

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**  
**Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Теплоэнергетические системы и цифровые технологии

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ**

<b>Блок</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы</b>	<b>Формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>Индекс дисциплины по учебному плану</b>	<b>Б1.В.08</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах</b>	<b>5 семестр – 6</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану</b>	<b>5 семестр - 216</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр – 16 часов</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>5 семестр – 16 часов</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>5 семестр – 16 часов</b>
<b>Консультации по курсовому проекту</b>	<b>5 семестр – 16 часов</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 семестр – 111,7 часов</b>
<b>включая:</b> <b>курсовая работа</b>	<b>5 семестр – 16 часов</b>
<b>Промежуточная аттестация:</b> <b>экзамен</b> <b>защита курсового проекта</b>	<b>5 семестр – 2,8 часа</b> <b>5 семестр – 4 часа</b>
<b>Контроль:</b> <b>экзамен</b>	<b>5 семестр – 33,5 часа</b>

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

И.о. заведующего кафедрой

Энергетики, д.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

М.С. Иваницкий

(расшифровка подписи)

И.о. заведующего кафедрой Энергетики

(название кафедры)

(подпись)

М.С. Иваницкий

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Теплоэнергетические системы и цифровые технологии

Доцент кафедры Энергетики,

к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

М.М. Султанов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

И.о. заведующего кафедрой Энергетики

(название кафедры)

(подпись)

М.С. Иваницкий

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью освоения дисциплины** является изучение принципов проектирования и расчета котельных установок, процессов, происходящих в них, и изучение принципов работы и эксплуатации котельных установок.

### **Задачи дисциплины:**

- приобретение практических знаний по конструкции и проектированию паровых котлов в составе объектов электроэнергетики;
- освоение технических решения при выполнении реконструкции котла;
- изучение тепловых расчетов поверхностей котла и гидравлических режимов движения рабочего тела в них.

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов, проведении расчетов и экспериментов в соответствии с типовыми методиками и средствами автоматизации, обработкой полученных результатов, соблюдении производственной и экологической безопасности, управлении, эксплуатации, обслуживании, доводке процессов и ремонте технологического оборудования	ПК-1.1. Выполняет сбор и анализ данных для исследований по заданной тематике, составляет конкурентно-способные варианты технических решений	<b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– термодинамические процессы преобразования энергии в паровых и водогрейных котлах;</li><li>– процессы преобразования энергии в паровых котлах;</li><li>– основные законы течения сжимаемой жидкости.</li></ul> <b>уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>-производить построение процесса изменений параметров дымовых газов, воды и пароводяной смеси;</li><li>- рассчитывать показатели тепловой экономичности паровых и водогрейных котлов ТЭС.</li></ul>
	ПК-1.4. Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации	<b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– принципы работы, технические характеристики и конструктивные особенности элементов и узлов паровых котлов;</li><li>– основные методы проектирования и конструирования элементов и узлов котельных установок.</li></ul> <b>уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- выполнять расчет парового котла, а также ее элементов по типовым методикам;</li><li>- рассчитывать параметры потока в поверхностях нагрева парового котла.</li></ul>

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен», «Безопасность жизнедеятельности» в объеме программы бакалавриата.

Результаты образования, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: «Турбины ТЭС и АЭС», «Тепловые электрические станции».

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы							СР		Конт- роль	Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)
				Контактная										
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА					
1	Устройство и характеристики парового котла	13	5	1	1	4	4	—	—	3	—	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 12-54. [2], стр. 11-30.		
2	Газовоздушный тракт котельной установки	13	5	1	1	4	4	—	—	3	—	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 38-54, 158-160. [2], стр. 54-57. [3], стр. 189-197.		
3	Тепловой баланс парового котла	5	5	1	1	—	—	—	—	3	—	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 239-320, 381-408, 420-460. [2], стр. 60-65, 374-394. [3], стр. 197-214.		
4	Тепловые процессы в топочной камере котла	5	5	1	1	—	—	—	—	3	—	Изучение теоретического и практического материала: [2], стр. 60-65, 374-394. [3], стр. 197-214.		
5	Процессы золошлакообразования	5	5	1	1	—	—	—	—	3	—	Изучение теоретического и практического материала: [2], стр. 60-65, 374-394. [3], стр. 197-214.		
6	Основные профили паровых котлов	13	5	1	1	4	4	—	—	3	—	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 239-320, 381-408, 420-460. [3], стр. 197-214.		
7	Тепловые процессы в топочной камере котла и работа контур естественной циркуляции	14	5	1	1	4	4	—	—	4	—	Изучение теоретического и практического материала: [2], стр. 60-65, 374-394. [3], стр. 197-214.		
8	Основные гидравлические характеристики контура парового	6	5	1	1	—	—	—	—	4	—	Изучение теоретического и практического материала:		

