

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Забайкальский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Энергетический факультет
Кафедра Энергетики

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

Энергетический факультет

Батухтин Андрей
Геннадьевич

«___» _____ 20___
г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.05 Котельные установки и парогенераторы
на 288 часа(ов), 7 зачетных(ые) единиц(ы)

для направления подготовки (специальности) 13.03.01 - Теплоэнергетика и теплотехника

составлена в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным приказом
Министерства образования и науки Российской Федерации от
«___» _____ 20___ г. №___

Профиль – Тепловые электрические станции (для набора 2022)
Форма обучения: Очная

1. Организационно-методический раздел

1.1 Цели и задачи дисциплины (модуля)

Цель изучения дисциплины:

Целью изучения курса является подготовка студента к выполнению эксплуатационной, научно-исследовательской, монтажно-наладочной и организационно-управленческой деятельности в области котельных установок и парогенераторов для ТЭС и АЭС.

Задачи изучения дисциплины:

Задачами курса являются подготовка студента к решению следующих профессиональных задач: - исследование рабочих процессов в элементах паровых котлов и парогенераторов; - разработка узлов и элементов котельных установок и их связь с эксплуатацией; - расчет элементов парогенераторов, разработка вариантов решения и их анализ; - использование информационных технологий при расчете и конструировании паровых котлов; - использование компьютерных технологий моделирования и обработки результатов; - осуществление технического контроля, испытаний и управления качеством в процессе производства и эксплуатации котельных установок и парогенераторов.

1.2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП

«Котельные установки и парогенераторы» относится к вариативной части Блока 1. Курс предполагает, что студенты получили предварительно необходимую теоретическую и практическую подготовку при изучении основных теплоэнергетических дисциплин: «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен», «Гидрогазодинамика».

1.3. Объем дисциплины (модуля) с указанием трудоемкости всех видов учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 7 зачетных(ые) единиц(ы), 288 часов.

Виды занятий	Семестр 4	Семестр 5	Всего часов
Общая трудоемкость			288
Аудиторные занятия, в т.ч.	48	68	116
Лекционные (ЛК)	32	34	66
Практические (семинарские) (ПЗ, СЗ)	16	34	50
Лабораторные (ЛР)	0	0	0
Самостоятельная работа студентов	60	76	136

(СРС)			
Форма промежуточной аттестации в семестре	Зачет	Экзамен	36
Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП)		КП	

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы		Планируемые результаты обучения по дисциплине
Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции, формируемые в рамках дисциплины	Дескрипторы: знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности
ПК-1	ИД-1. Способен принимать и обосновывать конкретные технические решения при разработке ОПД, их элементов и систем	<p>Знать: Современные и перспективные технологии комбинированного производства тепловой и электрической энергии; Методики расчета основных и вспомогательных элементов котельных установок и парогенераторов;</p> <p>Уметь: Проводить теплотехнические расчеты по типовым методикам, не затрудняясь с решениями видоизмененных типовых заданий; Выбирать серийное и нестандартное оборудование технологических процессов;</p> <p>Владеть: Навыками использования справочной литературы и специальных нормативных документов по расчету котельных установок; Навыками по освоению и доведению технологических процессов;</p>
ПК-5	Демонстрирует знание требований НТД	Знать: Современные и перспективные технологии

	<p>при проектировании ОПД, их элементов и систем</p>	<p>комбинированного производства тепловой и электрической энергии;</p> <p>Типовые методики расчета основных и вспомогательных элементов паровых котлов;</p> <p>Уметь: Проводить теплотехнические расчеты по типовым методикам, не затрудняясь с решениями новых не типовых заданий; Выбирать серийное и нестандартное оборудование</p> <p>Владеть: Навыками использования справочной литературы и специальных нормативных документов по расчету котельных установок и парогенераторов; Навыками по освоению и доведению технологических процессов;</p>
--	--	--

3. Содержание дисциплины

3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

3.1 Структура дисциплины для очной формы обучения

Модуль	Номер раздела	Наименование раздела	Темы раздела	Всего часов	Аудиторные занятия			С Р С
					Л К	П З (С З)	Л Р	
1	1.1	Роль парового котла и парогенератора в схемах тепловых и атомных электрических станций. Технологическая схема производства	Предмет и содержание дисциплины, основные определения. Назначение и роль котельного агрегата в технологической схеме ТЭС. Технологические схемы ТЭС и АЭС. Технологическая схема производства пара. Классификация	18	2	0	0	16

		пара.	котельных агрегатов. Топливный, водопаровой, воздушный и газовый тракты. Основные характеристики котельного агрегата и их маркировка.					
	1.2	Характеристики органического топлива, подготовка топлива к сжиганию, основные технологические схемы и конструкция элементов топливоподготовки и топливоподачи.	Понятие об энергетическом топливе, органическое и ядерное топливо. Элементарный состав. Расчетные массы топлива. Теплота сгорания органического топлива. Условное топливо. Приведенные характеристики топлива. Технические характеристики твердого, жидкого и газообразного топлива. Маркировка топлива. Принципиальные схемы сжигания угля и классификация схем пылеприготовления. Особенности схем с прямым вдуванием, замкнутых и разомкнутых с промежуточным бункером. Технические характеристики угольной пыли.	22	8	4	0	10
2	2.1	Продукты сгорания.	Состав и объем продуктов сгорания. Расчет действительного объема газов. Энтальпия продуктов сгорания и воздуха. Построение таблиц и графиков энтальпий для проведения теплового расчета котельного агрегата. Теоретическая температура горения. Уравнение полного и	22	10	2	0	10

