	Пароперегреватели	Назначение и классификация пароперегревателей. Конвективные пароперегреватели. Радиационные и ширмовые пароперегреватели. Компоновка пароперегревателей. Регулирование температуры пара. Паровое регулирование. Методы газового регулирования.
<b>P10</b>	Низкотемпературные поверхности нагрева	Компоновка низкотемпературных поверхностей нагрева. Экономайзеры. Рекуперативные и регенеративные воздухоподогреватели. Условия работы низкотемпературных поверхностей нагрева. Методы повышения коррозионной стойкости воздухоподогревателей.
<b>P11</b>	Компоновка, металлоконструкции и тепловая изоляция парового котла	Компоновка паровых котлов. Каркасы паровых и водогрейных котлов. Назначение и конструкции обмуровок. Обмуровочные материалы. Тепловая изоляция. Прокладочные материалы. Основы теплового расчета обмуровки и тепловой изоляции.
<b>P12</b>	Абразивный износ, коррозия, загрязнение и очистка поверхностей нагрева	Абразивный износ. Коррозия металла элементов котла. Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева. Низкотемпературная коррозия поверхностей нагрева. Загрязнение и очистка поверхностей нагре-

		ва.
<b>P13</b>	Тепловые характеристики работы котлов при изменении режимов эксплуатации.	Изменение нагрузки котла. Изменение температуры питательной воды. Изменение воздушного режима котла. Изменение качества топлива. Совместные изменения режимов.
<b>P14</b>	Эксплуатация котельных агрегатов	Растопка и останов. Контроль за работой котельного агрегата. Выбор оптимальных режимов работы. Правила технической эксплуатации. Организация ремонтов. Теплотехнические испытания котельных установок.

### **3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ**

#### **3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины**











Раздел дисциплины		Аудиторные занятия (час.)		Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий																						
Код раздела, темы	Наименование раздела, темы	Всего по разделу, теме (час.)	Всего аудиторной работы (час.)	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего самостоятельной работы студентов (час.)	Подготовка к аудиторным занятиям (час.)					Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (коллич.)													
								Всего (час.)	Лекция	Практ., семинар, занятие	Лабораторное занятие	И/или семинар, семинар-конференция, коллоквиум (магистратура)	Всего (час.)	Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*	Проектная работа*	Расчетная работа, разработка программного продукта*	Расчетно-графическая работа*	Домашняя работа на иностранном языке*	Перевод иностранной литературы*	Курсовая работа*	Курсовой проект*			
1	Котельные установки в системах энергохозяйств промышленных предприятий	5,5	0,5	0,5			5	5	5																	
2	Тепловой и эксергетический балансы котла	102	6	1	1	4	96	60	10	10	40											1				
3	Тепловой расчет поверхностей нагрева	35	3	1	2		32	30	10	20												2	1			
4	Гидродинамика котла	16,5	1,5	0,5	1		15	15	5	10																
5	Аэродинамика газовоздушного тракта	16,5	1,5	0,5	1		15	15	5	10																
6	Водный режим и качество пара котлов	22	2	1	1		20	20	10	10																
7	Конструкции паровых котлов	11	1	1			10	10	10																	
8	Испарительные поверхности нагрева	16,5	1,5	0,5	1		15	15	5	10																
9	Пароперегреватели	22	2	1	1		20	20	10	10																
10	Низкотемпературные поверхности	22	2	1	1		20	20	10	10															12	
																										Зачет
																										Экзамен
																										Интегрированный экзамен по модулю
																										Проект по модулю

	нагрева																																						
11	Компоновка, металлоконструкции и тепловая изоляция парового котла	16,5	1,5	0,5	1		15	15	5	10																													
12	Абразивный износ, коррозия, загрязнение и очистка поверхностей нагрева	5,5	0,5	0,5			5	5	5																														
13	Тепловые характеристики работы котлов при изменении режимов эксплуатации.	5,5	0,5	0,5			5	5	5																														
14	Эксплуатация котельных агрегатов	5,5	0,5	0,5			5	5	5																														
	<b>Всего (час), без учета промежуточной аттестации:</b>	<b>302</b>	<b>24</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>278</b>	<b>240</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
	<b>Всего по дисциплине (час.):</b>	<b>324</b>	<b>24</b>				<b>300</b>																				В т.ч. промежуточная аттестация				<b>4</b>	<b>18</b>	<b>0</b>						

#### 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

##### 4.1. Лабораторные работы

Для очной формы обучения (учебный план № 6009)

Код раздела, темы	Номер работы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
P2	1	Тепловые испытания парового котла	5
P2	2	Тепловой баланс чугунного водяного экономайзера	4
P2	3	Тепловой баланс утилизатора теплоты продуктов сгорания	4
P2	4	Тепловые испытания водогрейного котла	4

**Всего: 17**

Для заочной формы с полным сроком обучения (учебный план № 6252)

Код раздела, темы	Номер работы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
P2	1	Тепловые испытания парового котла	2
P2	2	Тепловой баланс чугунного водяного экономайзера	2
P2	3	Тепловые испытания водогрейного котла	2

**Всего: 6**

Для заочной формы обучения по ускоренной программе (учебный план № 6298)

Код раздела, темы	Номер работы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
P2	1	Тепловые испытания парового котла	2
P2	2	Тепловые испытания водогрейного котла	2

**Всего: 4**

## 4.2. Практические занятия

Для очной формы обучения (учебный план № 6009)

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P2	1	Определение объемов и энтальпий продуктов сгорания	4
P2	2	Составление теплового баланса котла. Определение КПД котла и расчетного расхода топлива	6
P3	3	Расчет топки	10
P4	4	Элементы гидравлического расчета котла	6
P5	5	Элементы аэродинамического расчета котельной установки	6
P6	6	Решение задач на определение значения и характера жесткости и щелочности воды	4
P8	7	Расчет испарительных поверхностей	8
P9	8	Расчет пароперегревателей	10
P10	9	Расчет низкотемпературных поверхностей нагрева	8
P11	10	Расчет тепловой изоляции парового котла	6

**Всего:** 68

Для заочной формы полного срока обучения (учебный план № 6252)

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P2	1	Определение объемов и энтальпий продуктов сгорания	1
P2	2	Составление теплового баланса котла. Определение КПД котла и расчетного расхода топлива	1
P3	3	Расчет топки	2
P4	4	Элементы гидравлического расчета котла	2
P5	5	Элементы аэродинамического расчета котельной установки	2
P6	6	Решение задач на определение значения и характера жесткости и щелочности воды	2
P8	7	Расчет испарительных поверхностей	2
P9	8	Расчет пароперегревателей	2
P10	9	Расчет низкотемпературных поверхностей нагрева	2

**Всего:** 16

Для заочной формы по ускоренной программе (учебный план № 6298)

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P2	1	Составление теплового баланса котла. Определение КПД котла и расчетного расхода топлива	1
P3	2	Расчет топки	2
P4	3	Элементы гидравлического расчета котла	1
P5	4	Элементы аэродинамического расчета котельной установки	1

P6	5	Решение задач на определение значения и характера жесткости и щелочности воды	1
P8	6	Расчет испарительных поверхностей	1
P9	7	Расчет пароперегревателей	1
P10	8	Расчет низкотемпературных поверхностей нагрева	1
P11	9	Расчет тепловой изоляции парового котла	1

**Всего:** 10

### 4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

#### 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

*Домашняя работа №1.* Тепловой расчет поверхностей нагрева котла.

*Домашняя работа №2.* Гидравлический расчет котла.

*Домашняя работа №3.* Аэродинамический расчет газоздушного тракта котельной установки.

#### 4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено.

#### 4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено.

#### 4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

#### 4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

Не предусмотрено.

#### 4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено.

#### 4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов (курсовых работ)

Тепловой расчет котельного агрегата.

#### 4.3.8. Примерная тематика контрольных работ

*Для очной формы обучения*

1. Тепловой и эксергетический балансы котла.
2. Тепловой расчет поверхностей нагрева.
3. Низкотемпературные поверхности нагрева.
4. Эксплуатация котельных агрегатов.

*Для заочной формы с полным сроком обучения*

1. Тепловой и эксергетический балансы котла.
2. Тепловой расчет поверхностей нагрева.

*Для заочной формы обучения по ускоренной программе*

Тепловой расчет поверхностей нагрева.

#### 4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено.

## 5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения					Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента
Р2. Тепловой и эксергетический балансы котла		*			*						
Р3. Тепловой расчет поверхностей нагрева	*										

## 6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (Приложение 1)

## 7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2)

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1.Рекомендуемая литература

#### 9.1.1.Основная литература

1. Липов Ю. М. Котельные установки и парогенераторы / Ю. М. Липов, Ю. М. Третьяков. — Изд. 2-е, испр. — М. ; Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2005. — 592 с. (44 экз.).

#### 9.1.2.Дополнительная литература

1. Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация / Б.А. Соколов. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 432 с. (35 экз.).
2. Брюханов А.Н. Газифицированные котельные агрегаты: Учебник / А.Н. Брюханов, В.А. Кузнецов. М.: ИНФРА-М, 2005. 392 с. (16 экз.).
3. Маряхина В.С. Теплогенерирующие установки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.С. Маряхина. - Оренбург : ОГУ, 2014. - 104 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259259>.
4. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. ПБ 10-574-03 / [Электронный ресурс]. - Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2007. - 176 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57441>.

## 9.2. Методические разработки

1. Павлюк Е.Ю., Черепанова Е.В. Тепловой расчет котельного агрегата: Методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине «Котельные установки и парогенераторы» / Е.Ю. Павлюк, Е.В. Черепанова. – Екатеринбург: изд-во УрФУ, 2017. – 85 с.

2. Устройство паровых котельных агрегатов [Электронный ресурс] : методическая разработка / Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», Институт инженерно-экологических систем и сооружений и др. - Нижний Новгород : ННГАСУ, 2010. - 50 с. – Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427286>.

## 9.3. Программное обеспечение

Операционная система Windows XP.

Пакет Microsoft Office 2010 Professional (текстовый процессор Word, табличный процессор Excel, базы данных Access).

Математический процессор Mathcad.

Программа «Расчет параметров водяного пара».

## 9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru/>

2. Российская Государственная библиотека <http://www.rsl.ru/>

3. Российская национальная библиотека <http://www.nlr.ru/>

4. Государственная публичная научно-техническая библиотека России <http://www.gpntb.ru/>

5. Публичная интернет-библиотека <http://www.public.ru/>

6. Студенческая библиотека <http://www.lib.students.ru/>

7. Научная библиотека Санкт-Петербургского Государственного Университета <http://www.lib.pu.ru/>

8. Научная электронная библиотека <http://www.eLIBRARY.ru/>

## 9.5. Электронные образовательные ресурсы

Не используется



## **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием**

Для изучения лекционного материала предназначена специализированная аудитория Т-1002, оснащённая проектором с видеотерминала персонального компьютера на настенный экран.

