

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра промышленной теплоэнергетики**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ**

**Б1.В.08**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Промышленная теплоэнергетика**

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b> .....	3
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b> .....	4
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	8
4.3 Лабораторные работы.....	11
4.4 Практические занятия.....	11
4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат .....	12
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	14
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> .....	16
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	16
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	17
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	18
9.1 Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ и практических работ .....	20
9.2 Методические указания для обучающихся по выполнению курсовой работы.....	26
<b>10 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> .....	27
<b>11 ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> .....	27
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине</b> .....	28
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины</b> .....	34
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе</b> .....	35

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к научно-исследовательскому и производственно-технологическому видам профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель дисциплины

- подготовка обучающихся к самостоятельному решению теоретических и прикладных задач в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов при работе теплоэнергетических объектов.

## Задачи дисциплины

- подготовка обучающихся к самостоятельной деятельности по выполнению в условиях реального производства проектно-конструкторских и научно-исследовательских работ, а также эксплуатации котлоагрегатов при минимальных затратах энергетических, материальных и трудовых ресурсов, обеспечении охраны окружающей среды и техники безопасности.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию;	<b>знать:</b> - теоретические основы процессов теплообмена и теплопередачи тепловой энергии в энергетических установках; <b>уметь:</b> - рассчитывать энергетические показатели котлоагрегатов в различных режимах работы; <b>владеть:</b> - методиками расчета технико-экономических показателей котлоагрегатов.
ПК-10	готовность к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов	<b>знать:</b> - теоретические основы энергетических процессов протекающих в котлоагрегатах при изменении их режимов; <b>уметь:</b> - рассчитывать технико-экономические показатели котлоагрегатов при сжигании различных топлив; <b>владеть:</b> - методами выбора структуры котельного и вспомогательного оборудования теплоисточников.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.08 Котельные установки и парогенераторы относится к вариативной части.

Дисциплина Котельные установки и парогенераторы базируется на знаниях, полученных при изучении учебных дисциплин: техническая термодинамика, тепломассообмен, нагнетатели и тепловые двигатели.

Основываясь на изучении вышеперечисленных дисциплин, Котельные установки и парогенераторы представляют основу для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР), посвященной вопросам производства тепловой энергии.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

## 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовой проект	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	3	6	252	108	36	36	36	90	КП	Экзамен
Заочная	3	-	252	26	12	-	14	217	КП	Экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	3	-	252	16	8	-	8	119	КП	Экзамен
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			6
1	2	3	4
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	108	24	108
Лекции (Лк)	36	9	36
Лабораторные занятия (ЛР)	36	5	36
Практические занятия (ПЗ)	36	10	36
Курсовой проект	+	-	+
Групповые (индивидуальные) Консультации	+	-	+

<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	90	-	90	
Подготовка к лабораторным занятиям	22	-	22	
Подготовка к практическим занятиям	23	-	23	
Выполнение курсового проекта	22		22	
Подготовка к экзамену в течение семестра	23	-	23	
<b>III. Промежуточная аттестация</b>	экзамен	54	-	54
Общая трудоемкость дисциплины:..... час.		252	-	252
	зач. ед.	7	-	7

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ те- мы	Наименование темы дисциплины	Трудоем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая само- стоятельную работу обучающихся и трудоёмкость; (час.)			
			учебные занятия			самосто- ятельная работа обучаю- щихся
			лекции	лабора- торные работы	практи- ческие занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1	Общая характеристика современных котельных установок (КУ), их место и роль на промпредприятиях. Источники теплоты промышленных КУ. Материальные и тепловые балансы котлов КУ при работе на различных топливах	26	6	-	10	10
2	Конструкции, выбор и расчет топочных устройств для сжигания газового, жидкого, твердого топлива и производственных отходов.	29	4	-	10	15
3	Теплообмен в элементах котла	29	4	-	10	15
4	Гидродинамика котельного агрегата (КА). Обеспечение надежной гидродинамики в КА с естественной и принудительной циркуляцией воды и пароводяной смеси. Основы методики расчета простых и сложных контуров циркуляции.	14	4	-	-	10
5	Аэродинамика котельного агрегата.	14	4	-	-	10
6	Основные элементы КА. Пароперегреватели котлов, конструктивные схемы включения в дымовой тракт, методы регулирования температуры пара. Экономайзеры и их включение в питательные магистрали. Конструктивные схемы воздухоподогревателей.	58	6	36	6	10

7	Конструкции котлов с естественной циркуляцией, прямоточных и с многократной принудительной циркуляцией. Водогрейные и пароводогрейные котлы. Котлы высоко- и низконапорные, прямого действия и с неводяными теплоносителями. Котлы на отходящих газах, котлы, использующие теплоту технологического продукта. Испарительное охлаждение элементов технологических установок. Энерготехнологические КА.	14	4	-	-	10
8	Вспомогательное оборудование котельных установок: системы топливоподачи, системы золошлакоудаления, системы очистки продуктов сгорания от твердых и газообразных примесей. Металлы, используемые в котлостроении. Каркас и обмуровка котла.	14	4	-	-	10
<b>ИТОГО</b>		<b>198</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>90</b>

- для заочной формы обучения:

№ темы	Наименование темы дисциплины	Трудоем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, вклю- чая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		само- стоя- тельная работа обучаю- щихся
			лекции	практи- ческие занятия	
1	2	3	4	5	6
1	Общая характеристика современных котельных установок (КУ), их место и роль на промпредприятиях. Источники теплоты промышленных КУ. Материальные и тепловые балансы котлов КУ при работе на различных топливах	33	2	4	27
2	Конструкции, выбор и расчет топочных устройств для сжигания газового, жидкого, твердого топлив и производственных отходов.	32	2	3	27
3	Теплообмен в элементах котла	32	2	3	27
4	Гидродинамика котельного агрегата (КА). Обеспечение надежной гидродинамики в КА с естественной и принудительной циркуляцией воды и пароводяной смеси. Основы методики расчета простых и сложных контуров циркуляции.	29	2	-	27
5	Аэродинамика котельного агрегата.	28	1	-	27

6	Основные элементы КА. Пароперегреватели котлов, конструктивные схемы включения в дымовой тракт, методы регулирования температуры пара. Экономайзеры и их включение в питательные магистрали. Конструктивные схемы воздухоподогревателей.	32	1	4	27
7	Конструкции котлов с естественной циркуляцией, прямоточных и с многократной принудительной циркуляцией. Водогрейные и пароводогрейные котлы. Котлы высоко- и низконапорные, прямого действия и с неводяными теплоносителями. Котлы на отходящих газах, котлы, использующие теплоту технологического продукта. Испарительное охлаждение элементов технологических установок. Энерготехнологические КА.	28	1	-	27
8	Вспомогательное оборудование котельных установок: системы топливоподачи, системы золошлакоудаления, системы очистки продуктов сгорания от твердых и газообразных примесей. Металлы, используемые в котлостроении. Каркас и обмуровка котла.	29	1	-	28
<b>ИТОГО</b>		<b>243</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>217</b>

- для заочной формы (ускоренное обучение):

№ темы	Наименование тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся
			лекции	практические занятия	
1	2	3	4	5	6
1	Общая характеристика современных котельных установок (КУ), их место и роль на промпредприятиях. Источники теплоты промышленных КУ. Материальные и тепловые балансы котлов КУ при работе на различных топливах	18	1	2	15
2	Конструкции, выбор и расчет топочных устройств для сжигания газового, жидкого, твердого топлив и производственных отходов.	18	1	2	15
3	Теплообмен в элементах котла	18	1	2	15

4	Гидродинамика котельного агрегата (КА). Обеспечение надежной гидродинамики в КА с естественной и принудительной циркуляцией воды и пароводяной смеси. Основы методики расчета простых и сложных контуров циркуляции.	16	1	-	15
5	Аэродинамика котельного агрегата.	16	1	-	15
6	Основные элементы КА. Пароперегреватели котлов, конструктивные схемы включения в дымовой тракт, методы регулирования температуры пара. Экономайзеры и их включение в питательные магистрали. Конструктивные схемы воздухоподогревателей.	18	1	2	15
7	Конструкции котлов с естественной циркуляцией, прямоточных и с многократной принудительной циркуляцией. Водогрейные и пароводогрейные котлы. Котлы высоко- и низконапорные, прямого действия и с неводяными теплоносителями. Котлы на отходящих газах, котлы, использующие теплоту технологического продукта. Испарительное охлаждение элементов технологических установок. Энерготехнологические КА.	16	1	-	15
8	Вспомогательное оборудование котельных установок: системы топливоподачи, системы золошлакоудаления, системы очистки продуктов сгорания от твердых и газообразных примесей. Металлы, используемые в котлостроении. Каркас и обмуровка котла.	15	1	-	14
<b>ИТОГО</b>		<b>135</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>119</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

Интерактив проводится в виде «лекция-беседа» (всего 9 часов)

##### 1. Общая характеристика современных котельных установок (КУ), их место и роль на промпредприятиях. Источники теплоты промышленных КУ. Материальные и тепловые балансы котлов КУ при работе на различных топливах.