			<p>неполного горения. Определение содержания окиси углерода из уравнения неполного горения. Топливные константы.</p>					
	2.2	Тепловой баланс котельного агрегата.	<p>Определение избытка воздуха по газовому анализу. Азотная, кислородная и углекислотная формула подсчета коэффициента избытка воздуха. Присосы воздуха, методы определения, требования ПТЭ по нормированию плотности газового тракта. Эксплуатационный контроль режима горения по газовому анализу. Потеря тепла с уходящими газами (q_2). Зависимость потери q_2 от температурного напора на воздухоподогревателе и температуры питательной воды. Оптимальная температура уходящих газов для различных котлов. Потеря тепла с химическим недожогом (q_3). Критический избыток воздуха, методы определения q_3. Потери тепла с механическим недожогом (q_4), методы определения q_4. Потери тепла от наружного охлаждения (q_5) и с физическим теплом шлака (q_6). Влияние коэффициента избытка воздуха на потери тепла. Основы проведения</p>	34	10	4	0	20

			<p>балансовых испытаний котельного агрегата. Располагаемое тепло, общее уравнение теплового баланса, тепловые потери котельного агрегата и расхода топлива на котел. КПД котла брутто и нетто. Определение КПД котла прямым и обратным балансом.</p>					
3	3.1	<p>Принцип конструирования топочных камер. Процессы с газовой стороны поверхностей нагрева. Основные профили паровых котлов. Тепловые характеристики и принципы работы в атомных электрических станций.</p>	<p>Топочные устройства для реализации различных методов сжигания. Классификация камерных топок. Расчетные характеристики топочных камер, определение объема и геометрических размеров топки. Топочные камеры газомазутных котельных агрегатов. Горелочные устройства для сжигания газа и мазута, комбинированные горелки. Конструкции форсунок для распыливания мазута. Основы расчета газовых горелок. Эксплуатация и режимы работы газомазутных топок. Факельные и вихревые топки для сжигания твердого топлива, новые конструкции топок, топки с жидким и твердым шлакоудалением. Горелочные устройства для сжигания твердого топлива. Особенности эксплуатации</p>	40	10	10	0	20

			<p>пылеугольных топок. Принцип компоновки поверхностей нагрева по ходу продуктов сгорания. Составление тепловой схемы парового котла. Распределение теплоты между поверхностями нагрева котельного агрегата в зависимости от параметров пара. Компоновочные решения современных котельных агрегатов.</p>					
	3.2	<p>Внутрикотловая гидродинамика, температурный режим поверхностей нагрева. Тепло-гидравлическая разверка и гидродинамика рабочей среды в поверхностях нагрева. Водный режим котельных агрегатов. Требования к качеству пара и питательной воды.</p>	<p>Классификация разомкнутых гидравлических систем. Гидравлическая устойчивость в горизонтальных и вертикальных парообразующих трубах. Тепловая и гидравлическая разверка в системе труб, основные определения. Коэффициенты тепловой и гидравлической разверки, их взаимосвязь. Методы расчета и построения разверочных характеристик. Гидродинамическая устойчивость в системе с развернутыми трубами. Влияние коллекторов на распределение рабочей среды по трубам. Закономерности естественной циркуляции. Методика расчета контура циркуляции. Полная гидравлическая характеристика</p>	40	10	10	0	20

			<p>парообразующих труб. Гидродинамика опускных труб и ее влияние на надежность циркуляции. Закономерности барботажного процесса. Загрязнения питательной воды и их влияние на работу оборудования. Растворимость примесей. Закономерности образования отложений. Растворимость примесей в перегретом паре. Переход примесей из воды в насыщенный пар. Механизм и закономерности образования влаги. Распределение примесей между водой и равновесным насыщенным паром. Методы вывода примесей из цикла. Водный режим прямоточных и барбанных котлов. Методы получения чистого пара.</p>					
4	4.1	<p>Условия работы поверхностей нагрева. Принципы кон- струирования котельного агрегата. Тепловой, аэр- одинамически й, гидравличес- кий и прочностной расчёт котельного</p>	<p>Особенности теплообмена в топке и тепловые характеристики экранов. Излучательная способность факела. Расчет теплообмена излучением в топочной камере. Теплообмен в газоходах котла. Тепловосприятие парообразующих поверхностей и их компоновка. Методы повышения надежности</p>	40	10	10	0	20

		<p>агрегата. Нестационарные процессы в парогенераторах и котлах. Основные положения эксплуатации котельных агрегатов. Пуск и останов котла; обеспечение надёжности эксплуатации.</p>	<p>топочных экранов котлов. Газоплотные экраны. Классификация пароперегревателей. Компоновка низкотемпературных поверхностей нагрева. Конструкции воздухоподогревателей и экономайзеров. Коррозия и абразивный износ конвективных поверхностей нагрева. Условия работы и компоновка пароперегревателей. Методы регулирования температуры перегретого пара. Конструкторский и поверочный тепловой расчет котла. Методика расчета на ЭВМ. Эксплуатационные режимы и показатели. Стационарные и нестационарные режимы работы. Пусковые схемы. Режимы останова, сброса и нагрузки, растопки котла и пуска блока. Требования ПТЭ по эксплуатации котельных агрегатов.</p>						
	4.2	<p>Парогенераторы утилизационного, сбросного типа для парогазовых установок. Особенности конструкции и расчёта. Строительные конструкции и вспомогательн</p>	<p>Парогенераторы утилизационного типа для парогазовых установок. Особенности конструкции и расчёта. Строительные конструкции и вспомогательное оборудование котла. Перспективы развития котельных агрегатов и парогенераторов. Классификация АЭС и</p>	36	6	10	0	20	

		ое оборудование котла. Перспективы развития котельных агрегатов и па рогенераторов	их особенности. Парогенераторы с водным, жидкометаллическим и газовым теплоносителем. Реактор как генератор пара.					
Итого				252	66	50	0	136

3.2. Содержание разделов дисциплины

3.2.1. Лекционные занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)
1	1.1	Предмет и содержание дисциплины, основные определения. Назначение и роль котельного агрегата в тех нологической схеме ТЭС. Те хнологические схемы ТЭС и АЭС. Техноло гическая схема производства пара. Класси фикация котельных агрегатов. Топливный, водопаровой, воздушный и газовый тракты. Основные характеристик и котельного агрегата и их	Предмет и содержание дисциплины, основные определения. Назначение и роль котельного агрегата в технологической схеме ТЭС. Технологические схемы ТЭС и АЭС. Технологическая схема производства пара. Классификация котельных агрегатов. Топливный, водопаровой, воздушный и газовый тракты. Основные характеристики котельного агрегата и их маркировка.	2