Лабораторные работы проводятся в котлотурбинном цехе экспериментально-производственного комбината УрФУ, а также в специализированной аудитории Т-036, оснащённой:

- электронными лабораторными тензометрическими весами высокого класса точности;
- сушильным шкафом;
- муфельной печью.

к рабочей программе дисциплины «Котельные установки и парогенераторы»

**6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ  
В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины – 2,0.** Утвержден ученым советом Уральского энергетического института, протокол заседания ученого совета № 8 от 17.10.2016 г.

**6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

Для очной формы обучения (учебный план № 6009)

**V семестр**

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0,25</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Макс. оценка в баллах</b>
Посещение лекций (17)	V, 1-17	17
Контрольная работа №1	V, 6	40
Контрольная работа №2	V, 15	43
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0,6</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен*</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0,6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0,5</b>		
<b>Текущая аттестация на практических / семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
Посещение практических занятий (17)	V, 9-17	17
Выполнение домашней работы № 1	V, 9-17	40
Выполнение домашней работы № 2	V, 13	43
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1,0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрена</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0,25</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
Выполнение лабораторных работ (4)	V	20
Отчеты о выполнении лабораторных работ (4)	V	20
Защита отчетов	V	60
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – 1,0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – не предусмотрена</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0</b>		

## VI семестр

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0,5</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Макс. оценка в баллах</b>
Посещение лекций (17)	V, 1-17	17
Контрольная работа №1	V, 6	40
Контрольная работа №2	V, 15	43
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0,6</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен*</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0,6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0,5</b>		
<b>Текущая аттестация на практических / семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
Посещение практических занятий (17)	V, 9-17	17
Активная работа на практическом занятии	V, 9-17	51
Выполнение домашней работы № 3	V, 15	32
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1,0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрена</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – 0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – не предусмотрена</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0</b>		

### 6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсового проекта

<b>Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Макс. оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта – 0</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта – защиты – 1,0</b>		

### 6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины

<b>Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина</b>	<b>Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре</b>
Семестр V	0,6
Семестр VI	0,4

\*В случае проведения промежуточной аттестации по дисциплине (экзамена, зачета) методом тестирования используются официально утвержденные ресурсы: АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ, имеющие статус ЭОР УрФУ; ФЭПО ([www.fepo.rf](http://www.fepo.rf)); Интернет-тренажеры ([www.i-exam.ru](http://www.i-exam.ru)).

## 7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте ФЭПО <http://fepo.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте Интернет-тренажеры <http://training.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на портале СМУДС УрФУ.

В связи с отсутствием Дисциплины и ее аналогов, по которым возможно тестирование, на сайтах ФЭПО, Интернет-тренажеры и портале СМУДС УрФУ, тестирование в рамках НТК не проводится.

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## 8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

При проведении независимого тестового контроля как формы промежуточной аттестации применяется методика оценивания результатов, предлагаемая разработчиками тестов. Процентные показатели результатов независимого тестового контроля переводятся в баллы промежуточной аттестации по 100-балльной шкале в БРС:

- в случае балльной оценки по тесту (блокам, частям теста) переводится процент набранных баллов от общего числа возможных баллов по тесту;
- при отсутствии балльной оценки по тесту переводится процент верно выполненных заданий теста, от общего числа заданий.

## 8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.3.1. Примерные задания для проведения контрольных работ

#### *Для очной формы обучения (учебный план 6009)*

##### *Контрольная работа №1*

1) В топке котельного агрегата сжигается карагандинский уголь марки К состава:  $C^p = 54,7\%$ ;  $H^p = 3,3\%$ ;  $S^p = 0,8\%$ ;  $N^p = 0,8\%$ ;  $O^p = 4,8\%$ ;  $A^p = 27,6\%$ ;  $W^p = 8,0\%$ . Определить потери теплоты с уходящими газами из котлоагрегата, если известны коэффициент избытка воздуха за котлоагрегатом  $\alpha_{yx} = 1,43$ , объем уходящих газов на выходе из последнего газохода  $V_{yx} = 8,62 \text{ м}^3/\text{кг}$ , температура уходящих газов на выходе из последнего газохода  $\vartheta_{yx} = 150^\circ\text{C}$ , средняя объемная теплоемкость газов при постоянном давлении  $c_p^{yx} = 1,4 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{K})$ , температура воздуха в котельной  $t_b = 30^\circ\text{C}$ , средняя объемная теплоемкость воздуха при постоянном давлении  $c_p^b = 1,297 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{K})$  и потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива  $q_4 = 3\%$ .

2) В топке котельного агрегата сжигается кузнецкий уголь марки Д состава:  $C^p = 58,7\%$ ;  $H^p = 4,2\%$ ;  $S^p = 0,3\%$ ;  $N^p = 1,9\%$ ;  $O^p = 9,7\%$ ;  $A^p = 13,2\%$ ;  $W^p = 12,0\%$ . Определить в процентах и кДж/кг потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива, если известны температура топлива на входе в топку  $t_t = 20^\circ\text{C}$ , доля золы в шлаке и провале от содержания ее в топливе  $a_{\text{шл+пр}} = 80\%$ ; доля золы в уносе от содержания ее в топливе  $a_{\text{yh}} = 20\%$ ; содержание горючих в шлаке и провале  $\Gamma_{\text{шл+пр}} = 25\%$  и содержание горючих в уносе  $\Gamma_{\text{yh}} = 30\%$ .

3) Определить КПД брутто и нетто котельной установки, работающей на кузнецком угле марки Д состава:  $C^p = 58,7\%$ ;  $H^p = 4,2\%$ ;  $S^p = 0,3\%$ ;  $N^p = 1,9\%$ ;  $O^p = 9,7\%$ ;  $A^p = 13,2\%$ ;  $W^p = 12,0\%$ , если известен натуральный расход топлива  $B = 0,24 \text{ кг/с}$ , паропроизводительность котельного агрегата  $D = 18 \text{ кг/с}$ , давление перегретого пара  $p_{\text{пп}} = 4 \text{ МПа}$ , температура перегретого пара  $t_{\text{пп}} = 450^\circ\text{C}$ , температура питательной воды  $t_{\text{пв}} = 140^\circ\text{C}$ , величина непрерывной продувки  $p = 3\%$ ; расход пара на собственные нужды котельной  $D_{\text{сн}} = 0,01 \text{ кг/с}$  и давление пара, расходуемого на собственные нужды,  $p_{\text{сн}} = 0,5 \text{ МПа}$ .

4) Определить количество вырабатываемого пара давлением  $P=4$  МПа и температурой перегретого пара  $t_{пп}=440^{\circ}\text{C}$  при сжигании в котле природного газа с расходом  $V=8000$  м<sup>3</sup>/ч при коэффициенте избытка воздуха в уходящих газах  $\alpha_{yx}=1,4$  и температуре  $t_{yx}=160^{\circ}\text{C}$ . Состав газа:  $\text{CH}_4=62\%$ ;  $\text{CO}=32\%$ ;  $\text{H}_2=2\%$ ; остальное –  $\text{N}_2$ . В расчетах принять  $c_r=1,5$  кДж/(м<sup>3</sup>·К);  $q_5=0,8\%$ ;  $q_3=0\%$ .

#### Контрольная работа №2

1) Определить количество теплоты (в расчете на 1 кг топлива), переданной лучевоспринимающим поверхностям топки котельного агрегата, работающего на донецком каменном угле марки Т состава:  $\text{C}^p = 62,7\%$ ;  $\text{H}^p = 3,1\%$ ;  $\text{S}^p = 2,8\%$ ;  $\text{N}^p = 0,9\%$ ;  $\text{O}^p = 1,7\%$ ;  $\text{A}^p = 23,8\%$ ;  $\text{W}^p = 5,0\%$ . Температура воздуха в котельной  $t_b = 30^{\circ}\text{C}$ , температура горячего воздуха  $t_{г.в} = 300^{\circ}\text{C}$ , коэффициент избытка воздуха в топке  $\alpha_t = 1,25$ , присосы воздуха в топочной камере  $\Delta\alpha_t = 0,05$ , температура газов на выходе из топки  $\vartheta_t'' = 1100^{\circ}\text{C}$ , потери теплоты от химической неполноты сгорания топлива  $q_3 = 0,6\%$ , потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива  $q_4 = 3\%$  и потери с физической теплотой шлака  $q_6 = 0,4\%$ .

2) Определить лучевоспринимающую поверхность нагрева топки котельного агрегата паропроизводительностью  $D = 4,09$  кг/с, работающего на природном газе «Бухара-Урал», если известны давление перегретого пара  $p_{пп} = 4$  МПа, температура перегретого пара  $t_{пп} = 425^{\circ}\text{C}$ , температура питательной воды  $t_{п.в} = 130^{\circ}\text{C}$ , величина непрерывной продувки  $p = 3\%$ , КПД котлоагрегата (брутто)  $\eta_{КА}^{бр} = 90\%$ , температура воздуха в котельной  $t_b = 30^{\circ}\text{C}$ , температура горячего воздуха  $t_{г.в} = 250^{\circ}\text{C}$ , коэффициент избытка воздуха в топке  $\alpha_t = 1,15$ , присосы воздуха в топочной камере  $\Delta\alpha_t = 0,05$ , теоретическая температура горения топлива в топке  $\vartheta_t = 2040^{\circ}\text{C}$ , температура газов на выходе из топки  $\vartheta_t'' = 1000^{\circ}\text{C}$ , коэффициент, учитывающий тепловое сопротивление загрязнения или закрытие экрана изоляцией  $\zeta = 0,65$ , коэффициент, зависящий от относительного местоположения максимума температуры в топке  $M = 0,44$ , потери теплоты от химической неполноты сгорания топлива  $q_3 = 1\%$  и потери теплоты в окружающую среду  $q_5 = 1\%$ .

