

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Системы теплоэнергоснабжения городов

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ**


<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.03</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>5 семестр - 4; 6 семестр - 4; всего - 8</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>288 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр - 32 часа; 6 семестр - 14 часов; всего - 46 часа</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>5 семестр - 32 часа; 6 семестр - 14 часов; всего - 46 часа</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>5 семестр - 2 часа; 6 семестр - 14 часов; всего - 16 часов</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 семестр - 77,5 часа; 6 семестр - 97,4 часа; всего - 174,9 часа</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>6 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>5 семестр - 0,5 часа;</b>
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>6 семестр - 0,3 часа;</b>
<b>Защита курсового проекта</b>	<b>6 семестр - 0,3 часа; всего - 1,1 часа</b>

**Москва 2024**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

---

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Киндра В.О.
	Идентификатор	R429f7b35-KindraVO-2c9422f7


В.О. Киндра

---

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

---


	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гашо Е.Г.
	Идентификатор	R913da1fa-GashoYG-eb0efe14

Е.Г. Гашо

---

Заведующий выпускающей  
кафедрой

---

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

Ю.В.  
Яворовский

---

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение физико-химических основ рабочих процессов протекающих в современных паровых котлах, рассмотрении и влияния рабочих процессов на принципы конструирования паровых котлов и их элементов, определения путей повышения экономичности и эксплуатационной надежности

### Задачи дисциплины

- ознакомление с различными конструкциями паровых и водогрейных котлов, использующих для своей работы как природные органические топлива, так и тепловые отходы различных теплотехнологических процессов;
- овладение навыками выполнения теплотехнологических, гидравлических и аэродинамических расчетов котельных агрегатов;
- ознакомление обучающихся с основами эксплуатации котельных агрегатов и выполнения наладочных и исследовательских работ.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен участвовать в проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Способен использовать нормативную документацию при разработке объектов теплоэнергетики и теплотехники	знать: - методы расчета показателей энергетической эффективности котельных агрегатов.  уметь: - оценивать энергетическую эффективность котельных агрегатов, непосредственно определять показатели энергетической эффективности действующих котельных агрегатов.
ПК-1 Способен участвовать в проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики и теплотехники	знать: - принцип действия и конструктивные особенности котельных агрегатов с естественной и принудительной циркуляцией теплоносителя;.  уметь: - рассчитывать выход и состав газообразных токсичных выбросов в атмосферу, разрабатывать экозащитные мероприятия для котельных агрегатов.
ПК-1 Способен участвовать в проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Принимает участие в оценке влияния объектов теплоэнергетики и теплотехники на экологическую обстановку	знать: - основные источники научно-технической информации по котельной технике малой и средней мощности.  уметь: - подбирать необходимое технологическое оборудование, обеспечивающее работу котельных агрегатов.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен участвовать в проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники	ИД-4 <sub>ПК-1</sub> Принимает участие в оценке энергетической эффективности объектов теплоэнергетики и теплотехники	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы снижения вредных выбросов котельными агрегатами на различных стадиях осуществления технологического процесса сжигания топлива в котельных агрегатах.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Системы теплоэнергоснабжения городов (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Гидрогазодинамика», «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен»

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Значение котельных установок в промышленной энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве. Основные элементы котельной установки. Органическое топливо как основной источник энергии в котельных агрегатах	34	5	10	-	10	-	-	-	-	-	14	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Значение котельных установок в промышленной энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве. Основные элементы котельной установки. Органическое топливо как основной источник энергии в котельных агрегатах"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Значение котельных установок в промышленной энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве. Основные элементы котельной установки. Органическое топливо как основной источник энергии в котельных агрегатах"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 88-100 [2], 102-120</p>
1.1	Последовательность получения и использования пара и преобразования одних видов энергии в другие	4		1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
1.2	Автономные производственные и отопительные котельные и котлы	4		1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	
1.3	Основные элементы паровых и водогрейных котлов	6		2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
1.4	Топливо-энергетический	4		1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	

