



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института энергетики и
автоматизированных систем

С.И. Лукьянов

«28» 09 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ

Направление подготовки

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль программы

Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения

Заочная

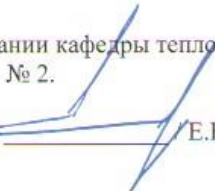
Институт
Кафедра
Курс

Энергетики и автоматизированных систем
Теплотехнических и энергетических систем
3

Магнитогорск
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденного приказом МОиН РФ от 01.10.2015 № 1081.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теплотехнических и энергетических систем «25» сентября 2018 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой  / Е.Б. Агапитов /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем «26» сентября 2018 г., протокол № 1.

Председатель  / С.И. Лукьянов /

Рабочая программа составлена:

ассистент кафедры ТиЭС

 / С.В. Матвеев /

Рецензент:

зам. начальника ЦЭСТ-ПАО «ММК», к.т.н.

 / В.Н. Михайловский /

1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) «Котельные установки и парогенераторы» являются: формирование у студентов знаний и навыков по сбору и анализу информации, необходимых для проектирования энергетических объектов, умение производить расчёты узлов и элементов котельных установок, готовность принимать участие в технологических процессах производства высокотемпературного теплоносителя.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина Б1.В.06 «Котельные установки и парогенераторы» входит в вариативную часть, обязательные дисциплины блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин: Б1.Б.19 Тепломассообмен, Б1.Б.17 Гидрогазодинамика, Б1.В.03 Топливо и основы теории горения, Б1.Б.16 Техническая термодинамика.

Знания (умения, владения), полученные в результате изучения дисциплины «Котельные установки и парогенераторы» необходимы при изучении следующих дисциплин: Тепловые электрические станции, Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии, а также при сдаче государственного экзамена и при выполнении выпускной квалификационной работы.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины «Котельные установки и парогенераторы» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Уровень освоения компетенции		
	Пороговый уровень	Средний уровень	Высокий уровень
ПК-1 Способность участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией			
Знать:	Фундаментальные основы естественнонаучных дисциплин при сборе, анализе и применении их при проектировании котельных установок, парогенераторов и их элементов в соответствии с нормативной документацией		
Уметь:	Применять фундаментальные основы естественнонаучных дисциплин при сборе, анализе и проектировании котельных установок, парогенераторов и их вспомогательных элементов		
Владеть:	Навыками сбора и анализа исходных данных при проектировании котельных установок, парогенераторов и их элементов в соответствии с нормативной документацией		
ПК-2 Способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием			
Знать:	Типовые методики проведения расчётов и проектирования основных узлов и элементов котельных установок и парогенераторов с использованием стандартных средств автоматизации проектирования		
Уметь:	Проводить расчёты основных узлов и элементов котельных установок и парогенераторов, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования		
Владеть:	Основами проведения расчётов при проектировании основных узлов и элементов котельных установок, парогенераторов и вспомогательного оборудования с использованием стандартных средств автоматизации проектирования		
ПК-10 Готовность к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов			

Знать:	Основные технологические процессы в узлах и элементах котельных установок и парогенераторов, при освоении, доводки и безопасной эксплуатации
Уметь:	Применять знания основных технологических процессов в узлах и элементах котельных установок и парогенераторов, при освоении, доводки и безопасной эксплуатации
Владеть:	Навыками освоения и доводки технологических процессов в узлах и элементах котельных установок и парогенераторов для их эффективной и безопасной работы

4 Структура и содержание дисциплины (модуля) для заочной формы обучения

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 единиц - 180 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 14,7 академических часов:
 - аудиторная — 10 академических часов;
 - внеаудиторная — 4,7 академических часа;
- самостоятельная работа – 156,6 академических часов;
- подготовка к экзамену – 8,7 академических часов.

Раздел/тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа (в академических часах)	Вид самостоятельной работы	Формы текущего контроля и промежуточной успеваемости	Код и структурный элемент компетенции
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия				
Раздел 1. Общие характеристики котельных установок	3							
1.1. Тема. Области применения котельных установок. Основы классификации котельных установок	3	0,5			5	Проработка лекционного материала, решение задач. (Пункт 6 тема 1)	Наличие конспектов лекций. Сдача практических задач.	ПК-1 ПК-2 зுவ
1.2. Технологическая схема производства пара на тепловой электростанции	3	0,5			5	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 1)	Наличие конспектов лекций.	ПК-1 зுவ
Итого по разделу 1	3	1			10			
Раздел 2. Материальный и тепловой балансы рабочих веществ в котле	3							
2.1. Тема. Источники энергии для котельных установок. Материальный баланс процесса горения топлива	3	0,5			5	Проработка лекционного материала, решение задач. (Пункт 6 тема 2).	Наличие конспектов лекций. Сдача практических задач.	ПК-1 ПК-2 зுவ

Раздел/тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Формы текущего контроля и промежуточной успеваемости	структурный элемент компе-
2.2. Тема Состав, количество и энтальпия продуктов сгорания. Материальный баланс нагреваемой среды	3			1/ИИ	5	Проработка лекционного материала, решение задач. Решение курсового проекта. (Пункт 6 тема 2).	Наличие конспектов лекций. Сдача практических задач. Проверка выполнения курсового проекта.	ПК-1, ПК-2 зув
Итого по разделу 2	3	0,5		1/ИИ	10			
Раздел 3. Эффективность использования топлива в котле	3							
3.1. Тема. Располагаемая и полезно использованная теплота топлива. Тепловой баланс парового котла.	3	0,5			5	Проработка лекционного материала, решение задач (Пункт 6 тема 3).	Наличие конспектов лекций. Сдача практических задач.	ПК-1, ПК-2, ПК-10 зув
3.2. Тема. Тепловые потери парового котла, коэффициент полезного действия брутто и нетто	3	0,5		1/ИИ	5	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 3), решение задач. Решение курсового проекта.	Наличие конспектов лекций. Сдача практических задач. Проверка выполнения курсового проекта..	ПК-1, ПК-2, ПК-10 зув
Итого по разделу 3	3	1		1/ИИ	10			
Раздел 4. Топочные процессы и топки для сжигания топлив. Теплообмен в паровых котлах	3							
4.1. Тема. Классификация топок. Основные закономерности горения. Организация сжигания твердого топлива. Показатели работы топочных устройств	3	1			5	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 4), решение задач. Решение курсового проекта.	Наличие конспектов лекций. Сдача практических задач. Проверка выполнения курсового проекта.	ПК-1, ПК-2 зув
4.2. Тема. Особенности сжигания газообразного топлива. Классификация устройств для горения.	3				5	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 4), решение задач. Решение курсового проекта.	Наличие конспектов лекций. Сдача практических задач. Проверка выполнения курсового проекта.	ПК-1, ПК-2 зув

Раздел/тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа (в академических часах)	Вид самостоятельной работы	Формы текущего контроля и промежуточной успеваемости	структурный элемент компе-
4.3. Тема. Особенности сжигания жидкого топлива. Классификация топливосжигающих устройств	3				5	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 4), решение задач.	Наличие конспектов лекций. Сдача практических задач.	ПК-1, ПК-2 зув
4.4. Тема. Особенности подготовки топлива к пылевидному сжиганию. Классификация размольных устройств.	3				5	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 4), решение задач.	Наличие конспектов лекций. Сдача практических задач.	ПК-1, ПК-2 зув
4.5. Тема. Закономерности теплообмена в топке и конвективных поверхностях котлов	3				5	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 4), решение задач.	Наличие конспектов лекций. Сдача практических задач.	ПК-1, ПК-2 зув
Итого по разделу 4	3	1			25			
Раздел 5. Конструкции и компоновка элементов паровых котлов	3							
5.1. Тема. Испарительные поверхности нагрева паровых котлов, назначение и классификация	3	0,5		1/ИИ	5	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 5). Решение курсового проекта.	Наличие конспектов лекций. Проверка выполнения курсового проекта.	ПК-1, ПК-2 зув
5.2. Тема. Назначение и классификация пароперегревателей паровых котлов	3	0,5			5	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 5). Решение курсового проекта.	Наличие конспектов лекций. Проверка выполнения курсового проекта.	ПК-1, ПК-2 зув
5.3. Тема. Хвостовые поверхности котельных агрегатов, назначение, классификация	3				5	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 5). Решение курсового проекта.	Наличие конспектов лекций. Проверка выполнения курсового проекта.	ПК-1, ПК-2 зув
Итого по разделу 5	3	1		1/ИИ	15			