		маркировка.		
	1.2	<p>Понятие об энергетическом топливе, органическое и ядерное топливо.</p> <p>Элементарный состав.</p> <p>Расчетные массы топлива.</p> <p>Теплота сгорания органического топлива.</p> <p>Условное топливо.</p> <p>Приведенные характеристик и топлива.</p> <p>Технические характеристик и твердого, жидкого и газообразного топлива.</p> <p>Маркировка топлива. Принципиальные схемы сжигания угля и классификация схем пылеприготовления.</p> <p>Особенности схем с прямым вдуванием, замкнутых и разомкнутых с промежуточным бункером.</p> <p>Технические характеристик и угольной пыли.</p>	<p>Понятие об энергетическом топливе, органическое и ядерное топливо.</p> <p>Элементарный состав. Расчетные массы топлива. Теплота сгорания органического топлива. Условное топливо. Приведенные характеристики топлива.</p> <p>Технические характеристики твердого, жидкого и газообразного топлива. Маркировка топлива.</p> <p>Принципиальные схемы сжигания угля и классификация схем пылеприготовления. Особенности схем с прямым вдуванием, замкнутых и разомкнутых с промежуточным бункером. Технические характеристики угольной пыли.</p>	8

2	2.1	<p>Состав и объем продуктов сгорания. Расчет действительного объема газов. Энтальпия продуктов сгорания и воздуха. Построение таблиц и графиков энтальпий для проведения теплового расчета котельного агрегата. Теоретическая температура горения. Уравнение полного и неполного горения. Определение содержания окиси углерода из уравнения неполного горения. Топливные константы.</p>	<p>Состав и объем продуктов сгорания. Расчет действительного объема газов. Энтальпия продуктов сгорания и воздуха. Построение таблиц и графиков энтальпий для проведения теплового расчета котельного агрегата. Теоретическая температура горения. Уравнение полного и неполного горения. Определение содержания окиси углерода из уравнения неполного горения. Топливные константы.</p>	10
	2.2	<p>Определение избытка воздуха по газовому анализу. Азотная, кислородная и углекислотная формула подсчета коэффициента избытка</p>	<p>Определение избытка воздуха по газовому анализу. Азотная, кислородная и углекислотная формула подсчета коэффициента избытка воздуха. Присосы воздуха, методы определения, требования ПТЭ по нормированию плотности газового тракта. Эксплуатационный контроль режима горения по газовому анализу. Потеря тепла с уходящими газами (q_2). Зависимость потери q_2 от температурного напора</p>	10

воздуха.
Присосы воздуха, методы определения, требования ПТЭ по нормированию плотности газового тракта. Эксплуатационный контроль режима горения по газовому анализу.
Потеря тепла с уходящими газами (q_2).
Зависимость потери q_2 от температурного напора на воздухоподогревателе и температуры питательной воды.
Оптимальная температура уходящих газов для различных котлов.
Потеря тепла с химическим недожогом (q_3).
Критический избыток воздуха, методы определения q_3 . Потери тепла с механическим недожогом (q_4), методы

на воздухоподогревателе и температуры питательной воды.
Оптимальная температура уходящих газов для различных котлов. Потеря тепла с химическим недожогом (q_3).
Критический избыток воздуха, методы определения q_3 . Потери тепла с механическим недожогом (q_4), методы определения q_4 . Потери тепла от наружного охлаждения (q_5) и с физическим теплом шлака (q_6).
Влияние коэффициента избытка воздуха на потери тепла. Основы проведения балансовых испытаний котельного агрегата. Располагаемое тепло, общее уравнение теплового баланса, тепловые потери котельного агрегата и расхода топлива на котел.
КПД котла брутто и нетто.
Определение КПД котла прямым и обратным балансом.

		<p>определения q_4. Потери тепла от наружного охлаждения (q_5) и с физическим теплом шлака (q_6). Влияние коэффициента избытка воздуха на потери тепла.</p> <p>Основы проведения балансовых испытаний котельного агрегата.</p> <p>Располагаемое тепло, общее уравнение теплового баланса, тепловые потери котельного агрегата и расхода топлива на котел. КПД котла брутто и нетто.</p> <p>Определение КПД котла прямым и обратным балансом.</p>		
3	3.1	<p>Топочные устройства для реализации различных методов сжигания. Классификация камерных топок.</p>	<p>Топочные устройства для реализации различных методов сжигания. Классификация камерных топок. Расчетные характеристики топочных камер, определение объема и геометрических размеров топки. Топочные камеры газомазутных котельных агрегатов. Горелочные устройства для сжигания газа и мазута, комбинированные горелки.</p>	10

Расчетные характеристики и топочных камер, определение объема и геометрических размеров топки. Топочные камеры газомазутных котельных агрегатов. Горелочные устройства для сжигания газа и мазута, комбинированные горелки. Конструкции форсунок для распыливания мазута. Основы расчета газовых горелок. Эксплуатация и режимы работы газомазутных топок. Факельные и вихревые топки для сжигания твердого топлива, новые конструкции топок, топки с жидким и твердым шлакоудалением. Горелочные устройства для сжигания твердого

Конструкции форсунок для распыливания мазута. Основы расчета газовых горелок. Эксплуатация и режимы работы газомазутных топок. Факельные и вихревые топки для сжигания твердого топлива, новые конструкции топок, топки с жидким и твердым шлакоудалением. Горелочные устройства для сжигания твердого топлива. Особенности эксплуатации пылеугольных топок. Принцип компоновки поверхностей нагрева по ходу продуктов сгорания. Составление тепловой схемы парового котла. Распределение теплоты между поверхностями нагрева котельного агрегата в зависимости от параметров пара. Компоновочные решения современных котельных агрегатов.