#### Контрольная работа №3

1) Определить количество теплоты (в расчете на 1 кг топлива), воспринятой водой в экономайзере котельного агрегата, работающего на малосернистом мазуте состава:  $\text{C}^p = 84,65\%$ ;  $\text{H}^p = 11,7\%$ ;  $\text{S}^p = 0,3\%$ ;  $\text{O}^p = 0,3\%$ ;  $\text{A}^p = 0,05\%$ ;  $\text{W}^p = 3,0\%$ . Температура газов на входе в экономайзер  $\vartheta'_{взк} = 330^{\circ}\text{C}$ , температура газов на выходе из экономайзера  $\vartheta''_{взк} = 180^{\circ}\text{C}$ , коэффициент избытка воздуха за экономайзером  $\alpha_{взк} = 1,3$ , присосы воздуха в газоходе экономайзера  $\Delta\alpha_{взк} = 0,1$ , температура воздуха в котельной  $t_b = 30^{\circ}\text{C}$  и потери теплоты в окружающую среду  $q_5 = 1\%$ .

2) Рассчитать контактный экономайзер, установленный за котлом ДКВР-16. Топливо – газ северных месторождений, сжигаемый с коэффициентом избытка воздуха  $\alpha = 1,4$ . Температура уходящих газов за котлом  $170^{\circ}\text{C}$ , начальная температура нагреваемой воды  $15^{\circ}\text{C}$ , температура воды на входе в распределитель  $25^{\circ}\text{C}$ , температура уходящих газов за экономайзером  $42^{\circ}\text{C}$ . Расход топлива на котел  $1100$  м<sup>3</sup>/ч. Коэффициенты теплопередачи в насадке и в поверхностном теплообменнике принять равными  $500$  Вт/м<sup>2</sup>·К.

Характеристики газа:

теоретический объем воздуха  $V^0 = 9,49$  м<sup>3</sup> / м<sup>3</sup>;

теоретический объем азота  $V_{\text{N}_2}^0 = 7,51$  м<sup>3</sup> / м<sup>3</sup>;

объем трехатомных газов  $V_{\text{RO}_2} = 1$  м<sup>3</sup> / м<sup>3</sup>;

теоретический объем водяных паров  $V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 2,14$  м<sup>3</sup> / м<sup>3</sup>.

#### Контрольная работа №4

**Задание:** Из-за неправильных действий эксплуатационного персонала на производстве могут произойти аварии, в т. ч. и такие серьезные, как взрывы. Чтобы этого не произошло, персонал обязан следовать инструкциям по эксплуатации. В котельной, например, за правильность составления инструкций отвечают инженер по охране труда и начальник котельной. Для пуска котельного оборудования в работу составляется отдельная инструкция, в которой четко прописана последовательность действий оператора котла. Проставьте правильный порядок действий оператора при пуске в работу парового газового котла от 1 до 12 (1 – первое действие, 12 – последнее).

Действия оператора котла	Порядок действий
Взять пробу газа из пробоотборника в ведро с мыльной эмульсией. Отнести ведро в сторону и поджечь, если газ загорится с хлопком – продолжить продувку. Если газ загорится спокойно – закрыть продувочную свечу газопровода котла.	
После розжига горелок закрыть вентили на продувочных свечах, закрыть кран на запальнике.	
Убедиться в готовности газового оборудования и в правильном положении всех задвижек и вентилях.	
Произвести включение котла в паровую магистраль.	
При достижении давления пара 0,5–1,0 ати продуть водоуказательные стекла.	
Провентилировать топку в течение 15 минут путем включения дымо-соса и вентилятора.	
Закрывать вентиль воздушника на верхнем барабане котла, когда через него пойдет водяной пар под небольшим давлением.	
Произвести зажигание каждой горелки газовым запальником.	
При давлении в котле 3–5 ати подпитать котел водой и произвести продувку через нижние точки (нижние коллекторы экранов). При продувке следить за уровнем воды и периодически подпитывать котел, не упуская воду ниже допустимого нижнего уровня по водомерному стеклу.	
Приступить к подаче газа на горелку.	
Включить в работу систему блокировки и защиты.	
Убедиться в отсутствии людей на котле и на крыше возле выхлопа продувочных и сбросных свечей, а также возле выхлопов взрывных клапанов. Открыть медленно отключающую газ задвижку и продуть газопровод котла в течение 10–15 минут через продувочную свечу.	

#### Для заочной формы полного срока обучения (учебный план 6252)

##### Контрольная работа №1

1) В топке котельного агрегата сжигается карагандинский уголь марки К состава:  $C^p = 54,7\%$ ;  $H^p = 3,3\%$ ;  $S^p = 0,8\%$ ;  $N^p = 0,8\%$ ;  $O^p = 4,8\%$ ;  $A^p = 27,6\%$ ;  $W^p = 8,0\%$ . Определить потери теплоты с уходящими газами из котлоагрегата, если известны коэффициент избытка воздуха за котлоагрегатом  $\alpha_{yx} = 1,43$ , объем уходящих газов на выходе из последнего газохода  $V_{yx} = 8,62 \text{ м}^3/\text{кг}$ , температура уходящих газов на выходе из последнего газохода  $\vartheta_{yx} = 150^\circ\text{C}$ , средняя объемная теплоемкость газов при постоянном давлении  $c_p^{yx} = 1,4 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{K})$ , температура воздуха в котельной  $t_b = 30^\circ\text{C}$ , средняя объемная теплоемкость



воздуха при постоянном давлении  $c_p^B = 1,297$  кДж/(м<sup>3</sup>·К) и потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива  $q_4 = 3\%$ .

2) В топке котельного агрегата сжигается кузнецкий уголь марки Д состава:  $C^P = 58,7\%$ ;  $H^P = 4,2\%$ ;  $S^P = 0,3\%$ ;  $N^P = 1,9\%$ ;  $O^P = 9,7\%$ ;  $A^P = 13,2\%$ ;  $W^P = 12,0\%$ . Определить в процентах и кДж/кг потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива, если известны температура топлива на входе в топку  $t_T = 20$  °С, доля золы в шлаке и провале от содержания ее в топливе  $a_{\text{шл+пр}} = 80\%$ ; доля золы в уносе от содержания ее в топливе  $a_{\text{yh}} = 20\%$ ; содержание горючих в шлаке и провале  $\Gamma_{\text{шл+пр}} = 25\%$  и содержание горючих в уносе  $\Gamma_{\text{yh}} = 30\%$ .

3) Определить КПД брутто и нетто котельной установки, работающей на кузнецком угле марки Д состава:  $C^P = 58,7\%$ ;  $H^P = 4,2\%$ ;  $S^P = 0,3\%$ ;  $N^P = 1,9\%$ ;  $O^P = 9,7\%$ ;  $A^P = 13,2\%$ ;  $W^P = 12,0\%$ , если известен натуральный расход топлива  $B = 0,24$  кг/с, паропроизводительность котельного агрегата  $D = 18$  кг/с, давление перегретого пара  $p_{\text{пп}} = 4$  МПа, температура перегретого пара  $t_{\text{пп}} = 450$  °С, температура питательной воды  $t_{\text{пв}} = 140$  °С, величина непрерывной продувки  $p = 3\%$ ; расход пара на собственные нужды котельной  $D_{\text{сн}} = 0,01$  кг/с и давление пара, расходуемого на собственные нужды,  $p_{\text{сн}} = 0,5$  МПа.

4) Определить количество вырабатываемого пара давлением  $P=4$  МПа и температурой перегретого пара  $t_{\text{пп}}=440$ °С при сжигании в котле природного газа с расходом  $V=8000$  м<sup>3</sup>/ч при коэффициенте избытка воздуха в уходящих газах  $\alpha_{\text{yx}}=1,4$  и температуре  $t_{\text{yx}}=160$ °С. Состав газа:  $\text{CH}_4=62\%$ ;  $\text{CO}=32\%$ ;  $\text{H}_2=2\%$ ; остальное –  $\text{N}_2$ . В расчетах принять  $c_p=1,5$  кДж/(м<sup>3</sup>·К);  $q_5=0,8\%$ ;  $q_3=0\%$ .

### Контрольная работа №2

1) Определить количество теплоты (в расчете на 1 кг топлива), переданной лучевоспринимающим поверхностям топки котельного агрегата, работающего на донецком каменном угле марки Т состава:  $C^P = 62,7\%$ ;  $H^P = 3,1\%$ ;  $S^P = 2,8\%$ ;  $N^P = 0,9\%$ ;  $O^P = 1,7\%$ ;  $A^P = 23,8\%$ ;  $W^P = 5,0\%$ . Температура воздуха в котельной  $t_b = 30$  °С, температура горячего воздуха  $t_{\text{г.в}} = 300$  °С, коэффициент избытка воздуха в топке  $\alpha_T = 1,25$ , присосы воздуха в топочной камере  $\Delta\alpha_T = 0,05$ , температура газов на выходе из топки  $\vartheta_T'' = 1100$  °С, потери теплоты от химической неполноты сгорания топлива  $q_3 = 0,6\%$ , потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива  $q_4 = 3\%$  и потери с физической теплотой шлака  $q_6 = 0,4\%$ .

2) Определить лучевоспринимающую поверхность нагрева топки котельного агрегата паропроизводительностью  $D = 4,09$  кг/с, работающего на природном газе «Бухара-Урал», если известны давление перегретого пара  $p_{\text{п.п}} = 4$  МПа, температура перегретого пара  $t_{\text{п.п}} = 425$  °С, температура питательной воды  $t_{\text{п.в}} = 130$  °С, величина непрерывной продувки  $p = 3\%$ , КПД котлоагрегата (брутто)  $\eta_{\text{КА}}^{\text{бр}} = 90\%$ , температура воздуха в котельной  $t_b = 30$  °С, температура горячего воздуха  $t_{\text{г.в}} = 250$  °С, коэффициент избытка воздуха в топке  $\alpha_T = 1,15$ , присосы воздуха в топочной камере  $\Delta\alpha_T = 0,05$ , теоретическая температура горения топлива в топке  $\vartheta_T = 2040$  °С, температура газов на выходе из топки  $\vartheta_T'' = 1000$  °С, коэффициент, учитывающий тепловое сопротивление загрязнения или закрытие экрана изоляцией  $\zeta = 0,65$ , коэффициент, зависящий от относительного местоположения максимума температуры в топке  $M = 0,44$ , потери теплоты от химической неполноты сгорания топлива  $q_3 = 1\%$  и потери теплоты в окружающую среду  $q_5 = 1\%$ .