Раздел/тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Формы текущего контроля и промежуточной успеваемости	структурный элемент компе-
Раздел 6. Водный режим и качество пара котлов. Загрязнение и очистка наружных и внутренних поверхностей нагрева	3							
6.1. Тема. Системы подготовки питательной воды, показатели качества. Продувка котлов	3				5	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 6), решение задач.	Наличие конспектов лекций. Сдача практических задач.	ПК-1, ПК-2 зув
6.2. Тема. Требования к пару котельных установок. Способы сепарации и промывки	3	0,5			5	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 6). Решение курсового проекта.	Наличие конспектов лекций. Проверка выполнения курсового проекта.	ПК-1, ПК-2 зув
6.3. Тема. Шлакование поверхностей нагрева и способы очистки от загрязнений	3				5	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 6). Решение курсового проекта.	Наличие конспектов лекций. Проверка выполнения курсового проекта.	ПК-1, ПК-2 зув
Итого по разделу 6	3	0,5			15			
Раздел 7. Тепловой расчет котлов	3							
7.1. Тема. Тепловая схема котла	3	0,5			5	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 7), решение задач	Наличие конспектов лекций. Сдача практических задач.	ПК-1, ПК-2, ПК-10 зув
7.2. Тема. Указания по тепловому расчету котлов	3				5	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 7), решение задач	Наличие конспектов лекций. Сдача практических задач	ПК-1, ПК-2, ПК-10 зув
Итого по разделу 7	3	0,5			10			
Раздел 8. Гидродинамика и аэродинамика парового котла	3							

Раздел/тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Формы текущего контроля и промежуточной успеваемости	структурный элемент компе-
8.1. Тема. Условия надежной работы котла, режим, структура и характеристика потока рабочего тела.	3				5	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 8), решение задач	Наличие конспектов лекций. Сдача практических задач.	ПК-1, ПК-2, ПК-10 зув
8.2. Тема. Надежность циркуляции. Схема расчета циркуляции.	3	0,5		1/ИИ	5	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 8), решение курсового проекта	Наличие конспектов лекций. Сдача практических задач. Проверка решения курсового проекта.	ПК-1, ПК-2, зув
8.3. Тема аэродинамика газовоздушного тракта котла	3				5	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 8), решение задач.	Наличие конспектов лекций. Сдача практических задач.	ПК-1, ПК-2, ПК-10 зув
Итого по разделу 8	3	0,5		1/ИИ	15			
Раздел 9. Выход и характеристики шлака и золы. Защита окружающей среды от вредных выбросов при работе котлов	3							
9.1. Тема. Выход шлака и его характеристики. Содержание вредных примесей в продуктах сгорания	3				10	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 9), решение курсового проекта	Наличие конспектов лекций. Проверка выполнения курсового проекта.	ПК-1, ПК-2 зув
9.2. Тема. Золоулавливание. Защита продуктов сгорания от оксидов серы и азота	3				10	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 9), решение курсового проекта и практических задач	Наличие конспектов лекций. Сдача практических задач. Проверка выполнения курсового проекта.	ПК-1, ПК-2 зув
Итого по разделу 9	3				20			

Раздел/тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Формы текущего контроля и промежуточной успеваемости	структурный элемент компе-
Раздел 10. Комбинированные энерготехнологические агрегаты. Эксплуатация и показатели работы котельных установок	3							
10.1. Тема. Энерготехнологические агрегаты и котлы производственных технологических систем	3				10	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 10), оформление курсового проекта	Наличие конспектов лекций. Проверка выполнения курсового проекта.	ПК-1, ПК-2 зув
10.2. Тема. Характеристики и конструкции паровых и водогрейных котлов	3				10	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 10), оформление курсового проекта	Наличие конспектов лекций. Проверка выполнения курсового проекта.	ПК-1, ПК-2 зув
10.3. Тема. Эксплуатация котлов. Ремонт, останов и надзор за котлами. Пути развития котельной техники.	3				6,6	Проработка лекционного материала (Пункт 6 тема 10), оформление курсового проекта	Наличие конспектов лекций. Проверка выполнения курсового проекта.	ПК-1, ПК-2 зув
Итого по разделу 10	3				26,6			
Итого по дисциплине	3	6		4/4И	156,6		Промежуточная аттестация (экзамен / курсовой проект)	

5 Образовательные и информационные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Котельные установки и парогенераторы» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно – компетентностные технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование представлений по курсу происходит с применением мультимедийного оборудования. Лекционный материал закрепляется на лабораторных работах, где применяется совместная деятельность обучающихся в группе, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы. Для развития и совершенствования коммуникативных способностей обучающихся организуются практические занятия в виде дискуссий, анализа реальных проблемных ситуаций и междисциплинарных связей из различных областей в контексте решаемой задачи. Самостоятельная работа стимулирует обучающихся к самостоятельной проработке тем в процессе написания рефератов, подготовки к дискуссиям, к контрольным работам и тестированию.

Реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбор конкретных ситуаций, психологические и иные тренинги) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Перечень контрольных вопросов для промежуточного контроля при проработке лекционных материалов

Тема 1

1. Назначение и классификация котельных установок. Параметры и обозначения паровых котлов.
2. Чем задается движение рабочей среды в парообразующих трубах котлов с естественной циркуляцией?
3. Рабочие элементы паровых котлов.
4. Схема пароводяного тракта котла с естественной циркуляцией.
5. Чему равна кратность циркуляции для прямоточного котла?
6. Схема парового котла с многократной принудительной циркуляцией.
7. Прямоточные котлы и их особенности.
8. Какой элемент отсутствует в прямоточных котла?
9. Укажите обозначение типоразмера котла с многократной принудительной циркуляцией и промежуточным пароперегревателем?
10. В основу классификации котлов положены процессы, протекающие в одной из его поверхностей нагрева. В какой именно? Какая особенность процессов при этом учитывается?

Тема 2

1. Характеристики энергетического топлива. Виды и элементарный состав энергетических топлив.
2. Исключите из теплового баланса парового котла, работающего на природном газе, соответствующую статью тепловых потерь.
 - 1) через ограждения;
 - 2) с уходящими газами;
 - 3) от механического недожога;
 - 4) от химического недожога;

- 5) с золой.
3. Какие величины составляют материальный баланс веществ котельной установки.
 4. Продувка, ее разновидности и смысл использования.
 5. Основные статьи теплового баланса веществ в котле.
 6. Что такое номинальная паропроизводительность котла.
 7. Теоретический и действительный расходы воздуха на горение, коэффициент избытка воздуха.
 8. Состав дымовых газов при полном и неполном горении, определение их количества.
 9. Присосы воздуха по тракту котла, их влияние на количество продуктов сгорания.
 10. Трехатомные и двухатомные газы, определение их количества.

Тема 3

1. Коэффициент полезного действия котла и расход топлива, его разновидности для котельных установок.
2. Алгоритм расчета продуктов сгорания топлива (теоретический расход воздуха, объем и энтальпии продуктов сгорания).
3. Полезно использованная теплота топлива в котельной установке. Располагаемая теплота в котельной установке.
4. Потери теплоты с уходящими газами, причины возникновения, количество в процентном соотношении, способы сокращения.
5. Потери теплоты от механического недожога, причины возникновения, количество в процентном соотношении, способы сокращения.
6. Потери теплоты от химического недожога, причины возникновения, количество в процентном соотношении, способы сокращения.
7. Потери теплоты через ограждающие поверхности, причины возникновения, количество в процентном соотношении, способы сокращения.
8. Потери теплоты с золой и шлаком, причины возникновения, количество в процентном соотношении, способы сокращения.
9. Определение КПД котла методом прямого и обратного тепловых балансов.
10. Пути повышения эффективности работы котельных установок.