		<p>топлива.</p> <p>Особенности эксплуатации пылеугольных топок.</p> <p>Принцип компоновки поверхностей нагрева по ходу продуктов сгорания.</p> <p>Составление тепловой схемы парового котла.</p> <p>Распределение теплоты между поверхностям и нагрева котельного агрегата в зависимости от параметров пара. Компоновочные решения современных котельных агрегатов.</p>		
	3.2	<p>Классификация разомкнутых гидравлических систем. Гидравлическая устойчивость в горизонтальных и вертикальных парообразующих трубах.</p> <p>Тепловая и гидравлическая разверка в системе труб, основные</p>	<p>Классификация разомкнутых гидравлических систем.</p> <p>Гидравлическая устойчивость в горизонтальных и вертикальных парообразующих трубах. Тепловая и гидравлическая разверка в системе труб, основные определения.</p> <p>Коэффициенты тепловой и гидравлической разверки, их взаимосвязь. Методы расчета и построения разверочных характеристик. Гидродинамическая устойчивость в системе с развернутыми трубами. Влияние коллекторов на распределение рабочей среды по трубам.</p>	10

определения.
Коэффициенты тепловой и гидравлической разверки, их взаимосвязь.
Методы расчета и построения разверочных характеристик.
Гидродинамическая устойчивость в системе с развернутыми трубами.
Влияние коллекторов на распределение рабочей среды по трубам. Закономерности естественной циркуляции.
Методика расчета контура циркуляции.
Полная гидравлическая характеристика парообразующих труб.
Гидродинамика опускных труб и ее влияние на надежность циркуляции.
Закономерности и барботажного процесса.
Загрязнения питательной воды и их

Закономерности естественной циркуляции. Методика расчета контура циркуляции. Полная гидравлическая характеристика парообразующих труб.
Гидродинамика опускных труб и ее влияние на надежность циркуляции.
Закономерности барботажного процесса. Загрязнения питательной воды и их влияние на работу оборудования. Растворимость примесей. Закономерности образования отложений.
Растворимость примесей в перегретом паре. Переход примесей из воды в насыщенный пар.
Механизм и закономерности образования влаги. Распределение примесей между водой и равновесным насыщенным паром.
Методы вывода примесей из цикла.
Водный режим прямоточных и барабанных котлов. Методы получения чистого пара.

		<p>влияние на работу оборудования. Растворимость примесей. Закономерности образования отложений. Растворимость примесей в перегретом паре. Переход примесей из воды в насыщенный пар. Механизм и закономерности образования влаги. Распределение примесей между водой и равновесным насыщенным паром. Методы вывода примесей из цикла. Водный режим прямоточных и барабанных котлов. Методы получения чистого пара.</p>		
4	4.1	<p>Особенности теплообмена в топке и тепловые характеристик и экранов. Излучательная способность факела. Расчет</p>	<p>Особенности теплообмена в топке и тепловые характеристики экранов. Излучательная способность факела. Расчет теплообмена излучением в топочной камере. Теплообмен в газоходах котла. Тепловосприятие парообразующих поверхностей и их компоновка. Методы повышения надежности топочных экранов котлов. Газоплотные экраны.</p>	10

		<p>теплообмена излучением в топочной камере. Теплообмен в газоходах котла. Теплоосприятие паробразующих поверхностей и их компоновка. Методы повышения надежности топочных экранов котлов. Газоплотные экраны. Классификация пароперегревателей.</p> <p>Компоновка низкотемпературных поверхностей нагрева. Конструкции воздухоподогревателей и экономайзеров. Коррозия и абразивный износ конвективных поверхностей нагрева. Условия работы и компоновка пароперегревателей. Методы регулирования температуры перегретого пара. Конструкторский и поверочный</p>	<p>Классификация пароперегревателей. Компоновка низкотемпературных поверхностей нагрева. Конструкции воздухоподогревателей и экономайзеров. Коррозия и абразивный износ конвективных поверхностей нагрева. Условия работы и компоновка пароперегревателей. Методы регулирования температуры перегретого пара. Конструкторский и поверочный тепловой расчет котла. Методика расчета на ЭВМ. Эксплуатационные режимы и показатели. Стационарные и нестационарные режимы работы. Пусковые схемы. Режимы останова, сброса и нагрузки, растопки котла и пуска блока. Требования ПТЭ по эксплуатации котельных агрегатов.</p>	
--	--	---	---	--

		<p>тепловой расчет котла. Методика расчета на ЭВМ. Эксплуатационные режимы и показатели. Стационарные и нестационарные режимы работы. Пусковые схемы. Режимы останова, сброса и нагрузки, растопки котла и пуска блока. Требования ПТЭ по эксплуатации котельных агрегатов.</p>		
	4.2	<p>Парогенераторы утилизационного типа для парогазовых установок. Особенности конструкции и расчёта. Строительные конструкции и вспомогательное оборудование котла. Перспективы развития котельных агрегатов и парогенераторов. Классификация АЭС и их</p>	<p>Парогенераторы утилизационного типа для парогазовых установок. Особенности конструкции и расчёта. Строительные конструкции и вспомогательное оборудование котла. Перспективы развития котельных агрегатов и парогенераторов. Классификация АЭС и их особенности. Парогенераторы с водным, жидкометаллическим и газовым теплоносителем. Реактор как генератор пара.</p>	6

		особенности. Парогенераторы с водным, жидкометаллическим и газовым теплоносителем. Реактор как генератор пара.	
--	--	--	--