### Для заочной формы ускоренного обучения (учебный план 6298)

#### Контрольная работа №1

1) Определить количество теплоты (в расчете на 1 кг топлива), переданной лучевоспринимающим поверхностям топки котельного агрегата, работающего на донецком каменном угле марки Т состава:  $C^p = 62,7\%$ ;  $H^p = 3,1\%$ ;  $S^p = 2,8\%$ ;  $N^p = 0,9\%$ ;  $O^p = 1,7\%$ ;  $A^p = 23,8\%$ ;  $W^p = 5,0\%$ . Температура воздуха в котельной  $t_b = 30\text{ }^\circ\text{C}$ , температура горячего воздуха  $t_{г.в} = 300\text{ }^\circ\text{C}$ , коэффициент избытка воздуха в топке  $\alpha_T = 1,25$ , присосы воздуха в топочной камере  $\Delta\alpha_T = 0,05$ , температура газов на выходе из топки  $\vartheta_T'' = 1100\text{ }^\circ\text{C}$ , потери теплоты от химической неполноты сгорания топлива  $q_3 = 0,6\%$ , потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива  $q_4 = 3\%$  и потери с физической теплотой шлака  $q_6 = 0,4\%$ .

2) Определить лучевоспринимающую поверхность нагрева топки котельного агрегата паропроизводительностью  $D = 4,09\text{ кг/с}$ , работающего на природном газе «Бухара-Урал», если известны давление перегретого пара  $p_{п.п} = 4\text{ МПа}$ , температура перегретого пара  $t_{п.п} = 425\text{ }^\circ\text{C}$ , температура питательной воды  $t_{п.в} = 130\text{ }^\circ\text{C}$ , величина непрерывной продувки  $p = 3\%$ , КПД котлоагрегата (брутто)  $\eta_{КА}^{бр} = 90\%$ , температура воздуха в котельной  $t_b = 30\text{ }^\circ\text{C}$ , температура горячего воздуха  $t_{г.в} = 250\text{ }^\circ\text{C}$ , коэффициент избытка воздуха в топке  $\alpha_T = 1,15$ , присосы воздуха в топочной камере  $\Delta\alpha_T = 0,05$ , теоретическая температура горения топлива в топке  $\vartheta_T = 2040\text{ }^\circ\text{C}$ , температура газов на выходе из топки  $\vartheta_T'' = 1000\text{ }^\circ\text{C}$ , коэффициент, учитывающий тепловое сопротивление загрязнения или закрытие экрана изоляцией  $\zeta = 0,65$ , коэффициент, зависящий от относительного местоположения максимума температуры в топке  $M = 0,44$ , потери теплоты от химической неполноты сгорания топлива  $q_3 = 1\%$  и потери теплоты в окружающую среду  $q_5 = 1\%$ .

### 8.3.2. Примерные задачи для проведения домашней работы

#### Для очной формы обучения (учебный план 6009)

##### Домашняя работа №1

**Задание:** Котельная, в которой Вы работаете, оборудована четырьмя котлами ДКВР-6,5-13 ГМ, сжигающими природный газ из газопровода Саратов-Москва. Температура газов за котлом  $280\text{ }^\circ\text{C}$ . Температура питательной воды  $105\text{ }^\circ\text{C}$ .

Руководством предприятия было принято решение установить за котлами водяные экономайзеры для снижения температуры уходящих газов до  $130\text{ }^\circ\text{C}$ . Вам поставлена задача выполнить тепловой конструкторский расчет экономайзера. Определить, какую экономию топлива в натуральном и денежном выражении можно получить от установки экономайзера в течение года, если котлы будут работать в номинальном режиме.

К установке принять чугунный экономайзер из труб типа ВТИ длиной 2 м. Коэффициент избытка воздуха перед экономайзером – 1,3; после – 1,4. Продувка – 10%. Топливо – природный газ с  $Q_H^p = 8550\text{ ккал/м}^3$ ,  $V^o = 9,52\text{ м}^3/\text{м}^3$ ,  $V_{H_2O}^o = 2,18\text{ м}^3/\text{м}^3$ ,  $V_{N_2} = 7,7\text{ м}^3/\text{м}^3$ ,  $V_{RO_2} = 1,04\text{ м}^3/\text{м}^3$ . Цена топлива – 3500 руб./тыс.м<sup>3</sup>.

##### Домашняя работа №2

Рассчитать простой фронтальной контур циркуляции котла марки ГМ-50-14.

Конструктивные данные к расчету циркуляции:

Наименование величины	Подъемные трубы	Опускные трубы
Диаметр, толщина стенки трубы $d_n \times s$ , мм	60 x 3	120 x 3
Число труб $n$ , шт.	35	3

Сечение трубы $f$ , м <sup>2</sup>	0,00229	0,01021
Полная длина труб $L$ , м	13,8	12,2
Высота труб до обогрева $H_{до}$ , м	0,6	—
Полезная высота $H_{пол}$ , м	9	—
Высота после обогрева $H_{пос}$ , м	2	—
Полная высота труб $H$ , м	11,6	11,0
Углы поворота подъемных труб:		
$\alpha_1^{под}$ , град	75	—
$\alpha_2^{под}$ , град	105	—
$\alpha_3^{под}$ , град	130	—
$\alpha_4^{под}$ , град	130	—
$\alpha_5^{под}$ , град	90	—
Углы поворота опускных труб:		
$\alpha_1^{оп}$ , град	—	145
$\alpha_2^{оп}$ , град	—	145
$\alpha_3^{оп}$ , град	—	105
Углы наклона подъемных труб к горизонтالي:		
$\alpha_1$ , град	75	—
$\alpha_2$ , град	15	—
$\alpha_3$ , град	90	—
$\alpha_4$ , град	40	—
$\alpha_5$ , град	90	—
Угол между входными и выходными трубами коллектора $\alpha_k$ , град	95	
Диаметр, толщина стенки коллекторов $d_k \times s$ , мм	219x 16	

### Домашняя работа №3

**Задание.** В котельной предприятия, сотрудником которого Вы являетесь, установлены паровые котлы, которые работают с ручным регулированием по воздуху (без регуляторов экономичности). Руководством предприятия было принято решение установить на всех котлах регуляторы экономичности.

Число котлов – 6 (пять рабочих, один резервный); для каждого котла полезно использованная теплота  $Q_{пол} = 64086800$  ккал/час ( $D_{пп} = 100$  т/ч;  $P_{пп} = 4$  МПа;  $t_{пп} = 440^\circ\text{C}$ ;  $t_{пв} = 150^\circ\text{C}$ ). В ручном режиме среднее содержание кислорода в дымовых газах в топке составляет 6 %. При установке регулятора экономичности коэффициент избытка воздуха в топке составит  $\alpha_T = 1,1$ .

Топливо – природный газ с  $Q_H^p = 8770$  ккал/м<sup>3</sup>,  $V^o = 9,73$  м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>,  $V_{H_2O}^o = 2,18$  м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>,  $V_{N_2} = 7,7$  м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>,  $V_{RO_2} = 1,04$  м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Потери  $q_3 = 0,5$  %;  $q_5 = 0,7$  %. Присосы воздуха по газоходам  $\Delta\alpha = 0,08$ . Температуры уходящих дымовых газов составляют: в режиме с регулятором  $t_{yx} = 130^\circ\text{C}$ ; в ручном режиме –  $t_{yx} = 140^\circ\text{C}$ . Сопротивление воздушного тракта в режиме с регулятором составляет 2000 Па, в ручном режиме – на 10% больше. Сопротивление газового тракта составляет в режиме с регулятором 2500 Па, в ручном режиме – на 15% больше.

КПД вентилятора и дымососа составляет  $\eta_v = \eta_d = 0,7$  постоянно. Число часов работы котлов в году принять 5000 часов.

Стоимость природного газа – 3500 руб. за 1000 м<sup>3</sup>, а эл. энергии – 1,5 руб за 1 кВт·ч. Определите экономию энергетических ресурсов в натуральном и денежном выражении при переводе котлов с ручного режима регулирования по воздуху (2-й режим) в режим с регулятором экономичности воздуха (1-й режим).

### 8.3.3. Примерные задания для выполнения курсового проекта

Произвести поверочный тепловой расчет котла в соответствии с Нормативным методом теплового расчета котлоагрегатов. Исходные данные для проектирования:

1. Марка котла: ДЕ, ГМ, КВГМ и др;
2. Чертежи котлоагрегата, по которым определяют размеры топочной камеры, площадь поверхности нагрева отдельных элементов и их конструктивные данные (диаметр труб, их число и расположение, продольный и поперечный шаг, проходные сечения для продуктов сгорания и рабочей среды, размеры газоходов);
3. Месторождение и марку топлива;
4. Для паровых котлов: номинальная паропроизводительность, давление и температура перегретого пара. Для водогрейных котлов: номинальная тепловая мощность, температура воды в прямой и обратной линии;
5. Давление и температура питательной воды на входе в водяной экономайзер (для паровых котлов);
6. Процент непрерывной продувки (для паровых котлов).

### 8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

- 1) Гладкотрубные топочные экраны.
- 2) Газоплотные сварные экраны.
- 3) Назначение и классификация пароперегревателей.
- 4) Конвективные пароперегреватели.
- 5) Радиационные и ширмовые пароперегреватели.
- 6) Компоновка пароперегревателей.
- 7) Регулирование температуры пара. Паровое регулирование. Методы газового регулирования.
- 8) Компоновка низкотемпературных поверхностей нагрева.
- 9) Экономайзеры.
- 10) Рекуперативные и регенеративные воздухоподогреватели.
- 11) Условия работы низкотемпературных поверхностей нагрева. Методы повышения коррозионной стойкости воздухоподогревателей.
- 12) Компоновка паровых котлов.
- 13) Каркасы паровых и водогрейных котлов.
- 14) Назначение и конструкции обмуровок. Обмуровочные материалы. Тепловая изоляция. Прокладочные материалы. Основы теплового расчета обмуровки и тепловой изоляции.
- 15) Абразивный износ поверхностей нагрева.
- 16) Коррозия металла элементов котла.
- 17) Высокотемпературная коррозия поверхностей нагрева.
- 18) Низкотемпературная коррозия поверхностей нагрева.
- 19) Загрязнение и очистка поверхностей нагрева.
- 20) Изменение нагрузки котла.
- 21) Изменение температуры питательной воды.
- 22) Изменение воздушного режима котла.
- 23) Изменение качества топлива.
- 24) Совместные изменения режимов.
- 25) Растопка и останов котла.
- 26) Контроль за работой котельного агрегата.
- 27) Выбор оптимальных режимов работы.

- 28) Правила технической эксплуатации.
- 29) Организация ремонтов.
- 30) Теплотехнические испытания котельных установок.