Тема 4

1. Топки для сжигания твердого топлива, виды, области применения, закономерности горения твердого топлива.
2. Сжигание топлива в слое, разновидности, применение.
3. Схемы сжигания твердого топлива в слоевых топках, разновидности топок, топливоподача.
4. Закономерности сжигания газообразного топлива, устройства для сжигания, кинетическое и диффузионное горение.
5. Закономерности сжигания жидкого топлива, устройства.
6. Камерное сжигание твердого топлива. Особенности использования пылевидного топлива.
7. Тракт углеподачи и пылеприготовления. Основные характеристики топливной пыли.
8. Затраты энергии на размол пыли и классификация топливоразмольных мельниц.
9. Назначение и конструкции углеразмольных мельниц.
10. Пылепитатели и сепараторы пыли.

Тема 5

1. Виды, назначение, конструкции и принцип расчета испарительных поверхностей нагрева котлов.

2. Назначение, конструкции и принцип расчета пароперегревателей котлов.
3. Исключите из перечня поверхностей нагрева котла поверхность не относящуюся к испарительным.
 - 1) подъемные экранные трубы;
 - 2) фестоны;
 - 3) конвективные кипящие пучки;
 - 4) пароперегреватель.
4. Конструкции и особенности работы воздухоподогревателей котлов.
5. Наибольший возможный температурный напор достигается при:
 - 1) прямотоке;
 - 2) перекрестном токе;
 - 3) противотоке;
 - 4) смешанном токе.
6. Назначение, конструкции и принцип расчета экономайзеров котлов.
7. Конструкции котельных агрегатов типа ДКВР (ДЕ).
8. Какие поверхности, нагрева расположены в нижней части топки? Почему они так называются?
9. Какие поверхности нагрева расположены в горизонтальном (переходном) газоходе?
10. Какую роль выполняет экономайзер котла? Где расположены образующие его поверхности нагрева?

Тема 6

1. Вода, показателя качества.
2. Водный режим котлов. Отложение солей жесткости на поверхностях нагрева котлов, виды отложений, факторы образования.
3. Требования к питательной воде котельных установок, поведение примесей, коррозия.
4. Продувка, снижение солесодержания по водяному тракту котла.
5. Сепарация пара, вынос влаги и солей.
6. Методы получения чистого пара (продувка, ступенчатое испарение, сепарация, промывка).
7. Деаэрация воды в котельных установках, причины применения.
8. Шлакование поверхностей нагрева котла.
9. Способы очистки от поверхностей нагрева от шлака.
10. Очистка поверхностей нагрева котла от накипи.

Тема 7

1. Тепловая схема парового котла.
2. Основы теплового расчета котельных установок.
3. Порядок и последовательность расчета.
4. Расчет объемов и энтальпий воздуха и продуктов сгорания.
5. Теплообмен в топочной камере и методы его расчета (геометрические и оптические характеристики, степень экранирования, степень черноты).
6. Теплообмен и методы его расчета в конвективных поверхностях нагрева (температурные напоры, живые сечения, толщина излучающего слоя, скорости газа и рабочего тела, коэффициенты загрязнения).
7. Компоновка топочных устройств.
8. Выбор основных размеров котла.
9. Компоновка отдельных поверхностей нагрева котла.
10. Пример теплового расчета котла ДКВр-10-13.

Тема 8

1. Перечислите основные типы котлов с точки зрения схемы движения (циркуляции) среды в испарительных (парообразующих) поверхностях нагрева.
2. Можно ли создать котел с естественной циркуляцией, работающий при сверхкритических параметрах пара?
3. Какие силы обеспечивают движение рабочего тела через испарительные поверхности нагрева котла с естественной циркуляцией?
4. Для котла с естественной циркуляцией обязателен элемент, который отсутствует в прямоточных котлах. Какой это элемент?
5. Газодинамический расчет элементов котла, выбор тягодутьевых машин.
6. Особенности гидродинамики котлов (напор циркуляции, сопротивления, пленочный и пузырьковые режимы, надежность циркуляции, тепловая и гидравлическая развертки).
7. Надежность циркуляции.
8. Какие элементы (устройства) обеспечивают удаление уходящих газов (продуктов сгорания топлива) из котла в атмосферу?
9. Почему дымосос располагают по тракту дымовых газов за золоуловителем, а не перед ним?
10. Какие преимущества имеет Т-образная компоновка котла?

Тема 9

1. Выход и характеристики шлака и золы.
2. Состав шлака и золы.
3. Защита окружающей среды от вредных выбросов при работе котлов.
4. Содержание вредных примесей в продуктах сгорания
5. Золоулавливание. Защита продуктов сгорания от оксидов серы и азота
6. Конденсация водяных паров из продуктов сгорания. Недостатки, способы борьбы.
7. Обезвреживание сточных вод ТЭС.
8. Золо – и шлакоудаление, хранение, консервирование.
9. Шлако – и зола использование в промышленности.
10. Влияние вредных примесей на экономику работы котельной установки.

Тема 10

1. Какое понятие шире: "паровой котел" или "котельная установка"?
2. Распределение нагрузки между параллельно работающими котлами.
3. Состояние паровых котлов в эксплуатации.
4. Остановпарового котла.
5. Пуск парового котла в работу.
6. Ремонт котла.
7. Надзор за котлами.
8. Комбинированные энерготехнологические агрегаты.
9. Энерготехнологические агрегаты для высокотемпературных и низкотемпературных процессов.
10. Пути развития котельной техники.

Курсовой проект выполняется обучающимся самостоятельно под руководством преподавателя. При выполнении курсового проекта обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В начале изучения дисциплины преподаватель предлагает обучающимся на выбор перечень тем курсовых проектов. Обучающийся самостоятельно выбирает тему курсового проекта. Совпадение тем курсовых проектов у студентов одной учебной группы не допускается. Утверждение тем проводится ежегодно на заседании кафедры.

После выбора темы преподаватель формулирует задание по курсовому проекту и рекомендует перечень литературы для ее выполнения. Исключительно важным является использование информационных источников, а именно системы «Интернет», что даст возможность обучающимся более полно изложить материал по выбранной им теме.

В процессе написания курсового проекта обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

Преподаватель, проверив проект, может вернуть ее для доработки вместе с письменными замечаниями. Студент должен устранить полученные замечания в установленный срок, после чего работа окончательно оценивается.

Курсовой проект должен быть оформлен в соответствии с СМК-О-СМГТУ-42-09 «Курсовой проект (работа): структура, содержание, общие правила выполнения и оформления».

Примерный перечень тем курсовых проектов и пример задания представлены в разделе 7 «Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации».

7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Данный раздел состоит из двух пунктов:

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-1 Способность участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией		
Знать	Фундаментальные основы естественнонаучных дисциплин при сборе, анализе и применении их при проектировании котельных установок, парогенераторов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	<ol style="list-style-type: none"> 1. Назначение и классификация котельных установок. 2. Рабочие элементы паровых котлов. 3. Параметры и обозначения паровых котлов. 4. Схема пароводяного тракта котла с естественной циркуляцией. 5. Схема парового котла с многократной принудительной циркуляцией. 6. Прямоточные котлы и их особенности. 7. Схема котельных установок с П-образной компоновкой. 8. Назначение, конструкции и принцип расчета экономайзеров котлов. 9. Назначение, конструкции и принцип расчета испарительных поверхностей нагрева котлов. 10. Назначение, конструкции и принцип расчета пароперегревателей котлов. 11. Конструкции и особенности работы воздухоподогревателей котлов. 12. Назначение и особенности работы котлов-утилизаторов. 13. Конструкции котельных агрегатов типа ДКВР (ДЕ). 14. Конструкции энергетических котлов на примере Е-210-140 (БКЗ-210-140). 15. Конструкции и особенности работы теплофикационных водогрейных котлов, на примере КВ-ГМ-100. 16. Тепловой баланс парового котла. 17. Тепловые потери парового котла. 18. Коэффициент полезного действия котла и расход топлива. 19. Теплообмен в топочной камере и методы его расчета (геометрические и оптические характеристики, степень экранирования, степень черноты). 20. Теплообмен и методы его расчета в конвективных поверхностях нагрева (температурные напоры, живые сечения, толщина излучающего слоя, скорости газа и рабочего тела, коэффициенты загрязнения). 21. Газодинамический расчет элементов котла, выбор тягодутьевых машин. 22. Особенности гидродинамики котлов (напор циркуляции, сопротивления, пленочный и пузырьковые ре-