3.2.2. Практические занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)
1	1.2	<p>Понятие об энергетическом топливе, органическое и ядерное топливо. Элементарный состав. Расчетные массы топлива. Теплота сгорания органического топлива. Условное топливо. Приведенные характеристики и топлива. Технические характеристик и твердого, жидкого и газообразного топлива. Маркировка топлива. Принципиальные схемы сжигания угля и классификации</p>	<p>Понятие об энергетическом топливе, органическое и ядерное топливо. Элементарный состав. Расчетные массы топлива. Теплота сгорания органического топлива. Условное топливо. Приведенные характеристики топлива. Технические характеристики твердого, жидкого и газообразного топлива. Маркировка топлива. Принципиальные схемы сжигания угля и классификация схем пылеприготовления. Особенности схем с прямым вдуванием, замкнутых и разомкнутых с промежуточным бункером. Технические характеристики угольной пыли.</p>	4

		<p>я схем пылеприготовления. Особенности схем с прямым вдуванием, замкнутых и разомкнутых с промежуточным бункером. Технические характеристик и угольной пыли.</p>		
2	2.1	<p>Состав и объем продуктов сгорания. Расчет действительного объема газов. Энтальпия продуктов сгорания и воздуха. Построение таблиц и графиков энтальпий для проведения теплового расчета котельного агрегата. Теоретическая температура горения. Уравнение полного и неполного горения. Определение содержания окиси углерода из уравнения неполного горения.</p>	<p>Состав и объем продуктов сгорания. Расчет действительного объема газов. Энтальпия продуктов сгорания и воздуха. Построение таблиц и графиков энтальпий для проведения теплового расчета котельного агрегата. Теоретическая температура горения. Уравнение полного и неполного горения. Определение содержания окиси углерода из уравнения неполного горения. Топливные константы.</p>	2

		Топливные константы.		
	2.2	<p>Определение избытка воздуха по газовому анализу. Азотная, кислородная и углекислотная формула подсчета коэффициента избытка воздуха. Присосы воздуха, методы определения, требования ПТЭ по нормированию плотности газового тракта. Эксплуатационный контроль режима горения по газовому анализу. Потеря тепла с уходящими газами (q_2). Зависимость потери q_2 от температурного напора на воздухоподогревателе и температуры питательной воды. Оптимальная температура уходящих газов для различных котлов.</p>	<p>Определение избытка воздуха по газовому анализу. Азотная, кислородная и углекислотная формула подсчета коэффициента избытка воздуха. Присосы воздуха, методы определения, требования ПТЭ по нормированию плотности газового тракта. Эксплуатационный контроль режима горения по газовому анализу. Потеря тепла с уходящими газами (q_2). Зависимость потери q_2 от температурного напора на воздухоподогревателе и температуры питательной воды. Оптимальная температура уходящих газов для различных котлов. Потеря тепла с химическим недожогом (q_3). Критический избыток воздуха, методы определения q_3. Потери тепла с механическим недожогом (q_4), методы определения q_4. Потери тепла от наружного охлаждения (q_5) и с физическим теплом шлака (q_6). Влияние коэффициента избытка воздуха на потери тепла. Основы проведения балансовых испытаний котельного агрегата. Располагаемое тепло, общее уравнение теплового баланса, тепловые потери котельного агрегата и расхода топлива на котел. КПД котла брутто и нетто. Определение КПД котла прямым и обратным балансом.</p>	4

котлов.
Потеря тепла
с химическим
недожогом
(q_3).
Критический
избыток
воздуха,
методы
определения
 q_3 . Потери
тепла с
механическим
недожогом
(q_4), методы
определения
 q_4 . Потери
тепла от
наружного
охлаждения
(q_5) и с
физическим
теплом шлака
(q_6). Влияние
коэффициента
избытка
воздуха на
потери тепла.
Основы
проведения
балансовых
испытаний
котельного
агрегата.
Располагаемое
тепло, общее
уравнение
теплого
баланса,
тепловые
потери
котельного
агрегата и
расхода
топлива на
котел. КПД
котла брутто и
нетто.
Определение

		КПД котла прямым и обратным балансом.		
3	3.1	<p>Топочные устройства для реализации различных методов сжигания. Классификация камерных топок. Расчетные характеристик и топочных камер, определение объема и геометрических размеров топки. Топочные камеры газомазутных котельных агрегатов. Горелочные устройства для сжигания газа и мазута, комбинированные горелки. Конструкции форсунок для распыливания мазута. Основы расчета газовых горелок. Эксплуатация и режимы работы газомазутных топок. Факельные и</p>	<p>Топочные устройства для реализации различных методов сжигания. Классификация камерных топок. Расчетные характеристики топочных камер, определение объема и геометрических размеров топки. Топочные камеры газомазутных котельных агрегатов. Горелочные устройства для сжигания газа и мазута, комбинированные горелки. Конструкции форсунок для распыливания мазута. Основы расчета газовых горелок. Эксплуатация и режимы работы газомазутных топок. Факельные и вихревые топки для сжигания твердого топлива, новые конструкции топок, топки с жидким и твердым шлакоудалением. Горелочные устройства для сжигания твердого топлива. Особенности эксплуатации пылеугольных топок. Принцип компоновки поверхностей нагрева по ходу продуктов сгорания. Составление тепловой схемы парового котла. Распределение теплоты между поверхностями нагрева котельного агрегата в зависимости от параметров пара. Компоновочные решения современных котельных агрегатов.</p>	10

		<p>вихревые топки для сжигания твердого топлива, новые конструкции топок, топки с жидким и твердым шлак оудалением. Горелочные устройства для сжигания твердого топлива. Особенности эксплуатации пылеугольных топок. Принцип компоновки поверхностей нагрева по ходу продуктов сгорания. Составление тепловой схемы парового котла. Распределе ние теплоты между поверхностям и нагрева котельного агрегата в зависимости от параметров пара. Компоно вочные решения современных котельных агрегатов.</p>		
	3.2	Классификаци	Классификация разомкнутых	10

я разомкнутых гидравлически х систем. Гидравлическая устойчивость в горизонтальных и вертикальных парообразующих трубах. Тепловая и гидравлическая разверка в системе труб, основные определения. Коэффициент тепловой и гидравлической разверки, их взаимосвязь. Методы расчета и построения разверочных характеристик. Гидродинамическая устойчивость в системе с развернутыми трубами. Влияние коллекторов на распределение рабочей среды по трубам. Закономерности естественной циркуляции. Методика расчета контура циркуляции. Полная гидравлическая характеристик