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы							СР	Конт- роль	Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)
				Контактная									
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА				
	котла											[2], стр. 60-65, 374-394. [3], стр. 197-214.	
9	Гидравлическая характеристика труб	6	5	1	1	–	–	–	–	4	–	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 239-320, 381-408, 420-460. [2], стр. 60-65, 374-394.	
10	Контур естественной циркуляции	6	5	1	1	–	–	–	–	4	–	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 239-320, 381-408, 420-460. [2], стр. 60-65, 374-394. [3], стр. 197-214.	
11	Улучшение качества и методы регулирования перегрева пара	4	5	1	1	–	–	–	–	2	–	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 239-320, 381-408, 420-460. [2], стр. 60-65, 374-394.	
12	Тепловые характеристики радиационных и конвективных поверхностей нагрева котлов	4	5	1	1	–	–	–	–	2	–	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 239-320, 381-408, 420-460. [2], стр. 60-65, 374-394.	
13	Регулирования параметров перегрева пара	8	5	2	2	–	–	–	–	4	–	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 239-320, 381-408, 420-460. [3], стр. 197-214.	
14	Маневренность парового котла	6	5	2	2	–	–	–	–	2	–	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 239-320, 381-408, 420-460. [2], стр. 60-65, 374-394.	
15	Курсовой проект	72	5	–	–	–	–	4	0,3	67,7	–	Согласно графику выполнения	
16	Экзамен	36	5	–	–	–	–	–	2,5	–	33,5	Экзамен проводится в письменной форме по билетам согласно программе экзамена	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>216</b>	<b>5</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>2,8</b>	<b>111,7</b>	<b>33,5</b>		

Примечание:Лек – лекции; Пр – практические занятия; Лаб – лабораторные работы; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ПА – промежуточная аттестация; СР – самостоятельная работа студента.

### **3.2. Краткое содержание разделов**

#### *1. Устройство и характеристики парового котла*

Типы энергоблоков ТЭС, параметры пара. Технологическая схема парового котла. Паровой котел и его основные элементы. Принципы сжигания топлив в топках котлов. Схемы водопарового тракта различных видов котлов. Конструктивное выполнение поверхностей нагрева.

#### *2. Газовоздушный тракт котельной установки*

Газовоздушный тракт, работа под разрежением и наддувом. Состав котельной установки и ее оборудование на разных видах топлив. Виды горелочных устройств. Избыток воздуха, его определение. Расчет объемов воздуха и газов при сжигании топлив.

#### *3. Тепловой баланс парового котла*

Тепловой баланс парового котла. Составляющие теплового баланса. КПД котла и виды тепловых потерь, прямой и обратный методы определения КПД котла. Характеристики тепловых потерь (основные зависимости, графическое выражение). Эксергетический баланс парового котла. Составляющие эксергетического баланса и их анализ.

#### *4. Тепловые процессы в топочной камере котла*

Тепловой режим топочной камеры. Полное тепловыделение в топке. Расчетные температуры в топке и радиационное тепловосприятие экранов. Организация твердого и жидкого шлакоудаления, исключение процесса шлакования стен топки. Газомазутные топки.

#### *5. Процессы золошлакообразования*

Процессы на внешней стороне конвективных поверхностей нагрева. Занос летучей золой (основные зависимости), образование липких отложений. Абразивный износ металла, допустимые скорости газов. Низкотемпературная коррозия, меры защиты от коррозии.