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>жимы, надежность циркуляции, тепловая и гидравлическая разверки).</p> <p>23. Водный режим котлов (требования к питательной воде, поведение примесей, коррозия, сепарация пара, вынос влаги и солей, продувка).</p> <p>24. Методы получения чистого пара (продувка, ступенчатое испарение, сепарация, промывка).</p> <p>25. Надежность поверхностей нагрева котлов (загрязнения, коррозия и очистка).</p> <p>26. Свойства золошлаковых отходов и их влияние на работу котла.</p> <p>27. Системы шлакозолоудаления.</p> <p>28. Камерные топки для сжигания пыли.</p> <p>29. Аэродинамика топок котла.</p> <p>30. Компоновка горелочных устройств на топке.</p> <p>31. Пылеугольные горелки.</p> <p>32. Особенности сжигания пылевидных твердых топлив.</p> <p>33. Конструкции форсунок.</p> <p>34. Особенности распыливания и сжигания жидких топлив.</p> <p>35. Конструкции газовых горелок и камерных топок для природного газа.</p> <p>36. Химический недожог топлива и избытки воздуха.</p> <p>37. Особенности сжигания газообразных топлив (светимость факела, стабильность фронта воспламенения, смесеобразование).</p> <p>38. Подготовка мазута к сжиганию.</p> <p>39. Схемы газоснабжения котлов.</p> <p>40. Системы пылеприготовления котлов.</p> <p>41. Сепараторы пыли и пылепитатели.</p> <p>42. Назначение и конструкции углеразмольных мельниц.</p> <p>43. Тракт углеподачи и пылеприготовления.</p> <p>44. Угольная пыль и ее свойства.</p> <p>45. Камерное сжигание твердого топлива.</p> <p>46. Сжигание топлива в топках кипящего слоя.</p> <p>47. Схемы сжигания твердого топлива в слоевых топках.</p> <p>48. Алгоритм расчета продуктов сгорания топлива (теоретический расход воздуха, объем и энтальпии продуктов сгорания).</p> <p>49. Характеристики энергетического топлива.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																
Уметь	Применять фундаментальные основы естественнонаучных дисциплин при сборе, анализе и проектировании котельных установок, парогенераторов и их вспомогательных элементов	<p>50. Виды и элементарный состав энергетических топлив.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Произвести расчет теплообмена в топочной камере котла ДКВР-6,5-13 при площади тепловосприятия $F_T = 39 \text{ м}^2$ и $\vartheta_a = 1900 \text{ }^\circ\text{C}$ и сжигании природного газа. 2. Произвести расчет теплообмена в конвективных поверхностях нагрева котла ДКВР-10-13, работающего на природном газе, при температурах дымовых газов на входе и выходе $\vartheta' = 1050 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\vartheta'' = 800 \text{ }^\circ\text{C}$, площади теплообмена $F_T = 52 \text{ м}^2$. 3. Выполнить расчет укрупненного теплового баланса парового котла типа ДКВР-10-13 при сжигании твердого топлива при номинальном расходе. 4. Выполнить расчет КПД-брутто и КПД-нетто для парового котла типа ДКВР-10-13, работающем на газообразном топливе при номинальном расходе. 5. Рассчитать скорость витания при сжигании твердого топлива в «кипящем» слое при средней фракции частиц угля $d_{\text{ч}} = 120 \text{ мкм}$ и плотности $\rho_{\text{ч}} = 1200 \text{ кг/м}^3$. 6. Рассчитать кратность циркуляции и движущий напор для прямоточного котла типоразмера П-800-210. 																																
Владеть	Навыками сбора и анализа исходных данных при проектирования котельных установок, парогенераторов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	<p style="text-align: center;">ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА</p> <p style="text-align: center;">Выполнить тепловой расчет парового котельного агрегата ДКВР для следующих исходных данных:</p> <table border="1" data-bbox="611 919 2125 1334"> <thead> <tr> <th data-bbox="611 919 810 1066">Тип котла</th> <th colspan="2" data-bbox="810 919 1115 1066">Производительность</th> <th data-bbox="1115 919 1272 1066">Давление</th> <th data-bbox="1272 919 1480 1066">Пар</th> <th data-bbox="1480 919 1682 1066">Температура питательной воды</th> <th data-bbox="1682 919 1966 1066">Хвостовые поверхности</th> <th data-bbox="1966 919 2125 1066">Продувка</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="611 1066 810 1142">ДКВР 10-13</td> <td colspan="2" data-bbox="810 1066 1115 1142">2,5 кг/с</td> <td data-bbox="1115 1066 1272 1142">1,2 МПа</td> <td data-bbox="1272 1066 1480 1142">Насыщенный</td> <td data-bbox="1480 1066 1682 1142">104 °C</td> <td data-bbox="1682 1066 1966 1142">Пароперегреватель</td> <td data-bbox="1966 1066 2125 1142">8%</td> </tr> <tr> <td data-bbox="611 1142 810 1219">Состав топлива</td> <td data-bbox="810 1142 958 1219">$C^p, \%$</td> <td data-bbox="958 1142 1115 1219">$H^p, \%$</td> <td data-bbox="1115 1142 1272 1219">$N^p, \%$</td> <td data-bbox="1272 1142 1480 1219">$O^p, \%$</td> <td data-bbox="1480 1142 1682 1219">$S_k^p, \%$</td> <td data-bbox="1682 1142 1966 1219">$W^p, \%$</td> <td data-bbox="1966 1142 2125 1219">$A^p, \%$</td> </tr> <tr> <td data-bbox="611 1219 810 1334">Назаровский бурый уголь</td> <td data-bbox="810 1219 958 1334">70</td> <td data-bbox="958 1219 1115 1334">3,3</td> <td data-bbox="1115 1219 1272 1334">1,5</td> <td data-bbox="1272 1219 1480 1334">2</td> <td data-bbox="1480 1219 1682 1334">0,5</td> <td data-bbox="1682 1219 1966 1334">8</td> <td data-bbox="1966 1219 2125 1334">14,8</td> </tr> </tbody> </table>	Тип котла	Производительность		Давление	Пар	Температура питательной воды	Хвостовые поверхности	Продувка	ДКВР 10-13	2,5 кг/с		1,2 МПа	Насыщенный	104 °C	Пароперегреватель	8%	Состав топлива	$C^p, \%$	$H^p, \%$	$N^p, \%$	$O^p, \%$	$S_k^p, \%$	$W^p, \%$	$A^p, \%$	Назаровский бурый уголь	70	3,3	1,5	2	0,5	8	14,8
Тип котла	Производительность		Давление	Пар	Температура питательной воды	Хвостовые поверхности	Продувка																											
ДКВР 10-13	2,5 кг/с		1,2 МПа	Насыщенный	104 °C	Пароперегреватель	8%																											
Состав топлива	$C^p, \%$	$H^p, \%$	$N^p, \%$	$O^p, \%$	$S_k^p, \%$	$W^p, \%$	$A^p, \%$																											
Назаровский бурый уголь	70	3,3	1,5	2	0,5	8	14,8																											
ПК-2 Способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием																																		
Знать	Типовые методики	1. Назначение и классификация котельных установок.																																