гидравлических систем. Гидравлическая устойчивость в горизонтальных и вертикальных парообразующих трубах. Тепловая и гидравлическая разверка в системе труб, основные определения. Коэффициенты тепловой и гидравлической разверки, их взаимосвязь. Методы расчета и построения разверочных характеристик. Гидродинамическая устойчивость в системе с развернутыми трубами. Влияние коллекторов на распределение рабочей среды по трубам. Закономерности естественной циркуляции. Методика расчета контура циркуляции. Полная гидравлическая характеристика парообразующих труб. Гидродинамика опускных труб и ее влияние на надежность циркуляции. Закономерности барботажного процесса. Загрязнения питательной воды и их влияние на работу оборудования. Растворимость примесей. Закономерности образования отложений. Растворимость примесей в перегретом паре. Переход примесей из воды в насыщенный пар. Механизм и закономерности образования влаги. Распределение примесей между водой и равновесным насыщенным паром. Методы вывода примесей из цикла. Водный режим прямоточных и барабанных котлов. Методы получения чистого пара.

а парообразующих труб.
Гидродинамика опускающих труб и ее влияние на надежность циркуляции. Закономерности и барботажного процесса.
Загрязнения питательной воды и их влияние на работу оборудования.
Растворимость примесей. Закономерности образования отложений.
Растворимость примесей в перегретом паре. Переход примесей из воды в насыщенный пар.
Механизм и закономерности образования влаги.
Распределение примесей между водой и равновесным насыщенным паром.
Методы вывода примесей из цикла.
Водный режим прямоточных и барабанных

		<p>износ конвективных поверхностей нагрева. Условия работы и компоновка пароперегревателей. Методы регулирования температуры перегретого пара. Конструкторский и поверочный тепловой расчет котла. Методика расчета на ЭВМ. Эксплуатационные режимы и показатели. Стационарные и нестационарные режимы работы. Пусковые схемы. Режимы останова, сброса и нагрузки, растопки котла и пуска блока. Требования ПТЭ по эксплуатации котельных агрегатов.</p>		
	4.2	<p>Парогенераторы утилизационного типа для парогазовых установок. Особенности</p>	<p>Парогенераторы утилизационного типа для парогазовых установок. Особенности конструкции и расчёта. Строительные конструкции и вспомогательное оборудование котла. Перспективы развития котельных агрегатов и парогенераторов.</p>	10

		<p>конструкции и расчёта.</p> <p>Строительные конструкции и вспомогательное оборудование котла.</p> <p>Перспективы развития котельных агрегатов и парогенераторов .</p> <p>Классификация АЭС и их особенности.</p> <p>Парогенераторы с водным, жидкометаллическим и газовым теплоносителем.</p> <p>Реактор как генератор пара.</p>	<p>Классификация АЭС и их особенности. Парогенераторы с водным, жидкометаллическим и газовым теплоносителем. Реактор как генератор пара.</p>	
--	--	--	--	--

3.2.3. Лабораторные занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)

3.3. Содержание материалов, выносимых на самостоятельное изучение

Модуль	Номер раздела	Содержание материалов, выносимого на самостоятельное изучение	Виды самостоятельной деятельности	Трудоемкость (в часах)
1	1.1	Предмет и содержание дисциплины, основные определения. Назначение и роль котельного агрегата в технологической схеме ТЭС. Технологические схемы ТЭС и АЭС.	Работа с нормативно-технической литературой	16

		<p>Технологическая схема производства пара.</p> <p>Классификация котельных агрегатов.</p> <p>Топливный, водопаровой, воздушный и газовый тракты. Основные характеристики котельного агрегата и их маркировка.</p>		
	1.2	<p>Понятие об энергетическом топливе, органическое и ядерное топливо. Элементарный состав. Расчетные массы топлива. Теплота сгорания органического топлива. Условное топливо. Приведенные характеристики топлива.</p> <p>Технические характеристики твердого, жидкого и газообразного топлива. Маркировка топлива.</p> <p>Принципиальные схемы сжигания угля и классификация схем пылеприготовления. Особенности схем с прямым вдуванием, замкнутых и разомкнутых с промежуточным бункером. Технические характеристики угольной пыли.</p>	Работа с нормативно-технической литературой	10
2	2.1	<p>Состав и объем продуктов сгорания. Расчет действительного объема газов. Энтальпия продуктов сгорания и воздуха. Построение таблиц и графиков энтальпий для проведения теплового расчета котельного агрегата. Теоретическая</p>	Работа с нормативно-технической литературой	10

		<p>температура горения. Уравнение полного и неполного горения. Определение содержания окиси углерода из уравнения неполного горения. Топливные константы.</p>		
	2.2	<p>Определение избытка воздуха по газовому анализу. Азотная, кислородная и углекислотная формула подсчета коэффициента избытка воздуха. Присосы воздуха, методы определения, требования ПТЭ по нормированию плотности газового тракта. Эксплуатационный контроль режима горения по газовому анализу. Потеря тепла с уходящими газами (q_2). Зависимость потери q_2 от температурного напора на воздухоподогревателе и температуры питательной воды. Оптимальная температура уходящих газов для различных котлов. Потеря тепла с химическим недожогом (q_3). Критический избыток воздуха, методы определения q_3. Потери тепла с механическим недожогом (q_4), методы определения q_4. Потери тепла от наружного охлаждения (q_5) и с физическим теплом шлака (q_6). Влияние коэффициента избытка воздуха на потери тепла. Основы проведения</p>	Работа с нормативно-технической литературой	20