### 8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

- 1) Понятие котельной установки.
- 2) Принципиальная схема котельной установки.
- 3) Коэффициент избытка воздуха: определение, порядок величины  $\alpha$  в топке при сжигании различных видов топлива.
- 4) Энтальпия воздуха и продуктов сгорания (знать формулы).
- 5) Адиабатическая температура горения.
- 6) Общее уравнение теплового баланса. Теплота, полезно затраченная на производство пара и воды. Расход топлива и КПД котла.
- 7) Потери теплоты с уходящими газами.
- 8) Потери теплоты от химической и механической неполноты сгорания.
- 9) Потери теплоты от наружного охлаждения.
- 10) Потери с физической теплотой шлака.
- 11) Зависимость КПД котла от нагрузки.
- 12) Эксергетический баланс котла.
- 13) Интенсификация радиационного и конвективного теплообмена.
- 14) Топка: определение, классификация.
- 15) Слоевые топки.
- 16) Топки с кипящим слоем.
- 17) Камерные топки.
- 18) Забрасыватели топлива.
- 19) Классификация котлов.
- 20) Понятие кратности циркуляции.
- 21) Типы циркуляции воды и пароводяной смеси в котлах.
- 22) Режимы, структура и параметры течения потока рабочего тела.
- 23) Гидравлические сопротивления. Тепловая и гидравлическая разверка в системе труб. Гидравлические характеристики поверхностей нагрева.
- 24) Гидродинамика котлов с естественной циркуляцией. Надежность режимов циркуляции.
- 25) Системы газоздушного тракта. Основы аэродинамического расчета газоздушного тракта. Аэродинамические сопротивления.
- 26) Назначение и виды тягодутьевых устройств.
- 27) Схемы подачи воздуха и удаления продуктов сгорания в котельных установках.
- 28) Регулирование производительности тягодутьевого оборудования.
- 29) Что такое самотяга и как ее посчитать?
- 30) Дымовые трубы: назначение, виды, проблемы эксплуатации.
- 31) Задачи водного режима. Требования к питательной воде и накипеобразование. Системы подготовки питательной воды. Водный режим барабанных котлов. Ступенчатое испарение. Продувка котла. Требования к чистоте пара. Причины загрязнения пара. Унос влаги с паром. Сепарация и промывка пара. Как рассчитать величину непрерывной продувки?
- 32) Термическая деаэрация.
- 33) Устройство и работа деаэрационной колонки.
- 34) Элементы парового водотрубного котла.
- 35) Арматура котельной установки.
- 36) Сепарационные устройства.
- 37) Гарнитура котла.
- 38) Котлы с естественной циркуляцией.
- 39) Прямоточные котлы.
- 40) Паровые котлы комбинированных энергоустановок.

- 41) Котлы-утилизаторы газотурбинных установок.
- 42) Передвижные котлы.
- 43) Электрокотлы.
- 44) Котлы для полупиковых и пиковых нагрузок.

**8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации**

Не используются

**8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля**

Не используются.

**8.3.8. Интернет-тренажеры**

Не используются.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Модуль</b> Насосное и тепломеханическое оборудование	<b>Код модуля</b> 1122025 № 6009, версия 1 (очная форма) № 6252, версия 1 (заочная форма полный срок) № 6298, версия 1 (заочная форма ускоренная)
<b>Образовательная программа</b> Теплоэнергетика и теплотехника	<b>Код ОП</b> 13.03.01/01.01
<b>Направление подготовки</b> Теплоэнергетика и теплотехника	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 13.03.01
<b>Уровень подготовки</b> бакалавриат	
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> 1 октября 2015 г., № 1081

Екатеринбург, 2016

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Тупоногов Владимир Геннадьевич	д.т.н., доцент	профессор	Тепло- энергети- ки и теп- лотехни- ки	

**Руководитель модуля**

В.Г. Тупоногов

**Рекомендовано учебно-методическим советом Уральского энергетического института**

Председатель учебно-методического совета  
Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.

В.И. Денисенко

**Согласовано:**

Дирекция образовательных программ

Р.Х.Токарева



# **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ»**

## **1.1. Аннотация содержания дисциплины**

Дисциплина «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий» изучается вместе с дисциплинами «Котельные установки и парогенераторы», а также «Нагнетатели и тепловые двигатели» в одном модуле «Насосное и тепломеханическое оборудование» (вариативная часть ВУЗа). Эти дисциплины являются профилирующими при подготовке специалистов в области промышленной теплоэнергетики и энергообеспечения предприятий. Изучение дисциплины «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий» предусматривает получение профессиональных знаний по конструкциям и методикам расчета тепломассообменных установок и оборудования, используемого в энергетических, металлургических, химико-технологических и других отраслях промышленности.

Дисциплина «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий» использует знания, полученные при изучении таких дисциплин, как гидрогазодинамика, тепломассообмен, инженерная графика, прикладная механика.

Дисциплина «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий» тесно связана со специальными техническими дисциплинами «Котельные установки и парогенераторы», «Технологические энергоносители промышленных предприятий».

Дисциплина «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий» посвящена изучению основных типов и конструкций тепломассообменного оборудования предприятий и области их применения, основных физико-химических процессов, протекающих в элементах тепломассообменного оборудования, физических законов, которым они подчиняются и моделей для их описания, основных положений механики материалов и конструкций, методов, используемых в расчетах прочностных характеристик тепломассообменного оборудования. Рассматриваются вопросы подбора тепломассообменного оборудования, выпускаемого отечественными и зарубежными предприятиями, в соответствии с его функциональным назначением и требуемыми характеристиками. Изучаются основы проектирования тепломассообменного оборудования.

## **1.2. Язык реализации программы – русский.**

## **1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций (в рамках освоения РО-О6 ОП):

РО-О6: способность организовать в рамках организационно-управленческой деятельности эксплуатацию, сервисное обслуживание энерготехнологического оборудования, анализировать результаты деятельности производственного подразделения, разрабатывать организационно-технологическую и отчетную документацию

ПК-6 – способность участвовать в разработке оперативных планов работы производственных подразделений;

ДПК-1.5 – способность составлять организационно-технологическую документацию;

ДПК-2.6 – готовность организовать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные теплоносители применяемые в тепломассообменном оборудовании, их свойства и характеристики;

- основные отечественные и зарубежные источники научно-технической информации по вопросам расчета, проектирования и использования тепломассообменного оборудования предприятий;
- основные типы и конструкции тепломассообменного оборудования предприятий и области их применения ;
- основные физико-химические процессы протекающих в элементах тепломассообменного оборудования, физические законы, которым они подчиняются и модели для их описания;

Знание основных положений механики материалов и конструкций, методов, используемых в расчетах прочностных характеристик тепломассообменного оборудования.

Уметь:

- проводить самостоятельную работу и принимать самостоятельные решения в вопросах проектирования тепломассообменного оборудования предприятий рамках своей профессиональной компетенции;
- выполнять эскизные, детализовочные, сборочные чертежи, технические схемы, в том числе с применением средств компьютерной графики;
- самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета тепломассообменного оборудования и применять их на практике для решения поставленной задачи ;
- проводить подбор тепломассообменного оборудования, выпускаемого отечественными и зарубежными предприятиями, в соответствии с его функциональным назначением и требуемыми характеристиками ;
- анализировать информацию о новых типах и конструкциях тепломассообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования ;
- использовать программы расчетов характеристик тепломассообменного оборудования; проводить энерго- и ресурсосберегающие мероприятия в установках, в состав которых входит тепломассообменное оборудование.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- выполнения расчетов процессов тепломассопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования;
  - использования методик проведения типовых расчетов трубопроводов, в том числе с помощью пакетов прикладных программ;
  - поиска информации о свойствах теплоносителей, используемых в тепломассообменном оборудовании;
  - работы с информацией о технических параметрах тепломассообменного оборудования, входящего в состав энергетических и технологических установок;
  - проведения тепловых, гидравлических и конструктивных расчетов теплообменного оборудования;
- проектирования элементов тепломассообменного оборудования с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием.

#### 1.4. Объем дисциплины

Для очной формы обучения (учебный план № 6009)

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)	
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	5-й семестр	
1.	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>119</b>	<b>119</b>	<b>119</b>	
2.	Лекции	68	68	68	
3.	Практические занятия	34	34	34	
4.	Лабораторные работы	17	17	17	
5.	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>151</b>	<b>21,85</b>	<b>151</b>	
6.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>18</b>	<b>2,33</b>	<b>Экзамен (18)</b>	
7.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>288</b>	<b>143,18</b>	<b>288</b>	
8.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>8</b>		<b>8</b>	

Для заочной формы с полным сроком обучения (учебный план № 6252)

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)	
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	6-й семестр	7-й семестр
1.	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>20</b>	<b>16</b>
2.	Лекции	18	18	10	8
3.	Практические занятия	18	18	10	8
4.	Лабораторные работы	0	0	0	0
5.	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>230</b>	<b>9,4</b>	<b>178</b>	<b>52</b>
6.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>22</b>	<b>2,58</b>	<b>Экзамен (18)</b>	<b>Зачет (4)</b>
7.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>288</b>	<b>47,98</b>	<b>216</b>	<b>72</b>
8.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>8</b>		<b>6</b>	<b>2</b>

Для заочной формы обучения по ускоренной программе (учебный план № 6298)

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)	
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	5-й семестр	6-й семестр
1.	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>6</b>
2.	Лекции	8	8	6	2
3.	Практические занятия	8	8	4	4
4.	Лабораторные работы	0	0	0	0
5.	<b>Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>250</b>	<b>6,4</b>	<b>116</b>	<b>134</b>
6.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>22</b>	<b>2,58</b>	<b>Экзамен (18)</b>	<b>Зачет (4)</b>
7.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>288</b>	<b>24,98</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
8.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>8</b>		<b>4</b>	<b>4</b>

\*Контактная работа составляет:

в п/п 2,3,4 - количество часов, равное объему соответствующего вида занятий;

в п.5 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на консультации в группе (15% от объема аудиторных занятий) и объема времени, выделенного преподавателю на руководство курсовой работой/проектом одного студента, если она предусмотрена.

в п.6 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на проведение соответствующего вида промежуточной аттестации одного студента и объема времени, выделенного в рамках дисциплины на руководство проектом по модулю (если он предусмотрен) одного студента.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	<b>Основные виды и классификация теплообменного оборудования</b>	Теплообменные и теплоемкообменные установки. Классификация аппаратов и установок по виду теплообмена, принципу действия и назначению. Рекуперативные, регенеративные, смешительные теплообменные аппараты; аппараты непрерывного и периодического действия; выпарные, сушильные, перегонные и ректификационные установки.
P2	<b>Теплоносители</b>	Требования к теплоносителям. Основные теплоносители: вода, пар, воздух, дымовые газы. Высокотемпературные теплоносители, антифризы и хладагенты. Области применения.
P3	<b>Рекуперативные теплообменные аппараты</b>	
P3.T1	<b>Конструкции и области применения рекуперативных теплообменных аппаратов</b>	Назначение и области применения рекуперативных теплообменников, их классификация. Основные конструкции: кожухотрубные, труба в трубе, секционные, спиральные, пластинчатые. Схемы движения теплоносителей. Показатели эффективности работы.