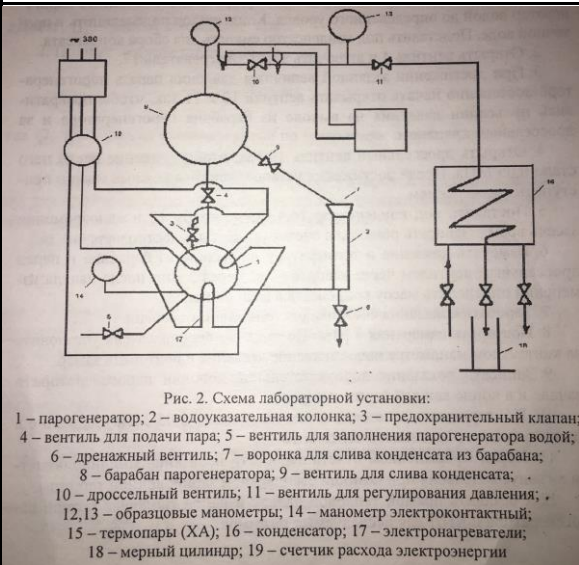
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>проведения расчётов и проектирования основных узлов и элементов котельных установок и парогенераторов с использованием стандартных средств автоматизации проектирования</p>	<ol style="list-style-type: none"> 2. Рабочие элементы паровых котлов. 3. Параметры и обозначения паровых котлов. 4. Схема пароводяного тракта котла с естественной циркуляцией. 5. Схема парового котла с многократной принудительной циркуляцией. 6. Прямоточные котлы и их особенности. 7. Схема котельных установок с П-образной компоновкой. 8. Назначение, конструкции и принцип расчета экономайзеров котлов. 9. Назначение, конструкции и принцип расчета испарительных поверхностей нагрева котлов. 10. Назначение, конструкции и принцип расчета пароперегревателей котлов. 11. Конструкции и особенности работы воздухоподогревателей котлов. 12. Назначение и особенности работы котлов-утилизаторов. 13. Конструкции котельных агрегатов типа ДКВР (ДЕ). 14. Конструкции энергетических котлов на примере Е-210-140 (БКЗ-210-140). 15. Конструкции и особенности работы теплофикационных водогрейных котлов, на примере КВ-ГМ-100. 16. Тепловой баланс парового котла. 17. Тепловые потери парового котла. 18. Коэффициент полезного действия котла и расход топлива. 19. Теплообмен в топочной камере и методы его расчета (геометрические и оптические характеристики, степень экранирования, степень черноты). 20. Теплообмен и методы его расчета в конвективных поверхностях нагрева (температурные напоры, живые сечения, толщина излучающего слоя, скорости газа и рабочего тела, коэффициенты загрязнения). 21. Газодинамический расчет элементов котла, выбор тягодутьевых машин. 22. Особенности гидродинамики котлов (напор циркуляции, сопротивления, пленочный и пузырьковые режимы, надежность циркуляции, тепловая и гидравлическая разверки). 23. Водный режим котлов (требования к питательной воде, поведение примесей, коррозия, сепарация пара, вынос влаги и солей, продувка). 24. Методы получения чистого пара (продувка, ступенчатое испарение, сепарация, промывка). 25. Надежность поверхностей нагрева котлов (загрязнения, коррозия и очистка). 26. Свойства золошлаковых отходов и их влияние на работу котла. 27. Системы шлакозолоудаления. 28. Камерные топки для сжигания пыли.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		29. Аэродинамика топок котла. 30. Компоновка горелочных устройств на топке. 31. Пылеугольные горелки. 32. Особенности сжигания пылевидных твердых топлив. 33. Конструкции форсунок. 34. Особенности распыливания и сжигания жидких топлив. 35. Конструкции газовых горелок и камерных топок для природного газа. 36. Химический недожог топлива и избытки воздуха. 37. Особенности сжигания газообразных топлив (светимость факела, стабильность фронта воспламенения, смесеобразование). 38. Подготовка мазута к сжиганию. 39. Схемы газоснабжения котлов. 40. Системы пылеприготовления котлов. 41. Сепараторы пыли и пылепитатели. 42. Назначение и конструкции углеразмельняющих мельниц. 43. Тракт углеподачи и пылеприготовления. 44. Угольная пыль и ее свойства. 45. Камерное сжигание твердого топлива. 46. Сжигание топлива в топках кипящего слоя. 47. Схемы сжигания твердого топлива в слоевых топках. 48. Алгоритм расчета продуктов сгорания топлива (теоретический расход воздуха, объем и энтальпии продуктов сгорания). 49. Характеристики энергетического топлива. 50. Виды и элементарный состав энергетических топлив.
Уметь	Проводить расчёты основных узлов и элементов котельных установок и парогенераторов, проектировать тех-	1. Произвести расчет теплообмена в топочной камере котла ДКВР-6,5-13 при площади тепловосприятия $F_T = 39 \text{ м}^2$ и $\vartheta_a = 1900 \text{ °C}$ и сжигании природного газа. 2. Произвести расчет теплообмена в конвективных поверхностях нагрева котла ДКВР-10-13, работающего на природном газе, при температурах дымовых газов на входе и выходе $\vartheta' = 1050 \text{ °C}$ и $\vartheta'' = 800 \text{ °C}$, площади теплообмена $F_T = 52 \text{ м}^2$. 3. Выполнить расчет укрупненного теплового баланса парового котла типа ДКВР-10-13 при сжигании

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																
	нологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования	<p>твердого топлива при номинальном расходе.</p> <p>4. Выполнить расчет КПД-брутто и КПД-нетто для парового котла типа ДКВР-10-13, работающем на газообразном топливе при номинальном расходе.</p> <p>5. Рассчитать скорость витания при сжигании твердого топлива в «кипящем» слое при средней фракции частиц угля $d_{\text{ч}} = 120$ мкм и плотности $\rho_{\text{ч}} = 1200$ кг/м³.</p> <p>6. Рассчитать кратность циркуляции и движущий напор для прямоточного котла типоразмера П-800-210.</p>																																
Владеть	Основами проведения расчётов при проектирования основных узлов и элементов котельных установок, парогенераторов и вспомогательного оборудования с использованием стандартных средств автоматизации проектирования	<p>Выполнить тепловой расчет парового котельного агрегата ДКВР для следующих исходных данных:</p> <table border="1" data-bbox="609 612 2123 1027"> <thead> <tr> <th data-bbox="609 612 810 762">Тип котла</th> <th colspan="2" data-bbox="810 612 1115 762">Производительность</th> <th data-bbox="1115 612 1272 762">Давление</th> <th data-bbox="1272 612 1482 762">Пар</th> <th data-bbox="1482 612 1684 762">Температура питательной воды</th> <th data-bbox="1684 612 1966 762">Хвостовые поверхности</th> <th data-bbox="1966 612 2123 762">Продувка</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="609 762 810 836">ДКВР 10-13</td> <td colspan="2" data-bbox="810 762 1115 836">2,5 кг/с</td> <td data-bbox="1115 762 1272 836">1,2 МПа</td> <td data-bbox="1272 762 1482 836">Насыщенный</td> <td data-bbox="1482 762 1684 836">104 °С</td> <td data-bbox="1684 762 1966 836">Пароперегреватель</td> <td data-bbox="1966 762 2123 836">8%</td> </tr> <tr> <td data-bbox="609 836 810 909">Состав топлива</td> <td data-bbox="810 836 958 909">$C^p, \%$</td> <td data-bbox="958 836 1115 909">$H^p, \%$</td> <td data-bbox="1115 836 1272 909">$N^p, \%$</td> <td data-bbox="1272 836 1482 909">$O^p, \%$</td> <td data-bbox="1482 836 1684 909">$S_k^p, \%$</td> <td data-bbox="1684 836 1966 909">$W^p, \%$</td> <td data-bbox="1966 836 2123 909">$A^p, \%$</td> </tr> <tr> <td data-bbox="609 909 810 1027">Назаровский бурый уголь</td> <td data-bbox="810 909 958 1027">70</td> <td data-bbox="958 909 1115 1027">3,3</td> <td data-bbox="1115 909 1272 1027">1,5</td> <td data-bbox="1272 909 1482 1027">2</td> <td data-bbox="1482 909 1684 1027">0,5</td> <td data-bbox="1684 909 1966 1027">8</td> <td data-bbox="1966 909 2123 1027">14,8</td> </tr> </tbody> </table>	Тип котла	Производительность		Давление	Пар	Температура питательной воды	Хвостовые поверхности	Продувка	ДКВР 10-13	2,5 кг/с		1,2 МПа	Насыщенный	104 °С	Пароперегреватель	8%	Состав топлива	$C^p, \%$	$H^p, \%$	$N^p, \%$	$O^p, \%$	$S_k^p, \%$	$W^p, \%$	$A^p, \%$	Назаровский бурый уголь	70	3,3	1,5	2	0,5	8	14,8
Тип котла	Производительность		Давление	Пар	Температура питательной воды	Хвостовые поверхности	Продувка																											
ДКВР 10-13	2,5 кг/с		1,2 МПа	Насыщенный	104 °С	Пароперегреватель	8%																											
Состав топлива	$C^p, \%$	$H^p, \%$	$N^p, \%$	$O^p, \%$	$S_k^p, \%$	$W^p, \%$	$A^p, \%$																											
Назаровский бурый уголь	70	3,3	1,5	2	0,5	8	14,8																											
ПК-10 Готовность к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов																																		
Знать	Основные технологические процессы в узлах и элементах котельных установок и парогенераторов, при освоении, доводки и безопасной эксплуатации	<ol style="list-style-type: none"> 1. Закономерности моделирования аэродинамических процессов. 2. Условия подобия модели котельной установки. 3. Алгоритм выбора тягодутьевых устройств. 4. Как определяется сопротивление горелочных устройств? 5. Назначение рециркуляции дымовых газов. 6. Методология экспериментального определения сопротивлений газового тракта котла. 7. Как составляется тепловой баланс и находится КПД парового котла? 8. Как определяются тепловые потери котла? 9. Что такое КПД брутто и КПД нетто котла? 																																