Введение. Назначение и роль котельных установок в системах энергохозяйства промпредприятий. Характеристика и общие технологические схемы источников тепловой энергии промпредприятий. Принципиальная схема котельной установки.

Схема установки котельной установки и основные процессы производства пара, горячей воды и других теплоносителей в котлах. Назначение основных элементов котла.

Классификация котлов. Материальный баланс котла. Энтальпии воздуха и продуктов сгорания топлива. Общее уравнение теплового баланса. Располагаемая и полезно использованная теплота. Потери теплоты и их определение.

Тепловой КПД котла. Определение удельного расхода топлива. Затраты энергии теплоты на собственные нужды и энергетический КПД котельной установки.

## **2. Конструкции, выбор и расчет топочных устройств для сжигания газового, жидкого, твердого топлив и производственных отходов.**

Классификация топочных устройств для сжигания топлив. Классификация и характеристики топок для сжигания различных топлив. Тепловосприятие в топках и температура газов на выходе из них. Показатели работы топочных устройств котельных агрегатов.

Сжигание газового топлива. Топки для сжигания газового топлива. Назначение и классификация горелок Особенности сжигания газового топлива с низкой и высокой теплотой сгорания. Сжигание газа совместно с другими видами топлив. Вопросы эксплуатации и охраны труда при сжигании газового топлива.

Сжигание жидкого топлива. Особенности и принципы организации сжигания жидкого топлива. Классификация и схемы распыливания жидкого топлива. Конструкции и характеристики мазутных форсунок Топки для сжигания жидких топлив и характеристики. Высокотемпературная и низкотемпературная коррозия поверхностей нагрева, борьба с коррозией. Предотвращение вредных выбросов. Вопросы эксплуатации и охраны труда при сжигании жидкого топлива.

Сжигание твердого топлива в слое. Классификация слоевых топок Характеристики процесса горения топлива в слое. Топки для сжигания твердого топлива в плотном слое (немеханизированные, полумеханические, механические). Топки с кипящим слоем. Характеристики слоевых топок

Сжигание угольной пыли в камерных топках. Сжигание угольной пыли, особенности процесса ее горения. Пылеугольные горелки и их расположение в топке. Топки для факельного сжигания пыли с твердым и жидким шлакоудалением. Циклонные и вихревые топки. Выбор и расчетные характеристики топок для сжигания угольной пыли. Снижение образования и уменьшение вредных выбросов при сжигании топлив. Вопросы охраны труда и эксплуатации пылеугольных топок.

## **3. Теплообмен в элементах котла.**

Теплообмен в топке котельного агрегата. К поверхностям нагрева котла тепло передается: в топке котла до 90% за счет лучистого теплообмена; далее по ходу газов по мере снижения температуры доля тепла, передаваемая посредством теплового излучения уменьшается, например, в ширмовых поверхностях до 60-70%, а роль конвективного теплообмена повышается: в трубчатом пароперегревателе до 70-80% и воздухоподогревателе до 95%.

Радиационный теплообмен и выбор температуры газов на выходе из топки. Методика расчета теплообмена в топке. ТЕПЛООБМЕН В ТОПКЕ —» В топке происходит горение топлива и передача тепла экранным поверхностям за счет лучистого теплообмена (90%) и частично за счет конвекции. Источниками излучения являются: а) слоевые топки: горящий слой, 3-х атомные продукты сгорания  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , и  $\text{H}_2\text{O}$  и пламя горения летучих; б) камерные: уголь - пламя горения летучих вокруг частиц угля, 3-х атомные продукты сгорания и раскаленные частицы кокса и золы; в) для жидкого топлива: пламя горения паровой фазы вокруг частиц мазута и 3-х атомные продукты сгорания; г) газ: объем горящего факела и 3-х атомные продукты сгорания.

Интенсивность излучения: пламя горения летучих, раскаленные частицы кокса и золы I 3-х атомные продукты сгорания. Доля теплового излучения в камерной топке: частиц кокса и золы 70-80%, 3-х атомных газов 20-30%. Неизотермичность в топке: а) по высоте: ядро факела - 1500+1800 °С, выход- 900+ 1100 °С; б) в поперечном сечении в центре топки 200+ 300 °С, а на выходе до 100 °С.

—» Математическое описание теплообмена в топке. Система дифференциальных уравнений, допущения в результате лишь приближенные решения и качественная оценка.

Тепловой расчет элементов котла может быть конструктивным и поверочным.

Теплообмен в конвективных поверхностях нагрева. Теплообмен в полурadiационных и конвективных поверхностях нагрева. Интенсификация радиационного и конвективного теплообмена в элементах котла. Техничко-экономический выбор температуры входящих газов.

Тепловой расчет котла. Методика теплового (конструктивного и поверочного) расчета котлоагрегата. Использование вычислительной техники при тепловом расчете котла.

#### **4. Гидродинамика котельного агрегата (КА). Обеспечение надежной гидродинамики в КА с естественной и принудительной циркуляцией воды и пароводяной смеси. Основы методики расчета простых и сложных контуров циркуляции.**

Гидродинамика котла. Условия надежной работы элементов котла. Характеристика потоков рабочих тел, их режим и структура. Классификация испарительных систем котлов с естественной и принудительной циркуляцией. Обеспечение надежной циркуляции. Гидродинамика элементов котла. Гидродинамика экономайзеров и пароперегревателей. Основы методики расчета циркуляции в элементах котла.

РАСЧЕТ ЦИРКУЛЯЦИИ. Цель-определение скоростей воды и пароводяной смеси. Присоединение контуров -> последовательное или параллельное.

#### **5. Аэродинамика котельного агрегата.**

Аэродинамика котельного агрегата. Системы газозвдушного тракта котельной установки. Аэродинамические сопротивления при движении потоков воздуха и продуктов сгорания в элементах котельной установки. Методика расчета газозвдушного тракта. Выбор вентилятора и дымососа. Регулирование дымососной тяги. Дымовые трубы. Назначение надежная и непрерывная подача воздуха в топку и удаление продуктов сгорания из котла.

Схемы систем газозвдушного тракта (КВТ): с естественной тягой; под разрежением дымососа (котлы на газе и мазуте и отсутствии ВП); системы с вентилятором и дымососом; системы с двумя вентиляторами и дымососом; под давлением вентилятора (газ, мазут).

#### **6. Основные элементы КА. Пароперегреватели котлов, конструктивные схемы включения в дымовой тракт, методы регулирования температуры пара. Экономайзеры и их включение в питательные магистрали. Конструктивные схемы воздухоподогревателей.**

Испарительные поверхности. Конструктивное оформление топок. Назначение и конструкции конвективных испарительных поверхностей.

Конструкции пароперегревателей котлов, компоновка и их расположение по газоходу котла. Методы регулирования температуры пара.

Конструкции водяных экономайзеров (ВЭ) и воздухоподогревателей (ВП). Компоновка ВЭ и ВП в газовом тракте. Выбор температуры уходящих газов и подогрева воздуха.

Загрязнение и очистка поверхностей нагрева. Абразивный износ и коррозия поверхностей нагрева.

Металлы, используемые в котлостроении, и условия их работы. Каркас и обмуровка котельного агрегата: назначение, конструкции, используемые материалы.

#### **7. Конструкции котлов с естественной циркуляцией, прямоточных и с многократной принудительной циркуляцией. Водогрейные и пароводогрейные котлы. Котлы высоко- и низконапорные, прямого действия и с неводными теплоносителями. Котлы на отходящих газах, котлы, использующие теплоту технологического продукта. Испарительное охлаждение элементов технологических установок. Энерготехнологические КА.**

Конструкции паровых котлов низкого, среднего и высокого давления с естественной циркуляцией, характеристики и области применения.

Конструкции котлов с многократной принудительной циркуляцией и прямоточных котлов, характеристики и области их применения.

Водогрейные и пароводогрейные котлоагрегаты: назначение, конструктивные особенности и характеристики. Котлы специального назначения: высоконапорные, низконапорные, передвижные, электродкотлы, с неводными теплоносителями и др.

Котлы, использующие теплоту технологического продукта, и энерготехнологические котлы: конструкции, назначение и характеристики. Испарительное охлаждение элементов технологических установок.