<b>Р3.Т2</b>	<b>Расчет рекуперативных теплообменных аппаратов</b>	Поверочный, тепловой конструктивный, гидравлический и прочностной расчеты теплообменных аппаратов. Проектирование элементов конструкции теплообменников: входных и выходных камер, трубных решеток, перегородок, разъемных соединений.
<b>Р3.Т3</b>	<b>Рекуперативные теплообменные аппараты с ребристыми поверхностями нагрева</b>	Виды оребренных теплопередающих поверхностей. Коэффициент оребрения. Приведенный коэффициент теплоотдачи оребренной поверхности. Расчет теплообменных аппаратов с ребристыми поверхностями нагрева.
<b>Р3.Т4</b>	<b>Интенсификация теплообмена</b>	Методы интенсификации теплообмена: профилированные трубки, турбулизация потока насадками, искусственная шероховатость поверхности; интенсификация при фазовых переходах. Конструкции современных кожухотрубных и пластинчатых теплообменных аппаратов.
<b>Р3.Т5</b>	<b>Кожухотрубные теплообменные аппараты периодического действия</b>	Области применения и конструкции аппаратов периодического действия. Последовательность теплового конструктивного расчета пароводяного водонагревателя аккумулятора. Сравнение работы кожухотрубных аппаратов непрерывного и периодического действия.
<b>Р4</b>	<b>Регенеративные теплообменные аппараты</b>	Область применения регенеративных теплообменников. Конструкции и принцип действия регенеративных теплообменников. Теплообменники с подвижной и неподвижной насадками. Характеристики применяемых насадок. Изменение распределения температур в объеме насадки. Последовательность теплового конструктивного расчета регенеративного теплообменника.
<b>Р5</b>	<b>Смесительные теплообменные аппараты</b>	
<b>Р5.Т1</b>	<b>Конструкции смесительных теплообменных аппаратов</b>	Принцип действия, области применения и конструкции аппаратов со смешиванием теплоносителей. Кондиционеры, скрубберы полые и насадочные, градирни, конденсаторы смешения, струйные подогреватели, пенные аппараты, пароводяные подогреватели пленочного типа
<b>Р5.Т2</b>	<b>Влажный воздух</b>	Физические свойства влажного воздуха. H-d диаграмма. Построение основных процессов изменения состояния влажного воздуха в H-d диаграмме.
<b>Р5.Т3</b>	<b>Тепломассообмен в аппаратах со смешиванием теплоносителей</b>	Модель тепломассообмена влаги на поверхности насадки с влажным воздухом. Расчет параметров насадки противоточного скруббера: определение средней разности температур по высоте насадки, построение процессов изменения состояний теплоносителей в H-d диаграмме, определение диаметра и высоты зоны насадки.

<b>Р6</b>	<b>Сушильные установки</b>	
<b>Р6.Т1</b>	<b>Механизм и кинетика сушки влажных материалов</b>	Влажность материалов. Формы связи влаги с материалом. Тепломассообмен влажных материалов с окружающим воздухом. Виды сушки материалов. Графики сушки. Периоды и продолжительность сушки влажных материалов.
<b>Р6. Т2</b>	<b>Сушильные установки</b>	Тепловой и материальный балансы сушильных установок. Удельные расходы воздуха и теплоты на испарение 1 кг влаги. Сушильные установки с однократным использованием воздуха, с рециркуляцией и с промежуточным подогревом воздуха. Конструкции сушилок. Конденсационные сушилки. Тепловой расчет сушильной камеры с рециркуляцией воздуха.
<b>Р7</b>	<b>Выпарные установки</b>	Физические основы процессов выпаривания. Характеристики растворов. Температурные депрессии. Классификация и конструкции выпарных аппаратов. Сепарация вторичного пара. Схемы многокорпусных выпарных установок непрерывного действия. Располагаемая и полезная разности температур. Последовательность теплового расчета выпарных установок.
<b>Р8</b>	<b>Перегонные и ректификационные установки</b>	
<b>Р8.Т1</b>	<b>Перегонка и ректификация. Жидкие смеси.</b>	Физико-химические и термодинамические основы процессов перегонки и ректификации. Идеальные смеси. Диаграммы давлений, фазовая и равновесия для смесей с взаимонерастворимыми компонентами. Свойства смесей с взаиморастворимыми компонентами. Закон Рауля. Свойства реальных смесей.
<b>Р8.Т2</b>	<b>Дистилляционные и ректификационные установки</b>	Схемы дистилляционных установок. Процессы в дистилляционных установках. Типы и конструкции ректификационных установок. Схема Ректификационной колонны. Построения процесса ректификации в фазовой диаграмме. Определение числа тарелок в ректификационной колонне.
<b>Р9</b>	<b>Вспомогательное оборудование тепломассообменных установок</b>	Основные виды и назначение вспомогательного оборудования. Конденсатное хозяйство промышленных предприятий. Отвод и очистка конденсата. Использование вторичного пара. Конденсатоотводчики, брызгоотделители, конденсатные баки.

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

#### 3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины

Для очной формы обучения (учебный план № 6009)

Объем модуля (зач.ед.): 22

Объем дисциплины (зач.ед.): 8

Код раздела, темы	Наименование раздела, темы	Аудиторные занятия (час.)				Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий																			Подготовка к контрольным мероприятиям текущей аттестации (колич.)	Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине (час.)	Подготовка к промежуточной аттестации по модулю (час.)						
		Всего по разделу, теме (час.)	Всего аудиторной работы (час.)	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего самостоятельной работы студентов (час.)	Подготовка к аудиторным занятиям (час.)	Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.)												Подготовка к контрольным мероприятиям текущей аттестации (колич.)	Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине (час.)	Подготовка к промежуточной аттестации по модулю (час.)										
						Всего (час.)	Лекция	Практ., семинар, занятие	Лабораторное занятие	И/и семинар, семинар-конференция, коллоквиум (магистр.)	Всего (час.)	Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе,	Проектная работа*	Расчетная работа; программный продукт*	Расчетно-графич. работа*	Домашняя работа на иностр. языке*	Перевод инояз. литературы*	Курсовая работа*	Курсовой проект*	Всего (час.)	Контрольная работа*	Коллоквиум*	Зачет	Экзамен	Интегрированный экзамен по модулю	Проект по модулю					
1	Основные виды и классификация теплообменного оборудования	3	2	2	0	1	1	1	0	0																							
2	Теплоносители	3	2	2	0	1	1	1	0	0																							
3	Рекуперативные теплообменные аппараты (ТА)	122	42	18	12	12	80	32	13	9	10		48	2									1										
4	Регенеративные ТА	30	16	12	4		14	12	9	3	0																						
5	Смесительные ТА	30	14	8	6		16	10	6	4	0		6	1																			
6	Сушительные установки	39	19	8	6	5	20	14	6	4	4		6	1																			
7	Выпарные установки	19	10	6	4		9	7	4	3	0																						
8	Перегонные и ректификационные установки	17	10	8	2		7	7	6	1	0																						
9	Вспомогательное оборудование теплообменных установок	7	4	4	0		3	3	3	0																							
	<b>Всего (час), без учета промежуточной аттестации:</b>	<b>270</b>	<b>119</b>	<b>68</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>151</b>	<b>87</b>	<b>49</b>	<b>24</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>							
	<b>Всего по дисциплине (час.):</b>	<b>288</b>	<b>119</b>				<b>169</b>																				9 В т.ч. промежуточная аттестация			<b>0</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	

\*Суммарный объем в часах на мероприятие указывается в строке «Всего (час.) без учета промежуточной аттестации»







#### 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

##### 4.1. Лабораторные работы

Для очной формы обучения (учебный план № 6009)

Код раздела, темы	Номер работы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
P3	1	Испытание воздушного рекуперативного теплообменника	2
P3	2	Испытание пароводяного рекуперативного теплообменника	2
P3	3	Тепловое и гидравлическое испытание пластинчатого теплообменника	8
P6	4	Изучение динамики конвективной сушки	5

**Всего: 17**

##### 4.2. Практические занятия

Для очной формы обучения (учебный план № 6009)

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P3	1	Расчет пароводяного кожухотрубного теплообменного аппарата	2
P3	2	Расчет водоводяного кожухотрубного теплообменного аппарата	4
P3	3	Расчет пароводяного бойлера аккумулятора	2
P3	4	Расчет водоводяного бойлера аккумулятора	2
P3	5	Расчет пластинчатого теплообменного аппарата	2
P4	6	Расчет регенеративного теплообменного аппарата	4
P5	7	Расчет скруббера с насадкой	6
P6	8	Расчет конвективной сушильной установки	6
P7	9	Расчет выпарной установки	4
P8	10	Расчет ректификационной колонны	2

**Всего: 34**

Для заочной формы полного срока обучения (учебный план № 6252)

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P3	1	Расчет водоводяного кожухотрубного теплообменного аппарата	4
P4	2	Расчет регенеративного теплообменного аппарата	2
P5	3	Расчет скруббера с насадкой	4
P6	4	Расчет конвективной сушильной установки	4
P7	5	Расчет выпарной установки	2
P8	6	Расчет ректификационной колонны	2

**Всего: 18**

Для заочной формы по ускоренной программе (учебный план № 6298)

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P3	1	Расчет водоводяного кожухотрубного теплообменного аппарата	2
P4	2	Расчет регенеративного теплообменного аппарата	1
P5	3	Расчет скруббера с насадкой	1
P6	4	Расчет конвективной сушильной установки	2
P7	5	Расчет выпарной установки	1
P8	6	Расчет ректификационной колонны	1

**Всего:** 8

### 4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

#### 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

*Для очной формы обучения:*

Домашняя работа №1:

Тепловой конструктивный расчет пластинчатого теплообменного аппарата теплогидравлическим методом.

Домашняя работа №2:

1. Тепловой конструктивный расчет пароводяного бойлера-аккумулятора.
2. Тепловой конструктивный расчет водоводяного бойлера-аккумулятора.

Домашняя работа №3:

Расчет скруббера с насадкой для охлаждения дымовых газов.

Домашняя работа №4

Расчет сушильной установки.

#### 4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено.

#### 4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено.

#### 4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

#### 4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

Не предусмотрено.