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		10. Объяснить методологию прямого и обратного теплового баланса. 11. Каковы составляющие теплового баланса котла? 12. В чем суть методики определения КПД котла методом обратного теплового баланса? 13. Зависимость расходной части теплового баланса от режимных параметров котла. 14. Что такое КПД котла брутто и нетто? 15. Как зависит КПД котла от давления пара?
Уметь	Применять знания основных технологических процессов в узлах и элементах котельных установок и парогенераторов, при освоении, доводки и безопасной эксплуатации	1. Произвести расчет теплообмена в топочной камере котла ДКВР-6,5-13 при площади тепловосприятия $F_T = 39 \text{ м}^2$ и $\vartheta_a = 1900 \text{ }^\circ\text{C}$ и сжигании природного газа. 2. Произвести расчет теплообмена в конвективных поверхностях нагрева котла ДКВР-10-13, работающего на природном газе, при температурах дымовых газов на входе и выходе $\vartheta' = 1050 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\vartheta'' = 800 \text{ }^\circ\text{C}$, площади теплообмена $F_T = 52 \text{ м}^2$. 3. Выполнить расчет укрупненного теплового баланса парового котла типа ДКВР-10-13 при сжигании твердого топлива при номинальном расходе. 4. Выполнить расчет КПД-брутто и КПД-нетто для парового котла типа ДКВР-10-13, работающем на газообразном топливе при номинальном расходе. 5. Рассчитать скорость витания при сжигании твердого топлива в «кипящем» слое при средней фракции частиц угля $d_{\text{ч}} = 120 \text{ мкм}$ и плотности $\rho_{\text{ч}} = 1200 \text{ кг/м}^3$. 6. Рассчитать кратность циркуляции и движущий напор для прямоточного котла типоразмера П-800-210.
Владеть	Навыками освоения и доводки технологических процессов в узлах и элементах котельных установок и парогенераторов для их эффективной и безопасной работы	<p style="text-align: center;">Описание лабораторной установки</p> <p>Экспериментальная установка (рис.) состоит из электрического парогенератора 1, конденсатора 16 и системы контрольно-измерительных приборов. Из водопровода через вентиль 5 вода заливается в парогенератор, где с помощью электронагревателя 17 она превращается в пар. Далее через вентиль 4 пар поступает в барабан парогенератора 8. Парогенератор снабжен предохранительным клапаном 3, который отрегулирован на давление 0,22-0,24 МПа. Для слива конденсата из барабана котла в воронку имеется специальный сливной кран 9. Из барабана котла влажный насыщенный пар выходит через дроссельный вентиль 10. Вентиль 11 служит для поддержания в системе некоторого избыточного давления. Сдросселированный пар проходит через конденсатор поверхностного охлаждения 16 и образовавшийся конденсат собирается в мерном цилиндре 18. В установке используются контрольно-измерительные приборы, служащие для определения температуры (милливольтметр) и давления пара на различных участках, а также мощности трубчатого электронагревателя (электросчетчик). Для измерения времени накопления конденсата в мерном цилиндре 18 служит секундомер.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p style="text-align: center;"><i>Лабораторная работа №1</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КПД КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ МЕТОДОМ ПРЯМОГО ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА</p> <p>Цель работы: экспериментальное изучение КПД котла методом прямого теплового баланса.</p> <p>План выполнения работы</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Перед выполнением работы необходимо внимательно ознакомиться с оборудованием установки. Закрыть все краны и вентили. Залить парогенератор водой до определенного уровня. Конденсатор подсоединить к проточной воде. Подставить под конденсатор емкость для сбора конденсата. 2. Открыть вентиль 4 и включить электронагреватель 17. 3. При достижении заданной величины давления пара в парогенераторе постепенно начать открывать вентили 10 и 11 так, чтобы прекратились пульсации давления на выходе из барабана парогенератора и за дроссельным клапаном. 4. Открыть дроссельный вентиль 10 так, чтобы давление после него стало 0,05 МПа. После достижения установившегося режима можно приступить к измерениям. 5. Поставить под конденсатор 16 мерную колбу 18 и одновременно засечь время. Записать показания счетчика расхода электроэнергии. 6. Измерять давление и температуру на выходе из барабана и перед дроссельным вентилем через каждые 60 с. Через 3 мин после начала измерений определить массу конденсата в мерной колбе. 7. Записать показания счетчика расхода электроэнергии. 8. Повторить измерения 3 раза. По заданию преподавателя установить на контактном манометре новое значение давления и повторить замер. 9. Записать показания водоуказательной колонки парогенератора в начале и в конце каждой серии замеров. 10. Поддерживать на одном и том же уровне (0,05 МПа) давление в системе после дроссельного вентиля 10. 11. Перед оформлением отчета перевести показания милливольтметра в градусы Цельсия при помощи стандартной тарировочной таблицы. 12. Составить прямой тепловой баланс и найти тепловые потери парогенератора и КПД для исследуемых ре-