	баланс России													
1.5	Природное и искусственное топливо	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-		
1.6	Составы твердого, жидкого и газообразного топлива	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-		
1.7	Теплотехнические характеристики топлива	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-		
2	Расчет горения твердых, жидких и газообразных топлив	24	8	-	8	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Расчет горения твердых, жидких и газообразных топлив" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Расчет горения твердых, жидких и газообразных топлив" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 98-101 [3], 115-121</p>	
2.1	Теоретически необходимый расход воздуха для сжигания топлива	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-		
2.2	Выход и состав продуктов полного сгорания топлива	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-		
2.3	Условия полного сгорания топлива	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-		
2.4	Основное уравнение горения (баланс кислорода воздуха) и контроль процесса горения топлива	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-		
3	Тепловой баланс котельного агрегата	36	10	-	10	-	-	-	-	-	16	-		
3.1	Энтальпия продуктов сгорания топлива	4	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Тепловой баланс котельного агрегата" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Тепловой баланс котельного агрегата" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 120-122 [2], 198-202 [3], 111-120</p>	
3.2	Материальный баланс рабочих веществ в котле	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-		
3.3	Общее уравнение теплового баланса котельного агрегата	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-		
3.4	Полезно используемая теплота для	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-		

	производства пара												
3.5	Потери теплоты	4		1	-	1	-	-	-	-	-	2	-
3.6	Зависимость от КПД котла и его нагрузки	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-
4	Особенности сжигания газообразных, жидких и твердых топлив в котельных агрегатах	14		4	-	4	-	-	-	-	-	6	-
4.1	Газообразное топливо	6		2	-	2	-	-	-	-	-	2	-
4.2	Сжигание жидких топлив в котельных агрегатах	4		1	-	1	-	-	-	-	-	2	-
4.3	Основные схемы организации сжигания твердого топлива в котлах	4		1	-	1	-	-	-	-	-	2	-
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5
	Всего за семестр	144.0		32	-	32	-	2	-	-	0.5	44	33.5
	Итого за семестр	144.0		32	-	32	2	-	-	0.5	77.5		
5	Гидродинамика котлов	23.0	6	3.0	-	3.0	-	-	-	-	-	17	-
5.1	Гидродинамика котлов с естественной циркуляцией	6.0		0.5	-	0.5	-	-	-	-	-	5	-
5.2	Расчет контуров естественной циркуляции	5.5		0.5	-	1	-	-	-	-	-	4	-
5.3	Надежность циркуляции	6		1	-	1	-	-	-	-	-	4	-
5.4	Причины образования застоя или опрокидывания циркуляции	5.5		1	-	0.5	-	-	-	-	-	4	-
6	Водный режим и качество пара	30.0		5	-	3.0	-	-	-	-	-	22	-
<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Особенности сжигания газообразных, жидких и твердых топлив в котельных агрегатах"</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Особенности сжигания газообразных, жидких и твердых топлив в котельных агрегатах"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 150-159 [2], 221-226</p>													
<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Гидродинамика котлов"</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Гидродинамика котлов"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 130-135 [3], 124-129</p>													
<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение</p>													