#### *6. Основные профили паровых котлов*

Основные профили паровых котлов. Схемное выполнение, преимущества и недостатки, связь с видом топлива профилей П, Т, N-образных, U-образных и башенных. Теплофизические характеристики рабочей среды в котлах. Изменение давления, температуры, плотности в тракте котла при ЕЦ, в котле прямоточном ДКД, то же - СКД (зона больших теплоемкостей). Условия внутреннего теплообмена стенка - рабочая среда (вода, пар, пароводяная смесь), значения коэффициентов теплоотдачи и перепадов температур.

#### *7. Тепловые процессы в топочной камере котла и работа контур естественной циркуляции*

Температурный режим парообразующих труб. Падающий, воспринятый и обратный тепловые потоки. Перепады температур в стенке и в слое внутренних отложений. Изменение температуры стенки по длине условной трубы от нагрева воды в трубе до перегрева пара, режимы теплообмена.

#### *8. Основные гидравлические характеристики контура парового котла*

Уравнения движения и теплогидравлическая разверка. Общее выражение уравнений движения. Развернутые трубы в секции и коэффициенты, характеризующие разверку. Нивелирный напор и его влияние на гидравлическую разверку.

#### *9. Гидравлическая характеристика труб*

Гидравлическая характеристика труб в условиях принудительного движения рабочей среды. Выражение гидравлического сопротивления при движении однофазной среды и для пароводяной смеси. Гидравлические характеристики труб при подъемно – опускном движении.

#### *10. Контур естественной циркуляции*

Работа контура естественной циркуляции. Движущие силы в контуре, полезный напор и его зависимость от скорости циркуляции. Расчет контура ЕЦ. Изменение давления по высоте опускных труб. Влияние ввода пароводяной смеси выше уровня воды в барабане. Гидравлические характеристики труб при разных тепловых потоках. Критерии нарушения циркуляции.

#### *11. Улучшение качества и методы регулирования перегрева пара*



Улучшение качества пара в барабанных котлах. Пути перехода примесей из воды в пар. Роль ступенчатого испарения. Организация сепарации пара в барабанах. Работа котла при пониженных нагрузках. Режимы работы котлов, способы обеспечения пониженных нагрузок, экономичность котла при снижении паропроизводительности.

#### *12. Тепловые характеристики радиационных и конвективных поверхностей нагрева котлов*

Тепловые характеристики радиационных и конвективных поверхностей нагрева. Изменение температуры газов в тракте котла при снижении нагрузки, влияние рециркуляции.

#### *13. Регулирование параметров перегрева пара*

Регулирование перегрева пара. Методы регулирования. Уравнение теплового баланса впрыскивающего парохладителя, количество и места впрыска. Впрыск собственного конденсата (схема). Основные принципы регулирования промежуточного перегрева.

#### *14. Маневренность парового котла*

Маневренность парового котла. Понятие «маневренность», аккумулирующая способность котла и ее роль. Понятие «максимально допустимой скорости изменения нагрузки».

### **3.3. Темы практических занятий**

#### **5 семестр**

1. Изучение общей конструкции котла ТЭЦ (2 часа).
2. Материальный баланс котла (2 часа).
3. Тепловой, эксергетический баланс котла и определение КПД (4 часа).
4. Исследование топочных процессов (6 часов).
5. Расчет водяного экономайзера, воздухоподогревателя (2 часа).

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Изучение тепловых схем ТЭЦ с поперечными связями (4 часа).
2. Изучение процесса подготовки котла к растопке (4 часа).
3. Пуск котла на тренажере ТЭЦ с поперечными связями из холодного состояния (4 часа).
4. Пуск котла на тренажере ТЭЦ с поперечными связями из горячего состояния (4 часа).

### **3.5. РГР**

РГР учебным планом не предусмотрены.

### **3.6. Темы курсовых проектов или курсовых работ**

Расчет парового котла (по вариантам).