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>жимов.</p> <p>13. Настроить зависимость паропроизводительности D парогенератора от удельной электрической мощности $N_э/M_{ж}$, и КПД парогенератора от паропроизводительности, где $N_э$ — электрическая мощность парогенератора, кВт; $M_{ж}$ - средняя масса жидкости в парогенераторе во время каждой серии экспериментов, определяемая по водоуказательной колбе, кг.</p> <p>14. Определить потери теплоты парогенератором расчетным путем, сопоставив с величиной потерь, найденных из теплового баланса, определить величину невязки.</p> <p style="text-align: center;">Расчетная часть</p> <p>1. Полезные затраты тепла</p> $Q_n = G_n * i_n \quad (10)$ <p>где $G_n = G_k$ – расход пара, кг/с; i_n — энтальпия пара при давлении P перед редуccionным клапаном, кДж/кг; G_k- расход конденсата, кг/с.</p> <p>2. Полные затраты тепла, кВт,</p> $Q_э = \frac{Q_э - Q_э}{\tau} \quad (11)$ <p>$Q_э, Q_э$ — расход электроэнергии по показаниям счетчика, кВт*ч; τ — время эксперимента, ч.</p> <p>3. Количество тепла, теряемое парогенератором в окружающую среду, для промышленных котельных установок определяется по номограммам в зависимости от производительности котла. Для лабораторного парогенератора</p> $Q_{потерь} = \alpha * \Delta t * F \quad (12)$ <p>где α - коэффициент теплоотдачи для условий свободной конвекции, кВт/м²*°С; $\Delta t = t_c + t_г$, t_c — средняя температура стенки парогенератора, °С; $t_г$ — температура воздуха вдали от парогенератора, °С; F — поверхность теплообмена $F = F_n + F_б$; F_n — поверхность парогенератора; $F_б$ — поверхность барабана.</p> <p>Для нахождения α используется критериальное уравнение</p> $Nu = c * (Gr * Pr)^n$ <p>где $Gr = g\beta * \Delta t * d^3 / \nu^2$ — критерий Грасгофа; $Pr = \nu / a$ — критерий Прандтля.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Значения кинематической вязкости ν, м²/с, температурного коэффициента объемного расширения β, °С⁻¹, коэффициента теплопроводности α, м²/с, и коэффициента теплопроводности воздуха λ Вт/м²°С, принимаются при средней температуре $t = 0.5(t_c + t_e)$ по формулам: $\nu = (5.1 \cdot 10^{-5}t^2 + 0.115t + 13.2) \cdot 10^{-6}$; $\beta = 1.37 \cdot 10^{-8}t^2 - 1.45 \cdot 10^{-5}t + 0.0047$; $\alpha = (7.71 \cdot 10^{-6}t^2 + 0.015t + 1.76) \cdot 10^{-5}$; $\lambda = -2.58 \cdot 10^{-9}t^2 + 7.86 \cdot 10^{-5}t + 0.023$.</p> <p>В диапазоне значений произведения $10^3 < Gr \cdot Pr < 10^9$ коэффициент C в уравнении (13) аппроксимируется уравнением $C = 1.54 \cdot 10^{-4} Pr^3 - 0,017 Pr^2 + 0,181 Pr + 0,971$, (14) а степень $n = 0,25$.</p> <p>Коэффициент теплоотдачи для условий свободной конвекции определяется по уравнению $\alpha = Nu \cdot \lambda / D_{ср}$ (15) , где $D_{ср} = d$ — средний диаметр парогенератора и барабана.</p> <p>Определить потери тепла для двух условий: при температурах $t_e = 10$ °С и $t_c = 50$ °С, а также при $t_e = 25$ °С и $t_c = 80$ °С.</p> <p>4. Определить удельную электрическую нагрузку парогенератора $N_{уд} = N_э / M_e$ (16) где $N_э$ — электрическая мощность парогенератора, кВт; M_e — масса нагреваемой воды, кг.</p> <p>Порядок оформления отчет</p> <p>Отчет по работе должен содержать следующее: 1) название и цель работы; 2) краткий конспект теоретического введения; 3) описание схемы установки; 4) порядок выполнения работы; 5) результаты измерений и расчетов (см. приложение); б) выводы по работе (объяснить полученные зависимости).</p> <p style="text-align: center;">Лабораторная работа №2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КПД КОТЛА И РАСХОДА ТОПЛИВА</p> <p>Цель работы: изучение методики ускоренного расчета парового котла на основе экспериментальных данных.</p> <p style="text-align: center;">План выполнения работы</p> <p>Электрическая мощность котла принимается из лабораторной работы N2 в диапазоне $N_{эл} = 6-9$ кВт. Паропроизводительность по насыщенному пару для электрокотла с КПД $\eta_{эл}$ равна: $D_n = N_{эл} \eta_{эл} / (i_n - i_{нв})$, где i_n и $i_{нв}$ - энтальпии сухого насыщенного пара и питательной воды, кДж/кг, на кривой насыщения при давлении $P = 0,2$ МПа и температуре 120 °С.</p> <p>Необходимо определить расчетный расход топлива B_p для эквивалентного по паропроизводительности топ-</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>ливного котла.</p> <p>Исходные данные для расчета: вид сжигаемого топлива- каменный уголь Кузнецкого месторождения (марки 2СС); низшая теплота сгорания- $Q_H^p = 24,6$ МДж/кг; основные компоненты рабочей массы, %: $C^p = 64,1$; $H^p = 3,3$; $A^p = 18,2$; $W^p = 9,0$; температура топлива $t_t = 200$ °С; подогрев воздуха $t_{под.в.} = 350$ °С; температура холодного воздуха $t_{хв} = 20$ °С; температура уходящих газов $\vartheta_{yx} = 130$ °С; коэффициент избытка воздуха в уходящих газах $\alpha_{yx} = 1,4$; объемы компонентов продуктов сгорания, м³/кг: трехатомных газов $V_{RO2} = 1,2$, азота $V_{N2} = 5,16$; доли золы в шлаке и уносе, определяемые взвешиванием и из золowego баланса $(a_{шл} + n = 1) - a_{шл} = 0,2$ и $a_{ун} = 0,8$; теплоемкость шлака при его температуре $t_{шл} = 1380$ °С - $C_{шл} = 2,42 \cdot 10^{(-4)} t_{шл} + 0,79$ [кДж/(кг*К)]; содержания горючих соответственно в шлаке и уносе, определяемые взвешиванием и дожигом лабораторных проб: $\Gamma_{шл} = 30$ % и $\Gamma_{ун} = 50$ %; объемное содержание продуктов неполного сгорания в уходящих газах, %: $CO = 0,5$, $H_2 = 0,3$, $CH_4 = 0,1$.</p> <p>Расчет проводится по методике ускоренного теплового расчета котла [4]:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Теоретически необходимый расход воздуха, м³/кг: $V_г^o = 0,263Q_H^p + 0,007W^p = 0,0889C^p + 0,265H^p = Q_H^p / 3,7$; где в МДж/кг. 2. Коэффициент, учитывающий различие низшей и располагаемой теплоты сгорания топлива: $k_q = 1 + (0,055t_T + 0,35\Delta t_{под.в.}) \cdot 10^{(-3)}$. 3. Располагаемая теплота, МДж/кг: $Q_p^p = k_q Q_H^p$. 4. Энтальпия теоретического объема воздуха, кДж/кг: $(VC)_г^o = V_г^o \cdot 100[1,32 + 0,122(\vartheta_{yx} \cdot 10^{-3} - 0,1)]$. 5. Потери теплоты с уходящими газами, %: $q_2 = (VC)_г^o \vartheta_{yx} \{a_{ун} [1 - (t_{хв}/\vartheta_{yx})](\alpha_{yx} - 1)\} / Q_p^p$, где Q_p^p в кДж/кг. 6. Потери теплоты (недожог) от механической неполноты сгорания, %: $q_4 = \{ [a_{шл} \Gamma_{шл} / (100 - \Gamma_{шл})] + [a_{ун} \cdot \Gamma_{ун} / (100 - \Gamma_{ун})] \} \cdot 32,7 A^p 100 / Q_p^p$, где Q_p^p в кДж/кг. 7. Объем сухих газов (м³/кг): $V_{сг} = V_{RO2} + V_{N2}^o + (\alpha_{yx} - 1) V_г^o$ 8. Потери теплоты (недожог) от химической неполноты сгорания топлива, %: $q_3 = (126,4CO + 108H_2 + 3 \cdot 58,2CH_4) V_{сг} (100 - q_4) 100 / Q_p^p$, где Q_p^p в Дж/кг. 9. Потери теплоты в окружающую среду, %, в зависимости от номинальной нагрузки D_H, кг/с: $q_{5H} = 3,6 \cdot 10^{(-11)} D_H^6 - 1,47 \cdot 10^{(-8)} D_H^5 + 2,28 \cdot 10^{(-6)} D_H^4 - 1,72 \cdot 10^{(-4)} D_H^3 + 0,68 \cdot 10^{(-2)} D_H^2 - 0,143 D_H + 2,0$ 10. Потери теплоты в окружающую среду при ненормальной нагрузке D: $q_5 = q_{5H} D_H / D$

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																															
		<p>11. Потери теплоты с физической теплотой шлака: $q_6 = a_{шл} A^p C_{шл} t_{шл} / Q_p^p$, где Q_p^p в кДж/кг.</p> <p>12. КПД котла брутто, %: $\eta_k^{бp} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6)$</p> <p>13. Коэффициент сохранения теплоты $\varphi = \left\{ 1 - \left[\frac{q_5}{\eta_k^{бp} + q_5} \right] \right\}$</p> <p>14. Расход топлива, подаваемого в топку В, кг/с: $B = \frac{Q_k^{100}}{Q_p^p \eta_k^{бp}} = 2,56 D_H \left(\frac{10}{P_H} \right)^{0,175} / (Q_p^p \eta_k^{бp})$</p> <p>15. Расчетный расход топлива B_p, кг/с: $B_p = B [1 - (q_4/100)]$.</p> <p>Порядок оформления отчета</p> <p>Отчет по работе должен содержать следующее:</p> <p>1) название и цель работы; 2) краткий конспект теоретического введения; 3) описание схемы установки; 4) порядок выполнения работы; 5) результаты измерений и расчетов (см. приложение); б) выводы по работе (объяснить полученные зависимости).</p> <p>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ</p> <p>1. Как составляется тепловой баланс и находится КПД парового котла?</p> <p>2. Как определяются тепловые потери котла?</p> <p>3. Что такое КПД брутто и КПД нетто котла?</p> <p>4. Объяснить методологию прямого и обратного теплового баланса.</p> <p>Приложение</p> <p>Таблица П1</p> <p>Результаты экспериментального исследования парогенератора</p> <table border="1" data-bbox="611 1062 2125 1329"> <thead> <tr> <th>Номер серии замеров</th> <th>Время опыта τ, мин</th> <th>Среднее давление в парогенераторе Р, МПа</th> <th>Давление пара перед дроссельным вентилем P_H, МПа</th> <th>Температура пара тп, °С</th> <th>Энтальпия пара ip, кДж/кг</th> <th>Расход конденсата Gk, кг/с</th> <th>Расход электроэнергии Qэ' Qэ'', кВт*ч кВт*ч</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Таблица П2</p> <p>Тепловые характеристики парогенератора</p> <table border="1" data-bbox="611 1401 2125 1439"> <thead> <tr> <th>Номер</th> <th>Расход</th> <th>Полезные</th> <th>Полные за-</th> <th>Потери теп-</th> <th>Невязка тепло-</th> <th>КПД парогене-</th> </tr> </thead> </table>	Номер серии замеров	Время опыта τ , мин	Среднее давление в парогенераторе Р, МПа	Давление пара перед дроссельным вентилем P_H , МПа	Температура пара тп, °С	Энтальпия пара ip, кДж/кг	Расход конденсата Gk, кг/с	Расход электроэнергии Qэ' Qэ'', кВт*ч кВт*ч	1								2								Номер	Расход	Полезные	Полные за-	Потери теп-	Невязка тепло-	КПД парогене-
Номер серии замеров	Время опыта τ , мин	Среднее давление в парогенераторе Р, МПа	Давление пара перед дроссельным вентилем P_H , МПа	Температура пара тп, °С	Энтальпия пара ip, кДж/кг	Расход конденсата Gk, кг/с	Расход электроэнергии Qэ' Qэ'', кВт*ч кВт*ч																										
1																																	
2																																	
Номер	Расход	Полезные	Полные за-	Потери теп-	Невязка тепло-	КПД парогене-																											