6.1	Влияние качества воды на работу котла	5.5	1	-	0.5	-	-	-	-	-	4	-	дополнительного материала по разделу "Водный режим и качество пара" <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Водный режим и качество пара" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 134-140 [3], 130-136
6.2	Нормы качества питательной и котловой воды, пара	5.5	1	-	0.5	-	-	-	-	-	4	-	
6.3	Водно-химический режим и продувка парового котла	7.5	1	-	0.5	-	-	-	-	-	6	-	
6.4	Ступенчатое испарение воды	6	1	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
6.5	Сепарация и промывка пара	5.5	1	-	0.5	-	-	-	-	-	4	-	
7	Аэродинамика газовоздушного тракта	18.0	2.0	-	2.0	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Аэродинамика газовоздушного тракта" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Аэродинамика газовоздушного тракта" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 332-345 [3], 225-229
7.1	Системы газовоздушного тракта	8	1	-	1	-	-	-	-	-	6	-	
7.2	Аэродинамические сопротивления	5.0	0.5	-	0.5	-	-	-	-	-	4	-	
7.3	Аэродинамика дымовой трубы	5.0	0.5	-	0.5	-	-	-	-	-	4	-	
8	Шлакозолоудаление в котельных агрегатах. Золоулавливание	36.7	4.0	-	6	-	-	-	-	-	26.7	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Шлакозолоудаление в котельных агрегатах. Золоулавливание" <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Шлакозолоудаление в котельных агрегатах. Золоулавливание" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 551-555 [3], 304-309
8.1	Выход и характеристики золы и шлака	7	1	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
8.2	Механическая система шлакозолоудаления	8	1	-	1	-	-	-	-	-	6	-	
8.3	Пневматическая система шлакозолоудаления	8	1	-	1	-	-	-	-	-	6	-	
8.4	Гидравлическая система шлакозолоудаления	6.2	0.5	-	1	-	-	-	-	-	4.7	-	
8.5	Золоулавливание и	7.5	0.5	-	1	-	-	-	-	-	6	-	



	очистка продуктов сгорания												
	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Курсовой проект (КП)	18.3		-	-	-	14	-	4	0.3	-	-	
	Всего за семестр	144.0		14.0	-	14.0	14	-	4	0.6	79.7	17.7	
	Итого за семестр	144.0		14.0	-	14.0	14		4	0.6	97.4		
	<b>ИТОГО</b>	<b>288.0</b>	-	<b>46.0</b>	-	<b>46.0</b>	<b>16</b>		<b>4</b>	<b>1.1</b>	<b>174.9</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Значение котельных установок в промышленной энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве. Основные элементы котельной установки. Органическое топливо как основной источник энергии в котельных агрегатах

1.1. Последовательность получения и использования пара и преобразования одних видов энергии в другие

Технологическая схема электростанции. Упрощенная тепловая схема.

1.2. Автономные производственные и отопительные котельные и котлы

Автономная котельная установка промышленного предприятия. Принципиальная схема котельного агрегата, работающего на твердом топливе.

1.3. Основные элементы паровых и водогрейных котлов

Топки для сжигания газообразных, жидких и твердых топлив. Каркас и обмуровка котла. Пароперегреватели котлов. Водяные экономайзеры. Воздушные подогреватели котлов.

1.4. Топливо-энергетический баланс России

Добыча и производство энергоресурсов в России. Структура потребления топлива в РФ по отраслям, в % от общего потребления.

1.5. Природное и искусственное топливо

Энергетическое топливо. Что относится к природному топливу. Получение искусственного топлива.

1.6. Составы твердого, жидкого и газообразного топлива

Состав твердого и жидкого топлива. Состав газообразного топлива.

1.7. Теплотехнические характеристики топлива

Зола топлива. Влага топлива. Теплота сгорания топлива. Летучие вещества и кокс твердого топлива.

#### 2. Расчет горения твердых, жидких и газообразных топлив

2.1. Теоретически необходимый расход воздуха для сжигания топлива

Коэффициент избытка воздуха.

2.2. Выход и состав продуктов полного сгорания топлива

Теоретический суммарный выход продуктов полного сгорания.

2.3. Условия полного сгорания топлива

Продукты полного и неполного сгорания топлива.

2.4. Основное уравнение горения (баланс кислорода воздуха) и контроль процесса горения топлива

Топливная характеристика и контроль процесса горения топлива.

#### 3. Тепловой баланс котельного агрегата

### 3.1. Энтальпия продуктов сгорания топлива

Формулы и учет энтальпии золы.

### 3.2. Материальный баланс рабочих веществ в котле

По воздушно-дымовому тракту и по водопаровому тракту.

### 3.3. Общее уравнение теплового баланса котельного агрегата

Цели составления теплового баланса котельного агрегата. Составление теплового баланса (формулы).

### 3.4. Полезно используемая теплота для производства пара

Расход полезно используемой теплоты. Полезно используемая теплота (формула).