**8. Вспомогательное оборудование котельных установок: системы топливоподачи, системы золо-шлакоудаления, системы очистки продуктов сгорания от твердых и газообразных примесей. Металлы, используемые в котлостроении. Каркас и обмуровка котла.**

Система топливоподачи: назначение, состав, топливное хозяйство при сжигании различных видов топлив.

Выход и характеристика золы. Механическая, пневматическая и гидравлическая системы золо-шлакоудаления: принцип действия, состав, схемы, характеристики и области применения.

### 4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем ( час)</i>	<i>Вид занятия в ин- терактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	<b>6.</b>	Определение поверхности нагрева и конструктивных параметров одноступенчатого воздухоподогревателя.	9	Работа в малой группе (1 час.)
2		Определение изменений температур теплоносителей на выходе из воздухоподогревателя и КПД котлоагрегата при изменении температуры дутьевого воздуха.	9	Работа в малой группе (1 час.)
3		Определение поверхности нагрева и конструктивных параметров одноступенчатого стального водяного экономайзера.	9	Работа в малой группе (1,5 час.)
4		Определение поверхности нагрева и конструктивных параметров одноступенчатого чугунного водяного экономайзера.	9	Работа в малой группе (1,5 час.)
<b>ИТОГО</b>			<b>36</b>	<b>5</b>

### 4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раз- дела дисци- плины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем в часах</i>	<i>Вид занятия в ин- терактивной, активной, инновацион- ной формах, (час.)</i>
1	<b>1.</b>	Общие указания к выполнению курсового проекта.	2	-
2		Определение конструктивных особенностей котла при заданных производительности и параметрах пара.	4	-

3		Методика расчета объемов, энтальпий воздуха и продуктов сгорания по газоходам котла.	6	Круглый стол (6 час.)
4		Тепловой баланс котла.	4	Круглый стол (4 час.)
5	2, 3.	Тепловой расчет топочной камеры.	6	-
6		Тепловой поверочный расчеты фестона и котельного пучка.	6	-
7	6.	Тепловой расчет пароперегревателя.	6	-
8		Сводная таблица и проверка теплового расчета.	2	-
<b>ИТОГО</b>			<b>36</b>	<b>10</b>

#### 4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект

Цель работы. Является закрепление полученных теоретических знаний, приобретение навыков практического проведения теплового расчета котла, опыта проектирования и конструктивного оформления котлоагрегата, развитие у студентов самостоятельности при решении инженерных задач и навыков работы с нормативной и технической литературой.

Основная тематика. Объектом проектирования является котельный агрегат, для которого необходимо выполнить тепловые расчеты, с целью определения основных режимных и конструктивных параметров. Тематика курсовых проектов связана с реконструкцией котла, переводом его работы с одного топлива на другое, изменением производительности по пару или режимных параметров.

Содержание. Курсовой проект содержит: цель курсового проектирования, определение исходных данных, расчет энтальпий воздуха и продуктов сгорания по газоходам котла, поверочный расчет топки и фестона, конструктивный и поверочный расчеты ступеней пароперегревателя, экономайзера и воздухоподогревателя и сводный баланс котла. На основании выполненных поверочных или конструктивных расчетов элементов котла определяются его оптимальные режимные и конструктивные характеристики, и составляется заключение.

Структура, объем. Курсовой проект должен включать введение, заключение, список использованной литературы и технологическую часть. Курсовой проект выполняется в виде пояснительной записки объемом 35 – 45 страниц.

Выдача задания, прием и защита КП проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

Оценка	Критерии оценки курсового проекта
отлично	Курсовой проект сдан в первую неделю защит. В курсовом проекте полностью раскрыта тема работы. Погрешности расчетов соответствуют заданным нормам. Графические схемы нарисованы аккуратно и четко.

хорошо	Курсовой проект сдан в срок со второй по четвертую неделю защит или содержит незначительные ошибки.
удовлетворительно	Курсовой проект сдан в срок с пятой недели по шестую неделю защит или содержит значительное количество ошибок, или ошибка подразумевает полную переработку всей работы.
неудовлетворительно	Курсовой проект не сдан в установленный срок.

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		$\Sigma$ <i>комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
			<i>ОК</i>	<i>ПК</i>				
			<i>7</i>	<i>10</i>				
<b>1</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>1.</b> Общая характеристика современных котельных установок (КУ), их место и роль на промпредприятиях. Источники теплоты промышленных КУ. Материальные и тепловые балансы котлов КУ при работе на различных топливах.		26	+	+	2	13	Лк, ПЗ, СР	Экзамен
<b>2.</b> Конструкции, выбор и расчет топочных устройств для сжигания газового, жидкого, твердого топлив и производственных отходов.		29	+	+	2	14,5	Лк, ПЗ, СР	Экзамен, КП
<b>3.</b> Теплообмен в элементах котла.		29	+	+	2	14,5	Лк, ПЗ, СР	Экзамен, КП
<b>4.</b> Гидродинамика котельного агрегата (КА). Обеспечение надежной гидродинамики в КА с естественной и принудительной циркуляцией воды и пароводяной смеси. Основы методики расчета простых и сложных контуров циркуляции.		14	+	+	2	7	Лк, СР	Экзамен
<b>5.</b> Аэродинамика котельного агрегата.		14	+	+	2	7	Лк, СР	Экзамен
<b>6.</b> Основные элементы КА. Пароперегреватели котлов, конструктивные схемы включения в дымовой тракт, методы регулирования температуры пара. Экономайзеры и их включение в питательные магистрали. Конструктивные схемы воздухоподогревателей.		58	+	+	2	29	Лк, ЛР, ПЗ, СР	Экзамен, КП

7. Конструкции котлов с естественной циркуляцией, прямоточных и с многократной принудительной циркуляцией. Водогрейные и пароводогрейные котлы. Котлы высоко- и низконапорные, прямого действия и с неводяными теплоносителями. Котлы на отходящих газах, котлы, использующие теплоту технологического продукта. Испарительное охлаждение элементов технологических установок. Энерготехнологические КА.	14	+	+	2	7	ЛК, СР	экзамен
8. Вспомогательное оборудование котельных установок: системы топливоподачи, системы золо-шлакоудаления, системы очистки продуктов сгорания от твердых и газообразных примесей. Металлы, используемые в котлостроении. Каркас и обмуровка котла.	14	+	+	2	7	ЛК, СР	экзамен
<b>Всего часов</b>	<b>198</b>	<b>99</b>	<b>99</b>	<b>2</b>	<b>99</b>		

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Пак Г.В. Котельные установки промышленных предприятий. Тепловой расчет промышленных котельных агрегатов. Учебное пособие./ Г.В. Пак, В.К. Елсуков, С.В. Лагушкина. –Братск: БрГУ, 2015.- 146 с.
2. Сидельковский Л.Н. Котельные установки промышленных предприятий. Учебник для вузов. / Л.Н. Сидельковский, В.Н. Юренев. –М.: Энергоатомиздат, 1988. – 528 с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	<i>Наименование издания</i>	<i>Вид занятия</i>	<i>Количество экземпляров в библиотеке, шт.</i>	<i>Обеспеченность, (экз./ чел.)</i>
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1.	Жихар, Г.И. Котельные установки тепловых электростанций: учебное пособие/ Г.И. Жихар. - Минск: Высшая школа, 2015. – 528 с.: ил., схем., табл. – Библиограф. В кн. – ISBN 978-985-06-2554-0; То же [электронный ресурс] URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?hage=booc&amp;id=450400">http://biblioclub.ru/index.php?hage=booc&amp;id=450400</a>	Лк, ПЗ	ЭР	1
2	Маряхина, В. Теплогенерирующие установки: учебное пособие/ В. Маряхина, Р. Мансурова. - Оренбург: ОГУ, 2014. – 104 с.; То же [электронный ресурс] URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?hage=booc&amp;id=450400">http://biblioclub.ru/index.php?hage=booc&amp;id=450400</a>	Лк, ПЗ	ЭР	1
3.	Минкина, С.А. Тепловой и аэродинамический расчеты котельных агрегатов: учебное пособие/ С.А. Минкина. - Самара: СГАСУ, 2013. – 104 с.: ил.,– Библиограф. В кн. – ISBN 978-985-06-2554-0; То же [электронный ресурс] URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?hage=booc&amp;id=450400">http://biblioclub.ru/index.php?hage=booc&amp;id=450400</a>	Лк, ПЗ	ЭР	1
<b>Дополнительная литература</b>				
4.	Липов Ю.М. Котельные установки и парогенераторы. Учебник для вузов. – М.: изд-во МЭИ, 2003. – 592 с.	ПЗ, СР	25	1
5.	Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация. Учебник для вузов. – М.: изд-во МЭИ, 2005. – 432 с.	Лк, ПЗ	5	0,25
6.	Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). / НПО ЦКТИ – ВТИ. – СПб.: НПОЦКТИ, 1998.	Лк, СР	12	0,7
7.	Бузников Е.Ф. Производственные и отопительные котельные: учебное пособие/ Е.Ф. Бузников, К.Ф. Роддатис, Э.Я. Берзиньш. – М.: Энергоатомиздат, 1984.	Лк, СР	5	0,25
8	Резников М.И. Паровые котлы тепловых электростанций. Учебник для вузов. / М.И. Резников, Ли по в Ю.М. –М.: Энергоатомиздат, 1981. – 240 с.	Лк	27	1
9	Тепловые и атомные электрические станции: Справочник / Под общ.ред. А. В. Клименко и В.М. Зорина. – М.: изд-во МЭИ, 2003. – 648 с.	Лк	25	1
10	Роддатис К. Ф. Справочник по котельным установкам Алой производительности. / К. Ф. Роддатис, А.Н. Полтарецкий. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 487 с.	ЛР	15	0,8
11	Липов Ю.М. Компоновка и тепловой расчет парового котла.: учебное пособие / Ю.М. Липов, Ю. Ф. Самойлов, Т.В. Виленская. –М.: Энергоатомиздат, 1988. – 208 с.	ПЗ, СР	53	1
12	Безгрешнов А.Н. Расчет паровых котлов в примерах и зада-	ПЗ,	55	1