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства						
		серии	пара G п, кг/с	затраты тепла Qп, кВт	траты тепла Qпол, кВт	ла(эксперимент) $Q_{ном}$, кВт	вого баланса δ , %	ратора η , %
		1						
		2						

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Котельные установки и парогенераторы» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена и в форме выполнения и защиты курсового проекта. Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

- на оценку «отлично» (5 баллов) – обучающийся показывает высокий уровень сформированности компетенций, т.е. умение проводить расчёты основных узлов и элементов котельных установок и парогенераторов, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования, знания фундаментальных основ дисциплины и их применение при решении профессиональных задач повышенной сложности;
- на оценку «хорошо» (4 балла) – обучающийся показывает средний уровень сформированности компетенций, т.е. умение проводить расчёты элементов котельных установок и парогенераторов, проектировать технологическое оборудование, знания основных фундаментальных основ дисциплины и применение их при решении профессиональных задач;
- на оценку «удовлетворительно» (3 балла) – обучающийся показывает пороговый уровень сформированности компетенций, т.е. знания основных фундаментальных основ дисциплины и применять их при решении профессиональных задач;
- на оценку «неудовлетворительно» (2 балла) – результат обучения не достигнут, обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Курсовой проект выполняется под руководством преподавателя. В процессе его написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Котельные установки и парогенераторы». При выполнении курсового проекта обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе написания курсового проекта обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать методику расчета и полученные результаты.

Критерии оценки курсового проекта:

- на оценку «отлично» (5 баллов) – работа выполнена на достаточно высоком уровне. Обучающийся показывает умение проводить расчёты основных узлов и элементов котельных установок и парогенераторов, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования, выполнять сборочный чертеж и анализировать его;
- на оценку «хорошо» (4 балла) – работа выполнена среднем уровне. Обучающийся показывает умение проводить расчёты основных узлов и элементов котельных установок и парогенераторов, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств проектирования;

– на оценку «удовлетворительно» (3 балла) – обучающийся показывает пороговый уровень, т.е. умение проводить расчёты основных узлов и элементов котельных установок и парогенераторов;

– на оценку «неудовлетворительно» (2 балла) - результат обучения не достигнут, задание выполнено частично. Обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Гиль, А.В. Расчет пароперегревателя и низкотемпературных поверхностей нагрева паровых котлов : учебно-методическое пособие / А.В. Гиль; Томский политехнический университет. - Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. - 136 с. Режим доступа: URL: <https://znanium.com/catalog/product/1043892>
2. Клименко А.В., Теплоэнергетика и теплотехника Кн. 3. Тепловые и атомные электростанции / Клименко А.В. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011706.html>

б) дополнительная литература:

1. Морозов, А. П. Теплогенерирующие установки. Котельные установки и парогенераторы : учебное пособие / А. П. Морозов, Г. Н. Трубицына ; МГТУ, [каф. ТиЭС]. - Магнитогорск, 2010. - 275 с. : ил., граф., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=342.pdf&show=dcatalogues/1/1074805/342.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

2. Лебедев, В.М. Тепловой расчет котельных агрегатов средней паропроизводительности [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.М. Лебедев, С.В. Приходько. – СПб.: Издательство «Лань», 2017. – 212 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/91071/#1>

3. Быстрицкий, Г. Ф. Общая энергетика: энергетическое оборудование. В 2 ч. Часть 1 : справочник для вузов / Г. Ф. Быстрицкий, Э. А. Киреева. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 222 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03275-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453448>

4. Быстрицкий, Г. Ф. Общая энергетика: энергетическое оборудование. В 2 ч. Часть 2 : справочник для вузов / Г. Ф. Быстрицкий, Э. А. Киреева. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 371 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03276-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453477>

в) методические указания:

1. Морозов, А.П. Исследование аэродинамики котельного агрегата на модели [Текст]: метод.указания к выполнению лаб. работы / А.П. Морозов. - Магнитогорск: МГТУ, 2013. 8 с.

2. Морозов, А.П. Определение КПД котельного агрегата методом обратного теплового баланса [Текст]: метод.указания к выполнению лаб. работы / А.П. Морозов. -Магнитогорск: МГТУ, 2013. 5 с.

3. Морозов, А.П. Исследование тепловых характеристик котельной установки [Текст]: метод.указания к выполнению лаб. работы / А.П. Морозов. - Магнитогорск: МГТУ, 2013. 8 с.

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
Стандартные		
Microsoft Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018	11.10.2021
Microsoft Office 2007	№135 от 17.09.2007	Бессрочно
7Zip	Свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	Свободно распространяемое	бессрочно
Дополнительные		
Microsoft Windows 10 Pro	Д-1227 от 8.10.2018	11.10.2021

1. Федеральный институт промышленной собственности : сайт РОСПАТЕНТА / ФИПС. – Москва : ФИПС, 2009 – . – URL: <http://www1.fips.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
2. Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) : национальная библиографическая база данных научного цитирования. – Текст: электронный // eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Академия Google (Google Scholar) : поисковая система : сайт. – URL: <https://scholar.google.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
4. Единое окно доступа к информационным ресурсам : электронная библиотека : сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ "ИНФОРМИКА". – Москва, 2005. – . – URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
5. East View Information Services : Электронная база периодических изданий / ООО «ИВИС. – URL: <https://dlib.eastview.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.
6. Российская Государственная библиотека. Каталоги : сайт / Российская государственная библиотека. – Москва : РГБ, 2003 – . URL: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. Электронная библиотека МГТУ им. Г. И. Носова. – URL: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход с внешней сети по логину и паролю). – Текст: электронный.
8. Университетская информационная система РОССИЯ : научная электронная библиотека : сайт / НИВЦ ; Экономический факультет МГУ. – Москва : НИВЦ, 1997 – . – URL: <https://uisrussia.msu.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
9. Web of science : Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://webofscience.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
10. Scopus : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://scopus.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
11. Springer Journals : Международная база полнотекстовых журналов : сайт. – URL: <http://link.springer.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

12. Springer Protocols : Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний : сайт. – URL: <http://www.springerprotocols.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
13. SpringerMaterials : Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга : сайт. – URL: <http://materials.springer.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
14. Springer Reference : Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний: сайт. – URL: <http://www.springer.com/references> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
15. zbMATH : Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике : сайт. – URL: <http://zbmath.org/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
16. Springer Nature : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <https://www.nature.com/siteindex> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
17. Архив научных журналов : сайт / Национальный электронно-информационный консорциум. – Москва : НЭИКОН, 2013 – . – URL: <https://archive.neicon.ru/xmlui/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
18. eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 09.01.2018). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
19. РУКОНТ : национальный цифровой ресурс : межотраслевая электронная библиотека : сайт / консорциум «КОТЕКСТУМ». – Сколково, 2010 – . – URL: <https://rucont.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, мел.
Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования Инструменты для ремонта лабораторного оборудования