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

Неделя	1	2	3	4	Зачетная
Раздел курсового проекта	1,2,3,4	5,6,7	8,9	10	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	25	25	35	15	—
Выполненный объем нарастающим итогом, %	25	50	85	100	—

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Материальный баланс топочного устройства
2	Определение энтальпии и температуры продуктов сгорания
3	Тепловой баланс котельного агрегата
4	Расход топлива и газообразных продуктов сгорания
5	Компоновка топочной камеры
6	Эксергетический анализ котельного агрегата
7	Распределение температур и тепловосприятий в элементах котла
8	Тепловой расчёт и компоновка поверхностей нагрева котла
9	Чертежи продольного и поперечного разрезов котла. Описание котла
10	Оформление пояснительной записки

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

Номер и наименование результатов образования по дисциплине (в соответствии с разделом 3)	Индекс компетенции	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)														Формы контроля
		5 семестр														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<b>Знать:</b>																
термодинамические процессы преобразования энергии в паровых и водогрейных котлах		X	X													Тест «Устройство и характеристики парового котла»
процессы преобразования энергии в паровых котлах				X					X							Тест «Схемы и установки ТЭЦ»
основные законы течения сжимаемой жидкости									X							Тест «Конструктивные элементы котла»
<b>Уметь:</b>																
производить построение процесса изменений параметров дымовых газов, воды и пароводяной смеси			X	X	X											Тест «Тепловые характеристики радиационных и конвективных поверхностей нагрева» Контрольная работа «Расчет объема продуктов сгорания топлива»
рассчитывать показатели тепловой экономичности паровых и водогрейных котлов ТЭС			X						X							Тест «Тепловой баланс парового котла» Тест «Работа контура естественной циркуляции»
<b>Знать:</b>																
принципы работы, технические характеристики и конструктивные особенности элементов и узлов паровых котлов									X			X			X	Тест «Маневренность парового котла» Тест «Регулирование перегрева пара»
основные методы проектирования и конструирования элементов и узлов котельных установок												X		X	X	Защита курсового проекта
<b>уметь:</b>																
выполнять расчет парового котла, а также ее элементов по типовым									X						X	Защита курсового проекта



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

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:**

###### **5 семестр**

– тестирование:

1. Тест «Устройство и характеристики парового котла»
2. Тест «Схемы и установки ТЭЦ»
3. Тест «Конструктивные элементы котла»
4. Тест «Тепловые характеристики радиационных и конвективных поверхностей нагрева»
5. Тест «Тепловой баланс парового котла»
6. Тест «Регулирование перегрева пара»
7. Тест «Маневренность парового котла»
8. Тест «Работа контура естественной циркуляции»

– контрольная работы:

1. Контрольная работа «Расчет объема продуктов сгорания топлива»  
– защита лабораторных работ.

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

##### **4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):**

###### **6 семестр**

**Промежуточная аттестация** проводится в форме, указанной в учебном плане: экзамен, защита курсового проекта.

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

В приложение к диплому выносится оценка за 6 семестр.

Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

В приложение к диплому выносится оценка за 6 семестр и за курсовой проект.

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

Для контроля результатов образования проводятся:

**Текущий контроль** – тестирование:

1. Схемы и установки ТЭЦ.
2. Тракты котельной установки.
3. Конструктивные элементы котла.
4. Тепловой баланс парового котла.
5. Работа контура естественной циркуляции.
6. Тепловые характеристики радиационных и конвективных поверхностей нагрева.
7. Регулирование параметров перегрева пара.
8. Маневренность парового котла.

**Промежуточный контроль** – защита лабораторных работ:

1. Изучение тепловых схем ТЭЦ с поперечными связями.
  2. Изучение процесса подготовки котла к растопке.
  3. Пуск котла на тренажере ТЭЦ с поперечными связями из холодного состояния.
  4. Пуск котла на тренажере ТЭЦ с поперечными связями из горячего состояния.
- курсовой проект «Расчет парового котла»  
– экзамен.

**Итоговый контроль** - аттестация по дисциплине – экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Печатные и электронные издания:

1. Рундыгин Ю.А., Гильде Е.Э., Судаков А.В., Амосов Н.Т. Котельные установки. Том IV-18 [Электронный ресурс]: учебное пособие / Рундыгин Ю.А., Гильде Е.Э., Судаков А.В., Амосов Н.Т. – Электрон. текстовые дан. – М. : ООО «Издательство Машиностроение» – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/790/page3/>
2. Сазанов Б.В. Промышленные теплоэнергетические установки и системы [Электронный ресурс]: учеб. пособие для вузов / Б.А. Сазанов, В.И.Ситас. - Электрон. текстовые дан. - М.: МЭИ, 2014. – Режим доступа: <http://www.nelbook.ru/?book=221>
3. Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация: учебник. – М. : Академия, 2008. – 432 с.
4. Круглов Г.А., Булгакова Р.И., Круглова Е.С. Теплотехника [Электронный ресурс]: учебное пособие / Круглов Г.А., Булгакова Р.И., Круглова Е.С. – Электрон. текстовые дан. – М. : Лань – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/3900/page129/>
5. Тарасюк В.М. Эксплуатация котлов: Практическое пособие для операторов котельной [Электронный ресурс]: учебное пособие / Тарасюк В.М. – Электрон. текстовые дан. – М. : ЭНАС (Москва) – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/38560/page16/>
6. Основы современной энергетики: учебник для вузов: том1/ Современная теплоэнергетика/ под общ. ред. чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. – 4 –е изд., перераб. и доп. 2008.
7. Султанов М.М., Терентьев Г.Ф., Благодичиннов А.В., Константинов А.А. Пуск и останов основного и вспомогательного оборудования на ТЭЦ с поперечными связями: Учебно-методическое пособие. 2014.
8. Константинов А.А., М.М. Султанов, Г.Ф. Терентьев Расчет парового котла : учебно-методическое пособие Волжский, 2014. – 86 с.Константинов А.А., Султанов М.М., Терентьев Г.Ф.

### 5.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

Microsoft Word, Microsoft Excel, Power Point, Тренажер ТЭЦ с поперечными связями

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

Университетская информационная система «РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru>  
 Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>  
 Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>  
 Базаданных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>  
 База данных Scopus <https://www.scopus.com>  
 Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>  
 База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ  
<https://rosmintrud.ru/opendata>  
 База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>

База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>

База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>

Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>

Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>

Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <https://openedu.ru>

Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ" <https://www.polpred.com>

Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>

Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

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

Лекционные и практические занятия проводятся в учебных аудиториях, снабженных оборудованием для показа обучающих материалов, средствами звуковоспроизведения, доской аудиторной, оборудованием для представления презентаций (плазменная панель, персональный компьютер).

### Балльно-рейтинговая структура дисциплины

## Котельные установки и парогенераторы

(название дисциплины)

## 5 семестр

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

- |      |  |
|------|--|
| КМ1  | Тест «Устройство и характеристики парового котла».                               |
| КМ2  | Тест «Схемы и установки ТЭЦ».  |
| КМ3  | Тест «Конструктивные элементы котла».  |
| КМ4  | Тест «Тепловые характеристики радиационных и конвективных поверхностей нагрева». |
| КМ5  | Тест «Тепловой баланс парового котла»  |
| КМ6  | Тест «Регулирование перегрева пара»  |
| КМ7  | Тест «Маневренность парового котла»  |
| КМ 8 | Тест «Работа контура естественной циркуляции»                                    |
| КМ9  | Контрольная работа «Расчет объема продуктов сгорания топлива».                   |
| КМ10 | Выполнение и защита курсового проекта.   |
| КМ11 | Защита лабораторных работ  |

**Вид промежуточной аттестации – экзамен.**

Трудоемкость дисциплины = 6 з.е.

[illegible]



11	Улучшение качества и методы регулирования перегрева пара										+		+
12	Тепловые характеристики радиационных и конвективных поверхностей нагрева котлов											+	+
13	Регулирования параметров перегрева пара										+	+	+
14	Маневренность парового котла						+	+			+		+
	Минимальный балл за КМ	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	8	20
	Максимальный балл за КМ	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	16	40

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА

КУРСОВОГО ПРОЕКТА по дисциплине

## Котельные установки

(название дисциплины)

## 5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

- КМ-1 Соблюдение графика выполнения курсового проекта  
 КМ-2 Оценка правильности выполнения разделов курсового проекта  
 КМ3 Качество оформления пояснительной записки курсового проекта  
 КМ4 Качество оформления чертежей

Трудоемкость курсового проекта = 2 з.е.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:				
1	Материальный баланс топочного устройства		+	+		
2	Определение энтальпии и температуры продуктов сгорания		+	+	+	
3	Тепловой баланс котельного агрегата		+	+	+	
4	Расход топлива и газообразных продуктов сгорания		+	+	+	
5	Компоновка топочной камеры		+	+	+	
6	Эксергетический анализ котельного агрегата		+	+	+	
7	Распределение температур и тепловосприятий в элементах котла		+	+	+	
8	Тепловой расчёт и компоновка поверхностей нагрева котла		+	+	+	
9	Чертежи продольного и поперечного разрезов котла. Описание котла		+	+		+
10	Оформление пояснительной записки		+	+	+	
Вес КМ, %:			10	60	10	20