		<p>балансовых испытаний котельного агрегата. Располагаемое тепло, общее уравнение теплового баланса, тепловые потери котельного агрегата и расхода топлива на котел. КПД котла брутто и нетто. Определение КПД котла прямым и обратным балансом.</p>		
3	3.1	<p>Топочные устройства для реализации различных методов сжигания. Классификация камерных топок. Расчетные характеристики топочных камер, определение объема и геометрических размеров топки. Топочные камеры газомазутных котельных агрегатов. Горелочные устройства для сжигания газа и мазута, комбинированные горелки. Конструкции форсунок для распыливания мазута. Основы расчета газовых горелок. Эксплуатация и режимы работы газомазутных топок. Факельные и вихревые топки для сжигания твердого топлива, новые конструкции топок, топки с жидким и твердым шлакоудалением. Горелочные устройства для сжигания твердого топлива. Особенности эксплуатации пылеугольных топок. Принцип компоновки</p>	Работа с нормативно-технической литературой	20

		<p>поверхностей нагрева по ходу продуктов сгорания. Составление тепловой схемы парового котла. Распределение теплоты между поверхностями нагрева котельного агрегата в зависимости от параметров пара. Компонентные решения современных котельных агрегатов.</p>		
	3.2	<p>Классификация разомкнутых гидравлических систем. Гидравлическая устойчивость в горизонтальных и вертикальных парообразующих трубах. Тепловая и гидравлическая разверка в системе труб, основные определения. Коэффициенты тепловой и гидравлической разверки, их взаимосвязь. Методы расчета и построения разверочных характеристик. Гидродинамическая устойчивость в системе с развернутыми трубами. Влияние коллекторов на распределение рабочей среды по трубам. Закономерности естественной циркуляции. Методика расчета контура циркуляции. Полная гидравлическая характеристика парообразующих труб. Гидродинамика опускных труб и ее влияние на надежность циркуляции.</p>	Работа с нормативно-технической литературой	20

		<p>Закономерности барботажного процесса. Загрязнения питательной воды и их влияние на работу оборудования. Растворимость примесей. Закономерности образования отложений. Растворимость примесей в перегретом паре. Переход примесей из воды в насыщенный пар. Механизм и закономерности образования влаги. Распределение примесей между водой и равновесным насыщенным паром. Методы вывода примесей из цикла. Водный режим прямоточных и барабанных котлов. Методы получения чистого пара.</p>		
4	4.1	<p>Особенности теплообмена в топке и тепловые характеристики экранов. Излучательная способность факела. Расчет теплообмена излучением в топочной камере. Теплообмен в газоходах котла. Тепловосприятие парообразующих поверхностей и их компоновка. Методы повышения надежности топочных экранов котлов. Газоплотные экраны. Классификация пароперегревателей. Компоновка низкотемпературных поверхностей нагрева. Конструкции воздухоподогревателей и</p>	Работа с нормативно-технической литературой	20

		<p>экономайзеров. Коррозия и абразивный износ конвективных поверхностей нагрева. Условия работы и компоновка пароперегревателей. Методы регулирования температуры перегретого пара. Конструкторский и поверочный тепловой расчет котла. Методика расчета на ЭВМ. Эксплуатационные режимы и показатели. Стационарные и нестационарные режимы работы. Пусковые схемы. Режимы останова, сброса и нагрузки, растопки котла и пуска блока. Требования ПТЭ по эксплуатации котельных агрегатов.</p>		
	4.2	<p>Парогенераторы утилизационного типа для парогазовых установок. Особенности конструкции и расчёта. Строительные конструкции и вспомогательное оборудование котла. Перспективы развития котельных агрегатов и парогенераторов. Классификация АЭС и их особенности. Парогенераторы с водным, жидкометаллическим и газовым теплоносителем. Реактор как генератор пара.</p>	Работа с нормативно-технической литературой	20

4. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлен в приложении.

[Фонд оценочных средств](#)

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Основная литература

5.1.1. Печатные издания

1. Липов, Юрий Михайлович. Котельные установки и парогенераторы : учебник / Липов Юрий Михайлович, Третьяков Юрий Михайлович. - 2-е изд., испр. - Москва ; Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2006. - 592с. - ISBN 5-93972-575-9 : 439-00. Липов, Юрий Михайлович. Компонировка и тепловой расчет парового котла : учеб. пособие / Липов Юрий Михайлович, Самойлов Юрий Федорович, Виленский Теодор Владимирович. - Москва : Энергоатомиздат, 1988. - 208с. : ил. - ISBN 5-283-00015-X : 0-85. Резников, Матвей Исаакович. Котельные установки электростанций : учебник / Резников Матвей Исаакович, Липов Юрий Михайлович. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Энергоатомиздат, 1987. - 288с : ил. - 1-10. Сидельковский, Лазарь Наумович. Котельные установки промышленных предприятий : учебник / Сидельковский Лазарь Наумович, Юренев Владимир Николаевич. - 4-е изд., репринтное. - Москва : БАСТЕТ, 2009. - 528 с. : ил. - ISBN 978-5-903178-13-1 : 690-36.

5.1.2. Издания из ЭБС

1.

5.2. Дополнительная литература

5.2.1. Печатные издания

1. Штым, Анатолий Николаевич. Котельные установки с циклонными предтопками : моногр. / Штым Анатолий Николаевич, Штым Константин Анатольевич, Дорогов Евгений Юрьевич. - Владивосток : ДФУ, 2012. - 421 с. - ISBN 978-5-7444-2818-1 : 365-00. Соколов, Борис Александрович. Вспомогательное оборудование котлов. Водоподготовка : учеб. пособие / Соколов Борис Александрович. - Москва : Академия, 2009. - 64 с. : ил. - (Непрерывное профессиональное образование). - ISBN 978-5-7695-4971-1 : 170-50. Котлер, В.Р. Промышленно-отопительные котельные: сжигание топлив и защита атмосферы / В. Р. Котлер, С. Е. Беликов. - Санкт-Петербург : Энерготех, 2001. - 272 с. - (Проблемы энергетики). - ISBN 5-93364-002-6 : 385-00. Роддатис, Константин Федорович. Справочник по котельным установкам малой производительности / Роддатис Константин Федорович, Полтарецкий Анатолий Николаевич; под ред. К.Ф. Роддатиса. - Москва : Энергоатомиздат, 1989. - 488 с. : ил. - ISBN 5-283-00018-4 : 2-60.