### 3.5. Потери теплоты

Потери теплоты с уходящими газами. Потери теплоты от химической неполноты сгорания. Потери теплоты от механической неполноты сгорания. Потери теплоты от наружного охлаждения. Потери с физической теплотой шлаков.

### 3.6. Зависимость от КПД котла и его нагрузки

Коэффициент полезного действия котельного агрегата. КПД брутто, КПД нетто.

## 4. Особенности сжигания газообразных, жидких и твердых топлив в котельных агрегатах

### 4.1. Газообразное топливо

Основные сведения по сжиганию газообразного топлива. Классификация газовых горелок. Принципы сжигания газа. Понятие о фронте пламени. Характеристики факела. Особенности расчёта газовых горелок и топок.

### 4.2. Сжигание жидких топлив в котельных агрегатах

Основные свойства мазута. Механизм горения мазута. Классификация и устройство форсунок для сжигания мазута.

### 4.3. Основные схемы организации сжигания твердого топлива в котлах

Классификация топочных устройств по аэродинамическому принципу. Слоевое сжигание топлива. Сжигание топлива в кипящем слое. Сжигание твердого топлива в пылевидном состоянии.

## 5. Гидродинамика котлов

### 5.1. Гидродинамика котлов с естественной циркуляцией

Схема простейшего контура с естественной циркуляцией.

### 5.2. Расчет контуров естественной циркуляции

Расчет простого контура естественной циркуляции. Расчет сложного контура естественной циркуляции.

### 5.3. Надежность циркуляции

Оценка надежности циркуляции.

5.4. Причины образования застоя или опрокидывания циркуляции  
Причины застоя и его устранение.

#### 6. Водный режим и качество пара

6.1. Влияние качества воды на работу котла  
Наличие примесей. Коррозия.

6.2. Нормы качества питательной и котловой воды, пара  
Нормы качества питательной воды водотрубных промышленных паровых котлов. Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов. Предельные значения содержания примесей в насыщенном паре котлов с естественной циркуляцией.

6.3. Водно-химический режим и продувка парового котла  
Непрерывная продувка. Периодическая продувка.

6.4. Ступенчатое испарение воды  
Схема продувки котла, при ступенчатом испарении.

6.5. Сепарация и промывка пара  
Сепарация и сепарационные устройства.

#### 7. Аэродинамика газозоудаления

7.1. Системы газозоудаления  
Системы газозоудаления котлов.

7.2. Аэродинамические сопротивления  
Расчет аэродинамического сопротивления (формулы).

7.3. Аэродинамика дымовой трубы  
Самотяга, расчет диаметра устья дымовой трубы.

#### 8. Шлакоудаление в котельных агрегатах. Золоулавливание

8.1. Выход и характеристики золы и шлака  
Распределение доли шлака и золы для различных топок котлов.

8.2. Механическая система шлакоудаления  
Схема скреперного шлакоудаления.

8.3. Пневматическая система шлакоудаления  
Схема пневматического шлакоудаления.

8.4. Гидравлическая система шлакоудаления  
Схемы гидрошлакоудаления.

8.5. Золоулавливание и очистка продуктов сгорания

Характеристики золоуловителей.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Автономные производственные и отопительные котельные и котлы;
2. Основные элементы паровых и водогрейных котлов;
3. Природное и искусственное топливо;
4. Теплотехнические характеристики топлива;
5. Теоретически необходимый расход воздуха для сжигания топлива.

### 3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

### 3.5 Консультации

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Значение котельных установок в промышленной энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве. Основные элементы котельной установки. Органическое топливо как основной источник энергии в котельных агрегатах"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчет горения твердых, жидких и газообразных топлив"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Тепловой баланс котельного агрегата"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Особенности сжигания газообразных, жидких и твердых топлив в котельных агрегатах"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Гидродинамика котлов"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Водный режим и качество пара"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Аэродинамика газозоудаления"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Шлакозолоудаление в котельных агрегатах. Золоулавливание"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

6 Семестр

Курсовой проект (КП)

#### **График выполнения курсового проекта**

Неделя	1 - 6	7 - 10	11 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1, 2	3	4, 5	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	35	30	35	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	35	65	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Расчет фестона.
2	Расчет пароперегревателя котла.
3	Расчет воздушного подогревателя.
4	Расчет водяного экономайзера.



### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)								Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
<b>Знать:</b>											
методы расчета показателей энергетической эффективности котельных агрегатов	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>	+									Тестирование/Значение котельных установок в промышленной энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве. Основные элементы котельной установки. Органическое топливо как основной источник энергии в котельных агрегатах
принцип действия и конструктивные особенности котельных агрегатов с естественной и принудительной циркуляцией теплоносителя;	ИД-2 <sub>ПК-1</sub>					+					Тестирование/Гидродинамика котлов
основные источники научно-технической информации по котельной технике малой и средней мощности	ИД-3 <sub>ПК-1</sub>								+		Тестирование/Аэродинамика газовоздушного тракта
методы снижения вредных выбросов котельными агрегатами на различных стадиях осуществления технологического процесса сжигания топлива в котельных агрегатах	ИД-4 <sub>ПК-1</sub>		+								Тестирование/Расчет горения твердых, жидких и газообразных топлив
<b>Уметь:</b>											
оценивать энергетическую эффективность котельных агрегатов, непосредственно определять показатели энергетической эффективности действующих котельных агрегатов	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>							+			Контрольная работа/Ступенчатое испарение воды в котельных агрегатах

рассчитывать выход и состав газообразных токсичных выбросов в атмосферу, разрабатывать экозащитные мероприятия для котельных агрегатов	ИД-2ПК-1				+						Контрольная работа/Тепловой баланс котельного агрегата
подбирать необходимое технологическое оборудование, обеспечивающее работу котельных агрегатов	ИД-3ПК-1					+					Тестирование/Особенности сжигания газообразных, жидких и твердых топлив в котельных агрегатах
разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве	ИД-4ПК-1									+	Тестирование/Шлакозолоудаление в котельных агрегатах. Золоулавливание



## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **5 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Значение котельных установок в промышленной энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве. Основные элементы котельной установки. Органическое топливо как основной источник энергии в котельных агрегатах (Тестирование)
2. Особенности сжигания газообразных, жидких и твердых топлив в котельных агрегатах (Тестирование)
3. Расчет горения твердых, жидких и газообразных топлив (Тестирование)
4. Тепловой баланс котельного агрегата (Контрольная работа)

#### **6 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Аэродинамика газоздушного тракта (Тестирование)
2. Гидродинамика котлов (Тестирование)
3. Ступенчатое испарение воды в котельных агрегатах (Контрольная работа)
4. Шлакозолоудаление в котельных агрегатах. Золоулавливание (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

#### Экзамен (Семестр №5)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

#### Зачет с оценкой (Семестр №6)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

#### Курсовой проект (КП) (Семестр №6)

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Бойко Е. А.- "1Котельные установки", (2-е изд., доп.), Издательство: "Инфра-Инженерия", Вологда, 2021 - (668 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/192857>;

2. Сидельковский, Л. Н. Парогенераторы промышленных предприятий : Учебник для вузов по специальности "Промышленная теплоэнергетика" / Л. Н. Сидельковский, В. Н. Юренев . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1978 . – 336 с.;
3. Бойко, Е. А. Котельные установки : учебное пособие / Е. А. Бойко . – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021 . – 668 с. - ISBN 978-5-9729-0744-1 ..