#### 4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено.

#### 4.3.7. Примерный перечень тем курсовых проектов

1. Расчет горизонтального подогревателя сетевой воды.
2. Расчет вертикального подогревателя сетевой воды.
3. Расчет вертикального водо-водяного теплообменника с жесткой трубной решеткой.
4. Расчет вертикального водо-водяного теплообменника с плавающей головкой.
5. Расчет вертикального водо-водяного теплообменника с U-образными трубами.

6. Расчет вертикального бойлера-аккумулятора с водяным обогревом.
7. Расчет горизонтального бойлера-аккумулятора с водяным обогревом.
8. Расчет секционного водо-водяного подогревателя тепловой сети.

#### 4.3.8. Примерная тематика контрольных работ

1. Регенеративные теплообменные аппараты.
2. Выпарные установки.

#### 4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено.

### 5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения					Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение						
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
P1. Основные виды и классификация теплообменного оборудования												
P2. Теплоносители				*								
P3. Рекуперативные теплообменные аппараты	*				*							
P4. Регенеративные ТА				*								
P5. Смесительные ТА				*								
P6. Сушильные установки					*							
P7. Выпарные установки				*								
P8. Перегонные и ректификационные установки				*								
P9. Вспомогательное оборудование теплообменных установок												

#### 6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (Приложение 1)

#### 7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2)

## **8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)**

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1.Рекомендуемая литература**

#### **9.1.1.Основная литература**

1. Аронсон, К. Э. Теплообменники энергетических установок / Аронсон К.Э., Бродов Ю.М. — УМК .— 2013 .— в корпоративной сети УрФУ .— <URL:[http://study.urfu.ru/view/Aid\\_view.aspx?AidId=11720](http://study.urfu.ru/view/Aid_view.aspx?AidId=11720)>.
2. Королев В.Н. Тепломассообмен: учебное пособие/ В.Н.Королев. 2-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: УрФУ, 2013.250 с. (73 экз.)
3. Акулич, П.В. Расчеты сушильных и теплообменных установок / П.В. Акулич. - Минск : Белорусская наука, 2010. - 444 с. - ISBN 978-985-08-1192-9 ; То же [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89349>.

#### **9.1.2.Дополнительная литература**

1. Бакластов, Арсений Михайлович. Проектирование, монтаж и эксплуатация тепломассообменных установок : Учеб. пособие для вузов / А. М. Бакластов, В. А. Горбенко, П. Г. Удыма; Под ред. А. М. Бакластова .— М. : Энергоиздат, 1981 .— 336 с. : ил. — допущено в качестве учебного пособия. (45 экз.).
2. Промышленные тепломассообменные процессы и установки : Учебник для вузов по спец. "Пром. теплоэнергетика" / А.М. Бакластов, В.А. Горбенко, О.Л. Данилов и др. ; Под ред. А.М. Бакластова .— М. : Энергоатомиздат, 1986 .— 328 с. : ил. ; 24 см .— Авт. указ. на обороте тит. л. Библиогр.: с. 319-322 (109 назв.). Предм. указ.: с. 323-325. — допущено в качестве учебника. (30 экз.).
3. Сапожников, Борис Георгиевич. Тепломассообмен : учебное пособие / Б. Г. Сапожников ; науч. ред. В. С. Белоусов ; Урал. гос. техн. ун-т - УПИ .— Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2007 .— 188 с. : ил. ; 21 см .— Библиогр.: с. 181-182 (20 назв.). — без грифа .— ISBN 978-5-821-01206-2. (19 экз.)
5. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника : справочник / [А. М. Бакластов и др.] ; под общ. ред. В. А. Григорьева, В. М. Зорина .— 2-е изд., перераб. — М. : Энергоатомиздат, 1991 .— 586 с. : ил. ; 24 см .— (Теплоэнергетика и теплотехника, Справ. сер. : в 4 кн. ; кн. 4) .— Авт. указаны на обороте тит. л. Указ.: с. 566-579. — Библиогр.: с. 564-565 (19 назв.). — без грифа .— ISBN 5-283-00091-5 : 4.50. (11 экз.).

### **9.2.Методические разработки**

1. Тупоногов В.Г., Мудреченко А.В. Расчет рекуперативных теплообменных аппаратов: Методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий». Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2016. 43 с.
- 2.Тупоногов В.Г., Мудреченко А.В. Изучение динамики конвективного процесса сушки: Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий» . Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2016. 20 с.
- 3.Тупоногов В.Г., Мудреченко А.В. Испытание пароводяного рекуперативного теплообменника: Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий». Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2016. 17 с.

4. Колпаков А.С., Тупоногов В.Г., Испытание водовоздушного рекуперативного теплообменника: Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий». Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2016. 14 с.

### **9.3. Программное обеспечение**

Операционная система Windows XP. Пакет Microsoft Office 2010 Professional (текстовый процессор Word, табличный процессор Excel, базы данных Access).

### **9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru/>
2. Российская Государственная библиотека <http://www.rsl.ru/>
3. Российская национальная библиотека <http://www.nlr.ru/>
4. Государственная публичная научно-техническая библиотека России <http://www.gpntb.ru/>
5. Публичная интернет-библиотека <http://www.public.ru/>
6. Студенческая библиотека <http://www.lib.students.ru/>
7. Научная библиотека Санкт-Петербургского Государственного Университета <http://www.lib.pu.ru/>
8. Научная электронная библиотека <http://www.eLIBRARY.ru/>

### **9.5. Электронные образовательные ресурсы**

Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий. УМК–Д№6479

## **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием**

1. Лабораторные стенды по изучению кинетики сушки и стенд испытания водовоздушного теплообменника – ауд. Т– 038
2. Лабораторный стенд испытания пароводяного теплообменника – ауд. Т – 129
3. Лабораторные стенды «Индукционная сушильная установка» и «Пластинчатый теплообменный аппарат» - ауд. Т -127.
4. Испытание действующего оборудования - водоводяных и пароводяных пластинчатых теплообменников – Котельный цех ЭПК УрФУ.

**6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ  
В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины – 3,5.** Утвержден ученым советом Уральского энергетического института, протокол заседания ученого совета № 8 от 17.10.2016 г.

**6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

Для очной формы обучения (учебный план № 6009)

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0,5</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Макс. оценка в баллах</b>
Посещение лекций (34)	V, 1-17	34
Контрольная работа №1	V, 6	33
Контрольная работа №2	V, 15	33
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0,4</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен*</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0,6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0,4</b>		
<b>Текущая аттестация на практических / семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
Посещение практических занятий (17)	V, 9-17	17
Выполнение домашней работы №1	V, 9	30
Выполнение домашней работы №2	V, 12	30
Выполнение домашней работы №3	V, 14	10
Выполнение домашней работы №4	V, 16	13
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1,0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрена</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0,1</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
Посещение лабораторных занятий (8)	V, 9-17	8
Отчеты о выполнении лабораторных работ	V, 9-17	92
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – 1,0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – не предусмотрена</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0</b>		

### 6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсового проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Макс. оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта – 0		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта – защиты – 1,0		

### 6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины

Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина	Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре
Семестр V	1,0

\*В случае проведения промежуточной аттестации по дисциплине (экзамена, зачета) методом тестирования используются официально утвержденные ресурсы: АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ, имеющие статус ЭОР УрФУ; ФЭПО ([www.fepo.rfu](http://www.fepo.rfu)); Интернет-тренажеры ([www.i-exam.ru](http://www.i-exam.ru)).

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

к рабочей программе дисциплины «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий»

## 7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте ФЭПО <http://fepo.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте Интернет-тренажеры <http://training.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на портале СМУДС УрФУ.

В связи с отсутствием Дисциплины и ее аналогов, по которым возможно тестирование, на сайтах ФЭПО, Интернет-тренажеры и портале СМУДС УрФУ, тестирование в рамках НТК не проводится.



## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## 8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

При проведении независимого тестового контроля как формы промежуточной аттестации применяется методика оценивания результатов, предлагаемая разработчиками тестов. Процентные показатели результатов независимого тестового контроля переводятся в баллы промежуточной аттестации по 100-балльной шкале в БРС:

- в случае балльной оценки по тесту (блокам, частям теста) переводится процент набранных баллов от общего числа возможных баллов по тесту;
- при отсутствии балльной оценки по тесту переводится процент верно выполненных заданий теста, от общего числа заданий.

## 8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.3.1. Примерные задания для проведения контрольной работы

#### *Контрольная работа №1*

Рассчитать длину трубок и число витков трубок витого теплообменника воздухоразделительной установки, в котором медные трубки с наружным диаметром  $d_n = 6$  мм и с толщиной стенки  $\delta = 1$  мм навиты на сердечник; средний диаметр навивки  $R = 50$  мм. Между трубками лежат прокладки толщиной  $\delta_{пр} = 3$  мм; расстояние между соседними витками трубок составляет  $\Delta = 3$  мм. Внутри трубок теплообменника движется воздух с давлением  $P_b = 15,0$  МПа со скоростью  $w_b = 1,0$  м/с. Температуры воздуха на входе и на выходе, соответственно,  $T_{b1} = 290$  К и  $T_{b2} = 160$  К. Расход воздуха составляет  $G_b = 500$  кг/ч. Снаружи трубки омываются потоком азота с давлением  $P_a = 0,15$  МПа со скоростью в узком сечении ряда  $w_a^{узк} = 8,0$  м/с. Температуры азота на входе и на выходе, соответственно,  $T_{a1} = 280$  К и  $T_{a2} = 140$  К. Коэффициент теплопроводности меди  $\lambda = 400$  Вт/(м·К). Коэффициенты динамической вязкости и теплопроводности воздуха и азота при их средних температурах:  $\mu_b = 2,133 \cdot 10^{-5}$  Н·с/м<sup>2</sup>,  $\lambda_b = 3,563 \cdot 10^{-5}$  кВт/(м·К);  $\mu_a = 1,347 \cdot 10^{-5}$  Н·с/м<sup>2</sup>,  $\lambda_a = 1,916 \cdot 10^{-5}$  кВт/(м·К).

Рекомендуемые расчетные формулы:

- 1) для потока внутри труб:

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} (Pr/Pr_c)^{0,25} \varepsilon_l \varepsilon_R;$$

пределы изменения параметров:  $10^4 < Re < 5 \cdot 10^6$ ,  $0,6 < Pr < 2,5 \cdot 10^3$ ; поправка на изгиб труб  $\varepsilon_R = 1 + 1,77 d_{вн}/R$ ;

- 2) для потока в межтрубном пространстве:

$$\bar{Nu} = 0,26 Re^{0,65} Pr^{0,33} (d/S_2)^{0,15} (Pr/Pr_c)^{0,25};$$

пределы применимости формулы:  $1,24 < S_1/d < 4$ ,  $1,24 < S_2/d < 4$ ,  $10^3 < Re < 10^5$ ,  $0,7 < Pr < 500$ ;  $S_1$  и  $S_2$ , соответственно, – продольный и поперечный шаги труб.