5.2.2. Издания из ЭБС

1. Рундыгин, Ю.А. Машиностроение. Котельные установки. / Ю. А. Рундыгин, Е. Э.

Гильде, А. В. Судаков; Рундыгин Ю.А.; Гильде Е.Э.; Судаков А.В. - Moscow : Машиностроение, 2009. - . - "Машиностроение. Котельные установки. [Электронный ресурс] / Ю.А. Рундыгин, Е.Э. Гильде, А.В. Судаков. ; Под ред. Ю.С. Васильева, Г.П. Поршнева. - М.: Машиностроение, 2009." <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5217019492.html>. - ISBN 5-217-01949-2.

5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Название	Ссылка
ЭБС «Троицкий мост»	http://www.trmost.ru
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	https://elibrary.ru/
Государственная публичнаянаучно-техническая библиотека России	http://www.gpntb.ru/

6. Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение общего назначения: ОС Microsoft Windows, Microsoft Office, ABBYY FineReader, ESET NOD32 Smart Security Business Edition, Foxit Reader, АИБС "МегаПро".

Программное обеспечение специального назначения:

- 1) NanoCad

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование помещений для проведения учебных занятий и для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Состав оборудования и технических средств обучения указан в паспорте аудитории, закрепленной расписанием по факультету
Учебные аудитории для проведения практических занятий	
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	
Учебные аудитории для промежуточной аттестации	
Учебные аудитории для курсового проектирования(выполнения курсовых работ)	Состав оборудования и технических средств обучения указан в паспорте аудитории, закрепленной расписанием по кафедре
Учебные аудитории для проведения	

8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Для эффективного освоения материала дисциплины необходимым является выполнение следующих требований:

- обязательное посещение всех лекционных занятий, способствующее системному овладению материалом курса;
- все вопросы соответствующих разделов и тем по дисциплине необходимо фиксировать (на любых носителях информации);
- обязательное самостоятельное выполнение домашних заданий является важнейшим требованием и условием формирования целостного и системного знания по дисциплине;
- обязательность личной активности каждого студента на всех занятиях по дисциплине;
- в случаях неясности каких-либо вопросов, обсуждаемых на занятиях, необходимо задать соответствующие вопросы преподавателю, а не оставлять их непонятыми;
- в случаях пропусков занятий по уважительным причинам студентам предоставляется право подготовки и представления заданий и ответов на вопросы изученного материала, с расчетом на помощь преподавателя в его усвоении;
- в случаях пропусков без уважительной причины студент обязан самостоятельно изучить соответствующий материал;
- необходимым условием является самостоятельность и инициативность студентов при контроле набора баллов по дисциплине для успешного прохождения промежуточной аттестации.

Для эффективного освоения материала дисциплины в ходе практических занятий необходимо выполнение следующих требований:

- четко понимать цели предстоящих занятий (предварительно формулируются преподавателем):
- владеть навыками поиска, обработки, адаптации и презентации необходимого материала;
- уметь четко формулировать и отстаивать собственный взгляд на рассматриваемые проблемные вопросы, которые необходимо подкреплять адекватной аргументацией;
- уметь выделять и формулировать противоречия по рассматриваемым проблемам, понимая их источники;
- владеть навыками публичного выступления (логично, ясно и лаконично излагать свои мысли; адекватно оценивать восприятие и понимание слушателями представляемого материала; отвечать на задаваемые вопросы; приводить адекватные и убедительные аргументы в защиту своей позиции и т.д.);
- уметь критически оценивать собственные знания, умения и навыки в динамике в сравнении с таковыми у других, с целью раскрытия дополнительных возможностей их развития;
- при подготовке к занятиям обязательно изучить рекомендуемую литературу;
- оценить различные точки зрения на проблемные вопросы нескольких исследователей, а не ограничиваться рассмотрением позиции одного автора;
- при формулировке собственной точки зрения предусмотреть убедительную ее аргументацию и возможность возникновения спорных ситуаций;
- владеть навыками работы в команде (при выполнении определенных заданий, предполагающих работу в микрогруппах, при проведении ролевых игр, дискуссий и т.д.).

Порядок организации самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов предполагает:

- самостоятельный поиск, обработку (анализ, синтез, обобщение и систематизацию), адаптацию необходимой по дисциплине информации;
- выполнение заданий для самостоятельной работы;
- изучение и усвоение теоретического материала, представленного на лекционных занятиях и в соответствующих литературных источниках (рекомендуемая основная и дополнительная литература);
- самостоятельное изучение отдельных вопросов курса;
- подготовка к практическим и семинарским занятиям, в соответствии с рекомендациями преподавателя (выполнение конкретных заданий, соответствующие организационные действия и т.д.).

Подготовка индивидуальных сообщений (докладов) в рамках самостоятельной работы студента предполагает достаточно длительную системную работу студента, а также в случае необходимости консультативную помощь преподавателя. Работа должна быть тщательно продумана, спланирована и разделена на соответствующие этапы, каждый из которых требует целого ряда определенных умений и навыков:

- определение и формулировка темы сообщения или доклада (либо осмысление темы, сформулированной преподавателем в соответствующих случаях);
- составление плана с использованием анализа, синтеза, обобщения и логики построения изложения материала;
- определение источников информации;
- работа с источниками научной информации (подбор, анализ, обобщение, систематизация, адаптация и т.д.);
- формулировка основных обобщений и выводов по результатам анализа изученного материала.

Разработчик/группа разработчиков:
Александр Алексеевич Середкин

Типовая программа утверждена

Согласована с выпускающей кафедрой
Заведующий кафедрой

_____ «___» _____ 20__ г.