	чах./ А.Н., Безгрешнов, Ю.М. Липов, Б.М. Шлейфер –М.: Энергоатомиздат, 1991. -240 с.	СР		
13	Ковалев А.П. Парогенераторы. Учебник для вузов. / А.П. Ковалев, Н.С. Лелеев, Т.В. Виленский. –М.: Энергоатомиздат, 1985. – 376 с.	ПЗ, СР	52	1
14	Трембовля В.И. Теплотехнические испытания котельных установок./ В.И. Трембовля, Е.Д. Фингер, А.А. Авдеев. – М.: Энергоатомиздат,1991. – 413 с.	ЛР, СР	10	0,6
15	Расчет тепловых процессов и установок в примерах и задачах: практикум/ В.В. Шалай, А.Г. Михайлов, П.А. Батраков и др. – Омск: Издательство ОмГУ, 2015. – 120 с. : табл., граф., ил. Библиогр.: с. 105 – ISBN 978-5-8149-2126-0; То же [электронный ресурс] URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?hage=booc&amp;id=450400">htht://biblioclub.ru/index.php?hage=booc&amp;id=450400</a>	ПЗ, СР	ЭР	1
16	Водяные экономайзеры котельных агрегатов: Методическая разработка для студентов одной и заочной форм обучения. – Н.Новгород: ННГАСУ, 2010. – 48 с.: ил., схем., табл. – Библиогр. В кн. – ISBN 978-985-06-2554-0; То же [электронный ресурс] URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?hage=booc&amp;id=427331">htht://biblioclub.ru/index.php?hage=booc&amp;id=427331</a>	ПЗ, СР	ЭР	1
17	Салов, А.Г. Теплогенерирующие установки: конструкция, принцип работы котлов типа Е (ЕД) и тепловой расчет котла Е (ЕД)- 10-14ГМ: учебное пособие/ А.Г. Салов, А.А. Гаврилова. - - Самара: СГАСУ, 2015. – 103 с.: табл., граф., ил.,– Библиогр. – ISBN 678-5-9585-0622-4; То же [электронный ресурс] URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?hage=booc&amp;id=438393">htht://biblioclub.ru/index.php?hage=booc&amp;id=438393</a>	ПЗ, СР	ЭР	1
18	Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок: пособие/ - Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2009. – 192 с. – ISBN 978-5-379-01227-4; То же [электронный ресурс] URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?hage=booc&amp;id=57212">htht://biblioclub.ru/index.php?hage=booc&amp;id=57212</a>	ПЗ, СР	ЭР	1
19	Шарапов В.И. Технологии обеспечения пиковой нагрузки систем теплоснабжения: монография/ В.И.Шарапов, М.Е. Орлов. – М.: Новости теплоснабжения, 2006. – 208 с.: схем., табл. - – ISBN 978-5-94296-013-5; То же [электронный ресурс] URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?hage=booc&amp;id=56219">htht://biblioclub.ru/index.php?hage=booc&amp;id=56219</a>	ПЗ, СР	ЭР	1
20	Теплогидравлические модели оборудования электрических станций./ А.Р. Аветисян, А.Ф. Пащенко, Ф.Ф. Пащенко и др.; под общ. Ред. Г.А.Филиппова, Ф.Ф. Пащенко– М.: Физматлит, 2013. – 445 с.: ил. – Библиогр. В кн. – ISBN 978-5-0221-1518-6; То же [электронный ресурс] URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?hage=booc&amp;id=275621">htht://biblioclub.ru/index.php?hage=booc&amp;id=275621</a>	ПЗ, СР	ЭР	1
21	Пак Г.В. Котельные установки промышленных предприятий. Тепловой расчет промышленных котельных агрегатов. Учебное пособие./ Г.В. Пак, В.К. Елсуков, С.В. Латушкина. - Братск: БрГУ, 2015.- 146 с.	ЛР, ПЗ	100	1

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.Электронный каталог библиотеки БрГУ

[http://irbis.brstu.ru/cgi/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/cgi/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=).

2. Электронная библиотека БрГУ

<http://ecat.brstu.ru/catalog> .

3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <http://biblioclub.ru> .

4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»  
<http://e.lanbook.com> .
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"  
<http://window.edu.ru> .
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) <https://uisrussia.msu.ru/> .
8. Национальная электронная библиотека НЭБ  
<http://xn--90ax2c.xn--plai/how-to-search/> .

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Приступая к изучению новой учебной дисциплины, обучающиеся должны ознакомиться с учебной программой, учебной, научной и методической литературой, имеющейся в библиотеке ФГБОУ ВО «БрГУ», получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, завести новую тетрадь для конспектирования лекций и работы с первоисточниками.

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В ходе подготовки к лабораторным и практическим занятиям изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой.

Объектом курсового проекта является котельный агрегат, для которого необходимо выполнить тепловые расчеты, с целью определения основных режимных и конструктивных параметров. Тематика курсовых проектов связана с реконструкцией котла, переводом его работы с одного топлива на другое, изменением производительности по пару или режимных параметров.

С целью более глубокого усвоения изучаемого материала задавать вопросы преподавателю. После подведения итогов практического занятия устранить недостатки, отмеченные преподавателем.

При подготовке к экзамену повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, примерным перечнем учебных вопросов, выносящихся на зачет и содержащихся в данной программе. Использовать конспект лекций и литературу, рекомендованную преподавателем. Обратит особое внимание на темы учебных занятий, пропущенных студентом по разным причинам. При необходимости обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется обучающимся по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Содержание внеаудиторной самостоятельной определяется в соответствии с рекомендуемыми видами заданий согласно примерной и рабочей программ учебной дисциплины.

Видами заданий для внеаудиторной самостоятельной работы являются:

- для овладения знаниями: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с норма-

тивными документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернета и др.

- *для закрепления и систематизации знаний*: работа с конспектом лекции, обработка текста, повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей, составление плана, составление таблиц для систематизации учебного материала, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др), подготовка мультимедиа сообщений/докладов к выступлению на семинаре (конференции), подготовка реферата, составление библиографии, тематических кроссвордов, тестирование и др.

- *для формирования умений*: решение задач и упражнений по образцу, решение вариативных задач, выполнение чертежей, схем, выполнение расчетов (графических работ), решение ситуационных (профессиональных) задач, подготовка к деловым играм, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, опытно экспериментальная работа, рефлексивный анализ профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

Самостоятельная работа осуществляется индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

## **Алгоритм проведения интерактивного занятия в форме тренинга круглый стол:**

### *1. Подготовка к занятиям*

Преподаватель знакомит обучающихся с тематикой предстоящих занятий заранее для того, чтобы они самостоятельно могли выбрать соответствующие темы в зависимости от профессиональных интересов каждого. Определившись с выбором темы обучающиеся подготавливают сообщения (доклады), форма которых определяется каждым обучающимся самостоятельно, например, слайд-презентация, видео- или раздаточный материал по теме.

### *2. Вступление*

Сообщается тема и цель занятия. Производится информирование участников о правилах и принципах работы в малой группе: быть активными, уважать мнения участников, быть доброжелательными, пунктуальными, ответственными, открытыми для взаимодействия, проявлять свою заинтересованность и способность придерживаться регламента.