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
12. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Г-400, Учебная аудитория	парта, скамья, стол преподавателя, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ш-207, Компьютерный класс	
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ш-207, Компьютерный класс	
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ш-206, Лекционная аудитория	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ш-107, Архив	



## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Котельные установки и парогенераторы

(название дисциплины)

#### 5 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Значение котельных установок в промышленной энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве. Основные элементы котельной установки. Органическое топливо как основной источник энергии в котельных агрегатах (Тестирование)
- КМ-2 Расчет горения твердых, жидких и газообразных топлив (Тестирование)
- КМ-3 Тепловой баланс котельного агрегата (Контрольная работа)
- КМ-4 Особенности сжигания газообразных, жидких и твердых топлив в котельных агрегатах (Тестирование)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Значение котельных установок в промышленной энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве. Основные элементы котельной установки. Органическое топливо как основной источник энергии в котельных агрегатах					
1.1	Последовательность получения и использования пара и преобразования одних видов энергии в другие		+			
1.2	Автономные производственные и отопительные котельные и котлы		+			
1.3	Основные элементы паровых и водогрейных котлов		+			
1.4	Топливо-энергетический баланс России		+			
1.5	Природное и искусственное топливо		+			
1.6	Составы твердого, жидкого и газообразного топлива		+			
1.7	Теплотехнические характеристики топлива		+			
2	Расчет горения твердых, жидких и газообразных топлив					
2.1	Теоретически необходимый расход воздуха для сжигания топлива			+		
2.2	Выход и состав продуктов полного сгорания топлива			+		
2.3	Условия полного сгорания топлива			+		

2.4	Основное уравнение горения (баланс кислорода воздуха) и контроль процесса горения топлива		+		
3	Тепловой баланс котельного агрегата				
3.1	Энтальпия продуктов сгорания топлива			+	
3.2	Материальный баланс рабочих веществ в котле			+	
3.3	Общее уравнение теплового баланса котельного агрегата			+	
3.4	Полезно используемая теплота для производства пара			+	
3.5	Потери теплоты			+	
3.6	Зависимость от КПД котла и его нагрузки			+	
4	Особенности сжигания газообразных, жидких и твердых топлив в котельных агрегатах				
4.1	Газообразное топливо				+
4.2	Сжигание жидких топлив в котельных агрегатах				+
4.3	Основные схемы организации сжигания твердого топлива в котлах				+
Вес КМ, %:		25	25	25	25

### 6 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-5 Гидродинамика котлов (Тестирование)

КМ-6 Ступенчатое испарение воды в котельных агрегатах (Контрольная работа)

КМ-7 Аэродинамика газовоздушного тракта (Тестирование)

КМ-8 Шлакозолоудаление в котельных агрегатах. Золоулавливание (Тестирование)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Гидродинамика котлов					
1.1	Гидродинамика котлов с естественной циркуляцией		+			
1.2	Расчет контуров естественной циркуляции		+			
1.3	Надежность циркуляции		+			
1.4	Причины образования застоя или опрокидывания циркуляции		+			

2	Водный режим и качество пара				
2.1	Влияние качества воды на работу котла		+		
2.2	Нормы качества питательной и котловой воды, пара		+		
2.3	Водно-химический режим и продувка парового котла		+		
2.4	Ступенчатое испарение воды		+		
2.5	Сепарация и промывка пара		+		
3	Аэродинамика газовоздушного тракта				
3.1	Системы газовоздушного тракта			+	
3.2	Аэродинамические сопротивления			+	
3.3	Аэродинамика дымовой трубы			+	
4	Шлакозолоудаление в котельных агрегатах. Золоулавливание				
4.1	Выход и характеристики золы и шлака				+
4.2	Механическая система шлакозолоудаления				+
4.3	Пневматическая система шлакозолоудаления				+
4.4	Гидравлическая система шлакозолоудаления				+
4.5	Золоулавливание и очистка продуктов сгорания				+
Вес КМ, %:		25	25	25	25

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Котельные установки и парогенераторы**

(название дисциплины)

**6 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:**

КМ-1 КМ-1. Соблюдение графика выполнения КП

КМ-2 КМ-2 Соблюдение графика выполнения КП

КМ-3 КМ-3 Соблюдение графика выполнения КП

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	6	10	15
1	Расчет фестона.		+		
2	Расчет пароперегревателя котла.		+		
3	Расчет воздушного подогревателя.			+	
4	Расчет водяного экономайзера.				+
5	Чертеж котла.				+
Вес КМ, %:			35	30	35