#### *Контрольная работа №2*

Студентам предлагается ответить на несколько вопросов из предложенных ниже:

- 1) Чем отличается выпаривание от испарения?
- 2) С какой целью в выпарных аппаратах создают условия для циркуляции раствора?
- 3) Каким образом создается вакуум в выпарных установках?

- 4) Что понимается под полезной разностью температур выпарного аппарата?
- 5) Составьте материальный и тепловой балансы процесса выпаривания. Как определить расход греющего пара при выпаривании?
- 6) Как определить температуру кипения раствора при выпаривании?
- 7) Назовите способы экономии греющего пара при выпаривании.

### 8.3.2. Примерные задачи для проведения домашней работы

*Для очной формы обучения:*

#### Домашняя работа №1

Выполнить конструктивный расчет пластинчатого теплообменного аппарата теплогидравлическим методом при следующих параметрах теплоносителей: горячий теплоноситель – вода с температурой 130 °С на входе и 100 °С на выходе, расходом 30 м<sup>3</sup>/ч и избыточным давлением 1 МПа; холодный теплоноситель – вода с температурой на входе 20 °С на входе и 70°С на выходе, избыточным давлением 1 МПа.

#### Домашняя работа №2

Выполнить тепловой конструктивный расчет бойлера-аккумулятора. Дано: греющий теплоноситель: насыщенный водяной пар с избыточным давлением  $P_{1\text{изб}}=4$  бар. Нагреваемый теплоноситель: вода с давлением  $P_2=6$  бар; начальная температура  $t_1=15$  °С, конечная температура  $t_2=65$  °С; время нагрева  $\tau=7,7$  часов, объем  $V=7,7$  м<sup>3</sup>. Теплопроводность материала трубок  $\lambda=100$  Вт/(м·К). Найти: расход пара на подогрев воды  $D$  и поверхность теплообмена  $F$ .

#### Домашняя работа №3

Определить объем и высоту противоточного скруббера, для охлаждения воздуха. Скруббер имеет следующие характеристики:  $L=22750$  кг сух. возд./час,  $t_1=190$  °С,  $t_2=10$  °С,  $X_1=0.05$  кг/кг. Насадка: стальные кольца Рашига 25×25×0,8 мм.

#### Домашняя работа №4

Произвести тепловой и аэродинамический расчет блока сушильных камер при следующих исходных данных: пиломатериал – березовые доски толщиной 20 и шириной 60 мм; начальная влажность – 80%; производительность блока – 20000 м<sup>3</sup>/год; назначение древесины – для производства лыж.

### 8.3.3. Примерные задания для выполнения курсового проекта

Техническими условиями задан тип аппарата – кожухотрубчатый горизонтальный с подвижной решеткой. Параметры теплоносителей: греющая среда – насыщенный пар  $P_{\text{изб}} = 12$  МПа; вода нагревается от 60 до 140 °С с  $P_{\text{изб}} = 3$  кгс/см<sup>2</sup>. Расход воды составляет 300 т/ч. Пар конденсируется в межтрубном пространстве, а жидкость течет в трубах. Для компенсации разности тепловых удлинений между кожухом и трубами предусмотрено жесткое крепление одной трубной решетки и свободное перемещение второй решетки вместе с внутренней крышкой трубной системы.

Произвести тепловой конструкторский, гидравлический и механический расчет теплообменного аппарата.

### 8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

*Заочная форма обучения*

1. Оценить ошибку, связанную с использованием среднеарифметического перепада температур вместо среднелогарифмического в прямоточном и противоточном подогревателях воды, в которых вода греется от 20 до 80 °С, а газ остывает от 500 до 200 °С.
2. Рассчитать площадь поверхность теплообменника ГВС, в котором сетевой водой 95/60 °С греют холодную воду с расходом 20 м<sup>3</sup>/ч от 5 до 60 °С.
3. Рассчитать площадь бойлера, в котором паром с давлением 0,6 МПа (абсолютное) греют 50 м<sup>3</sup>/ч воды от 70 до 95 °С.

4. Что такое коэффициент теплоотдачи, его размерность, как его определить для выполнения расчетов?
5. От чего зависит коэффициент теплоотдачи конвекцией?
6. Что такое коэффициент теплопередачи, и от чего он зависит?
7. Как рассчитать тепловой поток теплопроводностью через плоскую стенку?
8. Как рассчитать тепловой поток через многослойную плоскую стенку?
9. Что такое термическое сопротивление? Рассчитайте термическое сопротивление теплопередачи через плоскую стенку.
10. Из чего складывается термическое сопротивление теплопередачи через многослойную стенку?
11. Как рассчитать средний температурный напор  $\Delta t$  в теплообменнике? При каких условиях среднелогарифмический напор можно заменить среднеарифметическим?
12. Виды теплообменников и области их преимущественного применения.
13. На базе каких двух основных уравнений рассчитываются теплообменные аппараты?
14. Как осуществляется компенсация температурных напряжений, возникающих из-за разницы температуры корпуса и трубного пучка теплообменного аппарата?

### **8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена**

1. Определение процесса сушки. Цель сушки Предварительная подготовка материалов при сушке.
2. Естественная и искусственная сушка.
3. Физические свойства влажного воздуха: состав, энтальпия, влагосодержание, абсолютная и относительная влажность
4. Определение основных параметров влажного воздуха
5. I-х диаграмма влажного воздуха и правила ее построения
6. Построение основных процессов в I-х диаграмме
7. Определение относительной влажности воздуха с помощью психрометра
8. Процесс смешения воздуха различных состояний в I-х диаграмме
9. Капиллярно-пористое тело. Формы связи влаги с материалом. Влажность материала. Равновесная и гигроскопическая влажности.
10. Кривые сушки
11. Определение формы связи влаги с материалом. Закон термовлагопроводности
12. Способы подвода теплоты при сушке
13. Усадка и коробление материала
14. определение продолжительности сушки материалов
15. Расчет теоретической сушилки
16. Расчет реальной сушилки
17. Сушилка с рециркуляцией
18. Сушилка промежуточным подогревом
19. сушилка с промежуточным подогревом и рециркуляцией
20. Конденсационная сушилка
21. Основные виды теплоносителей и область их применения
22. Классификация теплообменных аппаратов
23. Одноходовой кожухотрубчатый теплообменник
24. Многоходовой кожухотрубчатый теплообменник
25. Кожухотрубчатый теплообменник с линзовым компенсатором на корпусе
26. Кожухотрубчатый теплообменник с V- образными трубками
27. Кожухотрубчатый теплообменник с плавающей гоовкой
28. Кожухотрубчатый теплообменник с двойными трубками
29. Кожухотрубчатый теплообменник с компенсатором «сальник на штуцере»
30. Теплообменник труба в трубе
31. Пластинчатые теплообменники
32. Спиральный теплообменник

33. Порядок проектирования теплообменных аппаратов рекуперативного типа
34. Конструктивный тепловой расчет теплообменных аппаратов рекуперативного типа
35. Коэффициенты совершенства теплообменных аппаратов
36. Интенсификация теплообмена в аппаратах
37. Цель ребрения. Виды ребристых поверхностей
38. Тепловой расчет теплообменников с ребристыми поверхностями
39. Вертикальный и горизонтальный бойлеры-аккумуляторы
40. Сравнение бойлеров-аккумуляторов с теплообменниками непрерывного действия
41. Определение удельной тепловой производительности для паро-водяного бойлера-аккумулятора
42. Определение температуры нагреваемого теплоносителя в бойлере-аккумуляторе
43. Определение зависимости от времени расхода пара в паро-водяном бойлере аккумулятора
44. Автоклав с паровой рубашкой
45. Автоклав с мешалками
46. Вращающийся автоклав
47. Автоклав с выносным подогревателем
48. Воздухонагреватель для доменных печей
49. Регенератор вентилятор-дымосос
50. Регенеративный воздухонагреватель для турбоустановок
51. Регенератор Юнгстрема
52. Регенератор с падающим слоем дисперсного материала
53. Смесительные теплообменники. Принцип действия, назначение
54. Кондиционер
55. Скруббер с насадкой
56. Каскадный аппарат
57. Струйный паронагреватель
58. Пенный пылеуловитель
59. Пароводонагреватель пленочного типа
60. Полочный конденсатор
61. Прямоточный конденсатор
62. Характеристики скрубберных насадок
63. процессы теплообмена между воздухом и водой
64. Конструктивный тепловой расчет скруббера с насадкой. Формулировка задачи. Порядок решения.
65. Построение скрубберного процесса и определение расхода воды на орошение
66. Определение тепловой мощности скруббера
67. Конструктивный тепловой расчет регенеративного теплообменного аппарата
68. Показатели качества производственного конденсата
69. Пар вторичного вскипания. Пролетный пар
70. Использование теплоты перегретого конденсата. Отвод конденсата из паропроводов
71. КО с V-образной трубой
72. Батарейный КО
73. Лабиринтовый КО
74. Гидроколонка
75. КО с сильфоном
76. КО с закрытым поплавком
77. КО колокольного типа
78. Определение процесса выпарки и область применения ВУ. Физико-термическая температурная депрессия
79. Определение количества воды, выпаренной из раствора
80. Сравнение ВА с парогенератором
81. Классификация ВУ

82. ВА с центральной циркуляционной трубой
83. ВА с длинными трубками пленочного типа
84. ВА с выносным кипятильником
85. Принцип многократного испарения
86. Прямоточная ВУ
87. Противоточная ВУ
88. Выпарные установки с параллельным и смешанным подводом раствора.
89. Определение полной температурной депрессии
90. Дистилляционные и ректификационные установки. Основные определения
91. Физико-химические свойства бинарных смесей с взаиморастворимыми компонентами
92. Состав идеальных бинарных смесей с взаиморастворимыми компонентами
93. Многократная перегонка смеси с взаиморастворимыми компонентами. Диаграмма равновесия
94. Многократная перегонка смеси с взаиморастворимыми компонентами. Диаграмма равновесия
95. Схема и фазовая диаграмма дистилляционной установки
96. Процессы в ректификационной колонне. Фазовая диаграмма процессов
97. Ректификационная установка непрерывного действия.

**8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации**

Не используются

**8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля**

Не используются.

**8.3.8. Интернет-тренажеры**

Не используются.