### *3. Основная часть*

Обучающийся докладывает аудитории подготовленную им информацию со ссылками на нормативно-технические источники, на учебную и дополнительную литературу.

При этом у обучающихся в ходе обсуждения в малых группах развиваются аналитические способности, комплексное видение проблемы, толерантность к разным точкам зрения, что позволяет вовлечь в обсуждение менее активных участников тренинга.

### *4. Заключение*

Напоминание темы и цели занятия. Подведение итогов в виде фронтальной беседы и ответов на ключевые вопросы темы.

## **9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/ практических занятий**

По всем лабораторным /практическим работам общий отчет набирается на компьютере и сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Номер варианта
2. Цель работы
3. Задание
4. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
5. Заключение.

### **Лабораторная работа №1**

Определение поверхности нагрева и конструктивных параметров одноступенчатого воздухоподогревателя.– работа в малой группе (1 час)

Цель работы: освоение методики расчета конструктивных параметров одноступенчатого воздухоподогревателя.

Задание: определить параметры трубчатого воздухоподогревателя – площадь поверхности нагрева, число ходов, число кубов, диаметры и длину труб, продольный и поперечный шаги. Заданы: вид топлива, тип котлоагрегата и параметры теплоносителей.

Порядок выполнения : приводится в литературе [21]. стр. 40-49,85-90.

Форма отчетности: работа включается в отчет по ЛР, содержит расчет вышеуказанных параметров и 2 рис. Воздухоподогревателя: 1. схема его размещения в конвективной шахте котла; 2. схема основного элемента – куба (с расчетными размерами).

Задания для самостоятельной работы: ознакомиться с текстом лекций и учебного пособия [21], стр.40-49,85-90.

#### Дополнительная литература

1. Роддатис К. Ф. Справочник по котельным установкам малой производительности. / К. Ф. Роддатис, А.Н. Полтарецкий. -М.: Энергоатомиздат, 1989. – 487 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки:

1. В зависимости от каких параметров принимают при проектировании температуру на входе в воздухоподогреватель?
2. Как определяются расходы воздуха через воздухоподогреватель при наличии рециркуляции?

### **Лабораторная работа №2**

Определение изменений температур теплоносителей на выходе из воздухоподогревателя и КПД котлоагрегата при изменении температуры дутьевого воздуха.– работа в малой группе (1 час)

Цель работы: изучение закономерностей работы котлоагрегата при изменении режимов его работы.

Задание: рассчитать параметры теплоносителей на выходе из воздухоподогревателя заданной конструкции, известных параметрах дымовых газов на входе, если изменяется температура дутья

евого воздуха сравнительно с режимом, заданным в ЛР№1. Определить изменения КПД котлоагрегата.

Порядок выполнения: порядок расчета параметров теплоносителя приводится в литературе [21], стр. 49-64. После расчета указанных параметров определяются тепловые потери с уходящими газами ( $q_2$ ), согласно [21], стр. 15-20, и изменения потерь ( $\Delta q_2$ ) сравнительно с режимом, рассчитанным в ЛР№1. Затем рассчитываются КПД котлоагрегата в сравниваемых режимах.

Форма отчетности: работа включается в отчет по ЛР, содержит расчет вышеуказанных параметров и вывод, в котором сопоставляются сравнительные режимы.

Задания для самостоятельной работы: ознакомиться с текстом лекций и учебного пособия [21], стр. 15-20, 49-64.

#### Дополнительная литература

1. Роддатис К. Ф. Справочник по котельным установкам малой производительности/ К. Ф. Роддатис, А.Н. Полтарецкий. - М.: Энергоатомиздат, 1989. – 487 с.
2. Трёмбовля В.И. Теплотехнические испытания котельных установок./ В.И. Трёмбовля, Е.Д. Фингер, А.А. Авдеев. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 413 с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Какое уравнение связывает коэффициенты теплопередачи, теплоотдачи и теплопроводности?
2. Какие параметры определяют значения коэффициента теплоотдачи?

### **Лабораторная работа №3**

Определение поверхности нагрева и конструктивных параметров одноступенчатого стального водяного экономайзера.– работа в малой группе (1,5 час)

Цель работы: освоение методики расчета конструктивных параметров одноступенчатого, стального, водяного экономайзера и приращения энтальпии в нём.

Задание: определить конструктивных параметров одноступенчатого, стального, водяного экономайзера – площадь поверхности нагрева, число пакетов и змеевиков, продольный и поперечный шаги труб. Заданы: вид топлива, тип котлоагрегата и параметры теплоносителей.

Задания для самостоятельной работы: ознакомиться с текстом лекций и учебного пособия [21], стр. 90-95.

#### Дополнительная литература

1. Роддатис К. Ф. Справочник по котельным установкам малой производительности/ К. Ф. Роддатис, А.Н. Полтарецкий. - М.: Энергоатомиздат, 1989. – 487 с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Как определяются температуры питательной воды на входе в водяной экономайзер котлоагрегатов низкого и среднего давления?
2. Как определяются температуры питательной воды на входе в водяной экономайзер чугунного и стального типов?

## **Лабораторная работа №4**

Определение поверхности нагрева и конструктивных параметров одноступенчатого чугунного водяного экономайзера.– работа в малой группе (1,5 час)

**Цель работы:** освоение методики расчета конструктивных параметров одноступенчатого, чугунного, водяного экономайзера и приращения энтальпии в нём.

**Задание:** определить конструктивные параметры одноступенчатого, чугунного, водяного экономайзера - площадь поверхности нагрева, число труб в ряду и число рядов. Заданы: вид топлива, тип котлоагрегата и параметры теплоносителей.

**Задания для самостоятельной работы:** ознакомиться с текстом лекций и учебного пособия [21], стр. 95-99.

### Дополнительная литература

1. Роддатис К. Ф. Справочник по котельным установкам малой производительности/ К. Ф. Роддатис, А.Н. Полтарецкий. - М.: Энергоатомиздат, 1989. – 487 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Как определяются температуры питательной воды на входе в водяной экономайзер котлоагрегатов низкого и среднего давления?

## **Практическое занятие № 1**

Общие указания к выполнению курсового проекта.

**Цель работы:** закрепление полученных теоретических знаний, приобретение навыков практического проведения теплового расчета котла, опыта проектирования и конструктивного оформления котлоагрегата.

**Задание:** выполнить тепловой поверочный расчет котлоагрегата заданного типа и производительности, а также конструктивный расчет отдельных поверхностей (при необходимости). задаются след. Параметры: вид топлива, абсолютное давление и температура перегретого пара, питательной воды, дымового воздуха, процент непрерывной продувки.

**Порядок выполнения:** приводится в литературе [21] .

**Форма отчетности:** работа включается в курсовой проект в виде пояснительной записки и графической части. Форма и содержание указанных частей изложены в литературе [21].

**Задания для самостоятельной работы:** ознакомиться с текстом лекций и уч. пос. [21] стр. 5-7. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки, которые приведены после ПЗ№8.

### Основная литература

[1,2]

### Дополнительная литература

[4,5,11]

## **Практическое занятие № 2**

Определение конструктивных особенностей котла при заданных производительности и параметрах пара.

Цель работы: оценка конструктивных особенностей котла- способа сжигания топлива, температур уходящих газов, дутьевого и нагревательного воздуха, компоновки котла – в зависимости от производительности котла и вида топлива.

Задание: определить конструктивные и технологические особенности котла: способ сжигания топлива, температуры уходящих газов, дутьевого и нагревательного воздуха, компоновку котла.  
Заданы: производительность котла и вид топлива.

Порядок выполнения: приводится в дополнительной литературе [21] стр. 8-12.

Форма отчетности: работа включается в курсовой проект в виде пояснительной записки и графической части. Форма и содержание указанных частей изложены в литературе [21].

Задания для самостоятельной работы: ознакомиться с текстом лекций и уч. пос. [ 21] стр. 5-7.  
Ответить на контрольные вопросы для самопроверки, которые приведены после ПЗ№8.

### Основная литература

[1,3]

### Дополнительная литература

[4,12,13]

## **Практическое занятие № 3**

Методика расчета объемов, энтальпий воздуха и продуктов сгорания по газоходам котла.

Цель работы: изучение методики расчета объемов, энтальпий воздуха и продуктов сгорания по газоходам котла.

Задание: рассчитать объемы, энтальпии воздуха и дымовых газов при заданных температурах и виде топлива.

Порядок выполнения: приводится в дополнительной литературе [ 21] стр. 13-17.

Форма отчетности: работа включается в курсовой проект в виде пояснительной записки и графической части. Форма и содержание указанных частей изложены в литературе [21].

Задания для самостоятельной работы: ознакомиться с текстом лекций и уч. пос. [ 21] стр. 13-17.  
Ответить на контрольные вопросы для самопроверки, которые приведены после ПЗ№8.

### Основная литература

[2,3]

### Дополнительная литература

[5,15,16]

#### **Практическое занятие № 4**

Тепловой баланс котла.

Цель: определение коэффициента полезного действия котла, расхода топлива и тепловых потерь по статьям расхода.

Задание: определить КПД котла, расход топлива и тепловые потери в зависимости от производительности котла, его конструктивных особенностей, вида топлива.

Порядок выполнения: приводится в дополнительной литературе [ 21] стр. 18-23.

Форма отчетности: работа включается в курсовой проект в виде пояснительной записки и графической части. Форма и содержание указанных частей изложены в литературе [21].

Задания для самостоятельной работы: ознакомиться с текстом лекций и уч. пос. [21] стр. 18-23. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки, которые приведены после ПЗ№8.

Основная литература

[1,3]

Дополнительная литература

[15,17]

#### **Практическое занятие № 5**

Тепловой расчет топочной камеры.

Цель: определить теоретическую температуру горения и реальную температуру газов на выходе из топки.

Задание: определить теоретическую температуру горения и реальную температуру газов на выходе из топки при заданных производительности котла, виде топлива и способе сжигания.

Порядок выполнения: приводится в дополнительной литературе [ 21] стр. 24-39.

Форма отчетности: работа включается в курсовой проект в виде пояснительной записки и графической части. Форма и содержание указанных частей изложены в литературе [21].

Задания для самостоятельной работы: ознакомиться с текстом лекций и уч. пос. [ 21] стр. 24-39. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки, которые приведены после ПЗ№8.

Основная литература

[1,3]

Дополнительная литература

[18,19]

#### **Практическое занятие № 6**

Тепловой поверочный расчеты фестона и котельного пучка.

Цель: определить температуру газов на выходе из рассматриваемой поверхности нагрева и приращения энтальпии пароводяной смеси в ней .

Задание: определить температуру газов на выходе из рассматриваемой поверхности нагрева и приращения энтальпии пароводяной смеси в ней при заданных температуре газов на входе и конструктивных параметрах.

Порядок выполнения: приводится в дополнительной литературе [ 21] стр70-73.

Форма отчетности: работа включается в курсовой проект в виде пояснительной записки и графической части. Форма и содержание указанных частей изложены в литературе [21].

Задания для самостоятельной работы: ознакомиться с текстом лекций и уч. пос. [21] стр. 70-73. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки, которые приведены после ПЗ№8.

#### Основная литература

[1,3]

#### Дополнительная литература

[18,20]

### **Практическое занятие № 7**

Тепловой расчет пароперегревателя.

Цель: определить температуру газов и пара на выходе из пароперегревателя.

Задание: определить температуру газов и пара на выходе из пароперегревателя при заданных производительности котла, виде топлива и конструкции пароперегревателя.

Порядок выполнения: приводится в дополнительной литературе [21] стр. 73-78.

Форма отчетности: работа включается в курсовой проект в виде пояснительной записки и графической части. Форма и содержание указанных частей изложены в литературе [21].

Задания для самостоятельной работы: ознакомиться с текстом лекций и уч. пос. [21] стр. 73-78. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки, которые приведены после ПЗ№8.

#### Основная литература

[1,2]

#### Дополнительная литература

[19,20]

### **Практическое занятие № 8**

Сводная таблица и проверка теплового расчета.

Цель: проверка правильности выполненных тепловых расчетов котла..

Задание: определить невязку теплового баланса котла от величины располагаемого тепла топлива на его рабочую массу.

Порядок выполнения: приводится в дополнительной литературе [ 21] стр. 100.

Форма отчетности: работа включается в курсовой проект в виде пояснительной записки и графической части. Форма и содержание указанных частей изложены в литературе [21].

Задания для самостоятельной работы: ознакомиться с текстом лекций и уч. пос. [21] стр. 100. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки, которые приведены после ПЗ№8.

#### Основная литература

[2,3]

#### Дополнительная литература

[11,18]

#### Контрольные вопросы для самопроверки ко всем практическим занятиям:

1. Какие значения избытков воздуха принимаются при проектировании топок слоевого сжигания и почему?
2. Какие значения избытков воздуха принимаются при проектировании топок с камерным сжиганием твердого, жидкого, газообразного топлива и почему?
3. В зависимости от каких показателей принимается температура уходящих газов при проектировании котельных агрегатов?
4. Чем отличаются цели теплового расчета КА при поверочном конструктивном расчетах?
5. Какие параметры определяют температуру дымовых газов на выходе из топки?
6. Соблюдение какого условия позволяет считать законченным тепловой расчет топки котлоагрегата?
7. Какие параметры входят в уравнение теплообмена (теплопередачи) расчетной поверхности нагрева?
8. Какие параметры входят в уравнения тепловых балансов расчетной поверхности нагрева?
9. Какие параметры пароперегревателя изменяют при необходимости изменения его поверхности нагрева?
10. Какие составляющие определяют теоретический объем (расход) продуктов сгорания?
11. Как определяются температурные напоры: при прямотоке, противотоке, смешанном токе движения теплоносителей?
12. Как определяются температуры нагреваемой среды в фестолах и котельных пучках?
13. Насколько может отличаться расчетная температура уходящих газов от предварительно принятой чтобы считать расчет завершенным?
14. По какому параметру определяется невязка теплового баланса котлоагрегата при завершении расчета?

## **9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта**

Целью выполнения курсового проекта «Тепловой расчет котельных агрегатов» является закрепление полученных теоретических знаний, приобретение навыков практического теплового расчета котла, развитие у студентов самостоятельности при решении инженерных задач и навыков работы с нормативной и технической литературой.

Объектом проектирования является котельный агрегат, для которого необходимо выполнить тепловые расчеты, с целью определения основных режимных и конструктивных параметров. Тематика курсовых проектов связана с реконструкцией котла, переводом его работы с одного топлива на другое, изменением производительности по пару или режимных параметров.

Выполнение курсового проекта осуществляется по индивидуальному заданию. Задание на курсовой проект выдается руководителем на отдельном листе, содержащем наименование работы, содержание графической части, сроки представления и защиты. Лист с заданием включается в пояснительную записку.

### Основная литература

Пак Г.В. Котельные установки промышленных предприятий. Тепловой расчет промышленных котельных агрегатов: учебное пособие/ Г.В. Пак, В.К. Елсуков, С.В. Латушкина. - Братск: изд-во ФГБОУ ВО «БрГУ», 2015.- 146 с. [ раздел 1.1-1.3.]

### 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Microsoft Imagine Premium
2. ОС Windows 7 Professional
3. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
4. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.
5. ИСС "Кодекс". Информационно-справочная система
6. Справочно-правовая система «Консультант Плюс»
7. Архиватор 7-Zip
8. Adobe Reader
9. doPDF
10. Ай-Логос Система дистанционного обучения
11. КОМПАС-3D V13

### 11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР, ПЗ</i>
1	2	3	4
ЛР	дисплейный класс	Оборудование Интерактивная доска SMART Board 680I, проектор Casio XJ-UT310WN; 17-ПК: CPU 5000/RAM 2Gb/HDD; Монитор TFT 19 LG1953S-SF; Принтер: HP LaserJet P2015n; Сканер: Canon LiDE 220	№№ 1-4
ПЗ	дисплейный класс	Оборудование Интерактивная доска SMART Board 680I, проектор Casio XJ-UT310WN; 17-ПК: CPU 5000/RAM 2Gb/HDD; Монитор TFT 19 LG1953S-SF; Принтер: HP LaserJet P2015n; Сканер: Canon LiDE 220	№№ 1-8
КП	дисплейный класс	Оборудование Интерактивная доска SMART Board 680I, проектор Casio XJ-UT310WN; 17-ПК: CPU 5000/RAM 2Gb/HDD; Монитор TFT 19 LG1953S-SF; Принтер: HP LaserJet P2015n; Сканер: Canon LiDE 220	-
СР	Читальный зал №3	Оборудование 15 ПК- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF);принтер HP LaserJet P3005	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

<b>№ компетенции</b>	<b>Элемент компетенции</b>	<b>Тема</b>	<b>ФОС</b>
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию	<b>1.</b> Общая характеристика современных котельных установок (КУ), их место и роль на промпредприятиях. Источники теплоты промышленных КУ. Материальные и тепловые балансы котлов КУ при работе на различных топливах	экзаменационные вопросы
		<b>2.</b> Конструкции, выбор и расчет топочных устройств для сжигания газового, жидкого, твердого топлив и производственных отходов.	экзаменационные вопросы
		<b>3.</b> Теплообмен в элементах котла	экзаменационные вопросы
		<b>4.</b> Гидродинамика котельного агрегата (КА). Обеспечение надежной гидродинамики в КА с естественной и принудительной циркуляцией воды и пароводяной смеси. Основы методики расчета простых и сложных контуров циркуляции.	экзаменационные вопросы
		<b>5.</b> Аэродинамика котельного агрегата.	экзаменационные вопросы
		<b>5.</b> Основные элементы КА. Пароперегреватели котлов, конструктивные схемы включения в дымовой тракт, методы регулирования температуры пара. Экономайзеры и их включение в питательные магистрали. Конструктивные схемы воздухоподогревателей.	экзаменационные вопросы
		<b>7.</b> Конструкции котлов с естественной циркуляцией, прямоточных и с многократной принудительной циркуляцией. Водогрейные и пароводогрейные котлы. Котлы высоко- и низконапорные, прямого действия и с неводяными теплоносителями. Котлы на отходящих газах, котлы, использующие теплоту технологического продукта. Испарительное охлаждение элементов технологических установок. Энерготехнологические КА.	экзаменационные вопросы
ПК-10	готовность к участию в работах по освоению и доводке	<b>1.</b> Общая характеристика современных котельных установок (КУ), их место и роль на промпредприятиях. Источники теплоты промышленных КУ. Материальные и тепловые балансы котлов КУ при работе на различных топливах	экзаменационные вопросы

	технологических процессов	2. Конструкции, выбор и расчет топочных устройств для сжигания газового, жидкого, твердого топлив и производственных отходов.	экзаменационные вопросы
		3. Теплообмен в элементах котла	экзаменационные вопросы
		4. Гидродинамика котельного агрегата (КА). Обеспечение надежной гидродинамики в КА с естественной и принудительной циркуляцией воды и пароводяной смеси. Основы методики расчета простых и сложных контуров циркуляции.	экзаменационные вопросы
		5. Аэродинамика котельного агрегата.	экзаменационные вопросы
		6. Основные элементы КА. Пароперегреватели котлов, конструктивные схемы включения в дымовой тракт, методы регулирования температуры пара. Экономайзеры и их включение в питательные магистрали. Конструктивные схемы воздухоподогревателей.	экзаменационные вопросы
		7. Конструкции котлов с естественной циркуляцией, прямоточных и с многократной принудительной циркуляцией. Водогрейные и пароводогрейные котлы. Котлы высоко- и низконапорные, прямого действия и с неводными теплоносителями. Котлы на отходящих газах, котлы, использующие теплоту технологического продукта. Испарительное охлаждение элементов технологических установок. Энерготехнологические КА.	экзаменационные вопросы
		8. Вспомогательное оборудование котельных установок: системы топливоподачи, системы золошлакоудаления, системы очистки продуктов сгорания от твердых и газообразных примесей. Металлы, используемые в котлостроении. Каркас и обмуровка котла.	экзаменационные вопросы

## 2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование темы
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ОК-7	- способность к самоорганизации и самообразованию	<p><b>1.1.</b> Энергетические ресурсы. Источники тепловой и электрической энергии.</p> <p><b>1.2.</b> Технологическая схема котельной установки: состав, основное и вспомогательное оборудование и принцип ее работы.</p> <p><b>1.3.</b> Материальные балансы парогенератора.</p> <p><b>1.4.</b> Тепловой баланс котельного агрегата.</p> <p><b>1.5.</b> Коэффициент полезного действия котла. Понятие о к.п.д. «брутто» и «нетто».</p>	<p><b>1.</b> Общая характеристика современных котельных установок (КУ), их место и роль на промпредприятиях. Источники теплоты промышленных КУ. Материальные и тепловые балансы котлов КУ при работе на различ-</p>

			<p><b>1.6.</b> Требования к топочным устройствам котлов и показатели их работы.</p>	<p>ных топливах</p>
			<p><b>2.1.</b> Классификация топочных устройств. Схемы организации процесса сжигания твердого топлива и общие характеристики топок.  <b>2.2.</b> Сжигание газообразного топлива. Организация процесса сжигания. Топки для сжигания газового топлива. Классификация горелок и их конструктивное оформление.  <b>2.3.</b> Сжигание газообразных топлив с различной теплотой сгорания. Сжигание газа совместно с другими видами топлив. Эксплуатация котлов, работающих на газовом топливе, и обеспечение техники безопасности.  <b>2.4.</b> Сжигание жидкого топлива. Организация сжигания жидкого топлива. Классификация и конструкции форсунок.  <b>2.5.</b> Топки для сжигания мазута. Эксплуатация котлов, работающих на мазуте и обеспечение техники безопасности.  <b>2.6.</b> Сжигание кускового топлива. Характеристика процессов горения топлива в слое.  <b>2.7.</b> Классификация, конструкции, характеристики области применения и принцип работы слоевых топок с плотным слоем кускового топлива.  <b>2.8.</b> Слоевые топки с кипящим слоем.  <b>2.9.</b> Сжигание топлива в пылевидном состоянии. Классификация пылеугольных горелок. Расположение горелок в топке.  <b>2.10.</b> Топки для факельного сжигания угольной пыли. Конструкции топок. Способы удаления шлака. Назначение зажигающего пояса. Техника безопасности при сжигании и приготовлении угольной пыли.  <b>2.11.</b> Схемы систем пылеприготовления.  <b>2.12.</b> Вихревые (циклонные) топки для сжигания угольной пыли. Конструктивные особенности и характеристики.</p>	<p><b>2.</b> Конструкции, выбор и расчет топочных устройств для сжигания газового, жидкого, твердого топлив и производственных отходов.</p>
			<p><b>3.1.</b> Организация процессов передачи тепла в котле. Понятие о радиационных и конвективных поверхностях нагрева.  <b>3.2.</b> Теплообмен в топке котла. Источники излучения. Методика расчета теплообмена в топке. Основные зависимости и понятия, используемые при тепловом расчете топки.  <b>3.3.</b> Методика расчета теплообмена в конвективных поверхностях нагрева парогенератора. Интенсификация теплообмена в котлах.  <b>3.4.</b> Тепловая схема котла: требования и основные характеристики. Примеры тепловых схем котла.  <b>3.5.</b> Выбор температуры продуктов сгорания на выходе из топки и температуры уходящих газов.</p>	<p><b>3.</b> Теплообмен в элементах котла</p>

2	ПК-10	- готовность к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов	<p><b>3.6.</b> Выбор компоновки водяного экономайзера и воздухоподогревателя.</p> <p><b>3.7.</b> Тепловой расчет котельных агрегатов. Рекомендации по методике расчета основных элементов котла.</p>	
			<p><b>4.1.</b> Гидродинамика котла. Условия надежной работы элементов котла. Сущность и значение циркуляции воды, кратность циркуляции. Основное расчетное уравнение при движении воды в трубах.</p> <p><b>4.2.</b> Режим, структура и характеристика рабочих тел при движении в трубах.</p> <p><b>4.3.</b> Гидродинамика испарительных систем котла с естественной циркуляцией. Уравнение движения пароводяной смеси.</p>	<p><b>4.</b> Гидродинамика котельного агрегата (КА). Обеспечение надежной гидродинамики в КА с естественной и принудительной циркуляцией воды и пароводяной смеси. Основы методики расчета простых и сложных контуров циркуляции.</p>
			<p><b>5.1.</b> Аэродинамика газовоздушного тракта котла: системы и методика его расчета.</p>	<p><b>5.</b> Аэродинамика котельного агрегата.</p>
			<p><b>6.1.</b> Испарительные поверхности нагрева котлов. Характеристики и конструкции экранных поверхностей котлов с естественной циркуляцией и прямоточных котлов. Схемы конвективных испарительных поверхностей нагрева в котлах с различными параметрами пара.</p> <p><b>6.2.</b> Классификация пароперегревателей. Радиационные (ширмовые) пароперегреватели. Назначение, схемы установки, конструктивное решение и технические характеристики.</p> <p><b>6.3.</b> Конвективные пароперегреватели. Назначение, конструктивное решение и технические характеристики.</p> <p><b>6.4.</b> Компоновка трубчатого пароперегревателя: схемы и целесообразность использования различных схем.</p> <p><b>6.5.</b> Регулирование температуры пара. Способы, схемы и конструкции пароохладителей. Газовое регулирование.</p> <p><b>6.6.</b> Водяные экономайзеры: классификация, конструкции, технические характеристики и схемы компоновки.</p> <p><b>6.7.</b> Воздухоподогреватели: классификация, конструкции, технические характеристики и схемы компоновки.</p>	<p><b>6.</b> Основные элементы КА. Пароперегреватели котлов, конструктивные схемы включения в дымовой тракт, методы регулирования температуры пара. Экономайзеры и их включение в питательные магистраль. Конструктивные схемы воздухоподогревателей.</p>
		<p><b>7.1.</b> Классификация котлов по назначению, организации движения воды и пара, давлению и мощности. Схемы котлов типа Е, П и Пр. Обозначение котлов.</p> <p><b>7.2.</b> Котельные агрегаты низкого давления. Области применения. Особенности и примеры конструкций котлов низкого давления.</p> <p><b>7.3.</b> Энергетические котлы с естественной циркуляцией. Характеристики, примеры конструктивного решения.</p>	<p><b>7.</b> Конструкции котлов с естественной циркуляцией, прямоточных и с многократной принудительной циркуляцией. Водогрейные и пароводогрейные котлы. Котлы высоко- и низконапорные, прямого действия и с неводяными теплоносителями.</p>	

			<p><b>7.4.</b> Прямоточные котлы. Характеристики, назначение. Особенности и примеры конструктивных решений</p>	<p>Котлы на отходящих газах, котлы, использующие теплоту технологического продукта. Испарительное охлаждение элементов технологических установок. Энерготехнологические КА.</p>
			<p><b>8.1.</b> Выбор дутьевого вентилятора и дымососа. Методика расчета дымовых труб.  <b>8.2.</b> Основные материалы котла. Каркас котла.  <b>8.3.</b> Очистка поверхностей нагрева.  <b>8.4.</b> Топливное хозяйство котельных установок при сжигании твердого топлива, мазута и газа.  <b>8.5.</b> Шлакозолоудаление. Механическая, пневматическая гидравлическая системы: принципы работы, схемы, технические характеристики, преимущества и недостатки.</p>	<p><b>8.</b> Вспомогательное оборудование котельных установок: системы топливоподачи, системы золошлакоудаления, системы очистки продуктов сгорания от твердых и газообразных примесей. Металлы, используемые в котлостроении. Каркас и обмуровка котла.</p>

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> (ОК-7): - теоретические основы процессов теплообмена и теплопередачи тепловой энергии в энергетических установках (ПК-10): - теоретические основы энергетических процессов протекающих в теплосиловых установках при изменении их режимов;</p> <p><b>Уметь</b> (ОК-7): - рассчитывать энергетические показатели энергетических установок теплоисточников в различных режимах работы; (ПК-10): - рассчитывать технико-экономические показатели теплоисточников при их работе совместно с нетрадиционными источниками энергии;</p> <p><b>Владеть</b> (ОК-7): - методиками расчета технико-экономических показателей теплоисточников. (ПК-10):</p>	<b>отлично</b>	<p>Оценка «отлично» выставляется в случае, когда обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– всестороннее систематическое знание программного материала;</li> <li>– правильное выполнение практических заданий, направленных на применение программного материала;</li> <li>– правильное применение основных положений программного материала.</li> </ul>
	<b>хорошо</b>	<p>Оценка «хорошо» выставляется в случае, когда обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– недостаточно полное знание программного материала;</li> <li>– выполнение с несущественными ошибками практических заданий, направленных на применение программного материала;</li> <li>– применение с несущественными ошибками основных положений программного материала.</li> </ul>
	<b>удовлетворительно</b>	<p>Оценка «удовлетворительно» выставляется в случае, когда обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– частичное знание программного материала;</li> <li>– частичное выполнение практических заданий, направленных на применение программного материала;</li> </ul>

- методами выбора структуры основного и вспомогательного оборудования теплоисточников.		– частичное применение основных положений программного материала.
	<b>неудовлетворительно</b>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, когда обучающийся демонстрирует: – существенные пробелы в знании программного материала; – принципиальные ошибки при выполнении практических заданий, направленных на применение программного материала; – невозможность применения основных положений программного материала.

#### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина «Котельные установки и парогенераторы» направлена на выявление естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности с привлечением для их решения соответствующего физико-математического аппарата; на получение теоретических знаний и практических навыков для их дальнейшего использования в практической деятельности.

Изучение дисциплины предусматривает:

- лекции;
- практические занятия;
- лабораторные работы;
- экзамен;
- курсовой проект.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам: формулировке основных положений теории и теорем; умение применять теорию для решения типовых задач.

В процессе проведения практических занятий происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков реализации представления о решении задач по вышеприведенным разделам.

Самостоятельную работу необходимо начинать с ознакомления теоретической учебно-научной информацией в учебной литературе.

В процессе консультации с преподавателем разобраться с наиболее сложными вопросами теории и методикой решения типовых задач.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой.

## **АННОТАЦИЯ рабочей программы дисциплины**

### **Котельные установки и парогенераторы**

#### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является: подготовка обучающихся к самостоятельному решению теоретических и прикладных задач в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов при работе теплоэнергетических объектов.

Задачей изучения дисциплины: подготовка обучающихся к самостоятельной деятельности по выполнению в условиях реального производства проектно-конструкторских и научно-исследовательских работ, а также эксплуатации котлоагрегатов при минимальных затратах энергетических, материальных и трудовых ресурсов, обеспечении охраны окружающей среды и техники безопасности.

#### **2. Структура дисциплины**

2.1. Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: лекции 36 часов, лабораторные работы 36 часов, практические занятия 36 часов, самостоятельная работа 90 часов.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 252 часа, 7 зачетных единиц.

#### **2.2. Основные разделы дисциплины:**

1 – Общая характеристика современных котельных установок (КУ), их место и роль на промпредприятиях. Источники теплоты промышленных КУ. Материальные и тепловые балансы котлов КУ при работе на различных топливах.

2 – Конструкции, выбор и расчет топочных устройств для сжигания газового, жидкого, твердого топлив и производственных отходов.

3 – Теплообмен в элементах котла.

4 – Гидродинамика котельного агрегата (КА). Обеспечение надежной гидродинамики в КА с естественной и принудительной циркуляцией воды и пароводяной смеси. Основы методики расчета простых и сложных контуров циркуляции.

5 – Аэродинамика котельного агрегата.

6 – Основные элементы КА. Пароперегреватели котлов, конструктивные схемы включения в дымовой тракт, методы регулирования температуры пара. Экономайзеры и их включение в питательные магистрали. Конструктивные схемы воздухоподогревателей.

7 – Конструкции котлов с естественной циркуляцией, прямоточных и с многократной принудительной циркуляцией. Водогрейные и пароводогрейные котлы. Котлы высоко- и низконапорные, прямого действия и с неводяными теплоносителями. Котлы на отходящих газах, котлы, использующие теплоту технологического продукта. Испарительное охлаждение элементов технологических установок. Энерготехнологические КА.

8 – Вспомогательное оборудование котельных установок: системы топливоподачи, системы золошлакоудаления, системы очистки продуктов сгорания от твердых и газообразных примесей. Металлы, используемые в котлостроении. Каркас и обмуровка котла.

#### **3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОК-7 - способность к самоорганизации и самообразованию;

ПК-10 - готовность к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов.

#### **4. Вид промежуточной аттестации: экзамен, КП.**

**Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе**

**на 20\_\_-20\_\_ учебный год**

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

\_\_\_\_\_

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

\_\_\_\_\_

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
*(разработчик)*

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
*(подпись)*

\_\_\_\_\_  
*(Ф.И.О.)*

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника от «01» октября 2015 г. № 1081.

**для набора 2015 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «04» декабря 2015 г. №771 , заочной формы обучения от «04» декабря 2015 г. №771

**для набора 2016 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» июня 2016 г. №429 , заочной формы обучения от «06» июня 2016 г. №429 для заочной формы (ускоренного обучения) от «06» июня 2016 г. № 429

**для набора 2017 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» марта 2017 г. №125 , заочной формы обучения от «06» марта 2017 г. №125 для заочной формы (ускоренного обучения) от «04» апреля 2017 г. №203

**для набора 2018 года** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018 г. №130 , заочной формы обучения от «12» марта 2018 г. №130

**Программу составил:**

Елсуков В.К. профессор, д.т.н. кафедры ПТЭ \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ПТЭ от «13» декабря 2018 г., протокол № 4

Заведующий кафедрой ПТЭ \_\_\_\_\_ Федяев А.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой ПТЭ \_\_\_\_\_ Федяев А.А.

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией факультета ЭиА

от «28» декабря 2018 г., протокол № 5

Председатель методической комиссии факультета ЭиА \_\_\_\_\_ А.Д.Ульянов

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник учебно-методического управления \_\_\_\_\_ Г.П. Нежевец

Регистрационный № \_\_\_\_\_