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

**Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Теплоэнергетические системы и цифровые технологии**

**Уровень образования: бакалавриат**

**Форма обучения: очная**

**Оценочные материалы по дисциплине**

**Б1.В.08 КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ**

**Волжский 2023**

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Коды индикаторов достижения компетенции	Оценочное средство (тип и наименование)
<b>Знать:</b>		
термодинамические процессы преобразования энергии в паровых и водогрейных котлах	ОПК-3	Тест «Устройство и характеристики парового котла»
процессы преобразования энергии в паровых котлах	ОПК-3	Защита курсовой работы
основные законы течения сжимаемой жидкости	ОПК-3	Тест «Схемы и установки ТЭС»
принципы работы, технические характеристики и конструктивные особенности элементов и узлов паровых котлов	ОПК-3	Тест «Конструктивные элементы котла»
основные методы проектирования и конструирования элементов и узлов котельных установок	ОПК-3	Тест «Тепловой баланс парового котла»
<b>Уметь:</b>		
производить построение процесса изменений параметров дымовых газов, воды и пароводяной смеси	ОПК-3	Защита курсовой работы
рассчитывать показатели тепловой экономичности паровых и водогрейных котлов ТЭС	ОПК-3	Защита курсовой работы
выполнять расчет парового котла, а также ее элементов по типовым методикам	ОПК-3	Контрольная работа «Расчет объема продуктов сгорания топлива»
рассчитывать параметры потока в поверхностях нагрева парового котла	ОПК-3	Тест «Тепловой баланс парового котла»

### Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

#### 1. Тест «Устройство и характеристики парового котла»

Тест состоит из 6 вопросов. Время выполнения 15 минут.

Пример варианта теста:

##### 1. Параметры давления относятся к суперсверхкритическим

- а) 90 атм
- б) 130 атм
- в) 190 атм
- г) 245 атм

##### 2. Элементы котла относятся к основным

- а) пароперегреватель
- б) экономайзер
- в) воздухоподогреватель
- г) дутьевой вентилятор

##### 3. Принцип сжигания топлива в барабанном котле докритического давления

- а) факельное
- б) в потоке

- в) в слое
- г) турбулентное

**4. Присосы холодного воздуха влияют на КПД котла**

- а)повышают
- б)понижают
- в)не влияют
- г)увеличивают максимально

**5. Избыток воздуха в топочной камере позволяет топливо сжигать**

- а)в стехиометрическом соотношении
- б)в избытке
- в)с недожогом
- г) с пережогом

**6. На величину потерь теплоты с химическим недожогом влияют**

- а) температура газов
- б) давление газов, теплоемкость газов
- в) потери от наружного охлаждения
- г) качество смесеобразования, тип топлива

Пример шкалы оценивания КМ

По результатам тестирования выставляется:

- 5баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий;
- 3-4 балла, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 2балла, если правильно выполнено не менее 50% заданий.

**2. Тест «Схемы и установки ТЭЦ»**

Тест состоит из 6 вопросов. Время выполнения 15 минут.

Пример варианта теста:

**1. Параметры давления относятся к докритическим**

- а) 40 атм
- б) 130 атм
- в) 190 атм
- г) 235 атм

**2. Элементы котла не относящиеся к основным**

- а) топочное устройство
- б) подогреватель сетевой воды
- в) деаэратор
- г) топливоподготовительные устройства

**3. Принцип сжигания топлива в котле с ЦКС**

- а) факельное
- б) в потоке
- в) в слое
- г) турбулентное

**4. Как присосы холодного воздуха влияют на расход топлива на котел**

- а)повышают

- б)понижают
- в)не влияют
- г)увеличивают максимально

**5. Избыток воздуха в топочной камере позволяет топливо сжигать топливо без образования**

- а)оксидов азота
- б)оксидов серы
- в)продуктов неполного сгорания
- г) все ответы верны

**6. По уровню паропроизводительности к котлам средней мощности относят**

- а) до 10 т/ч
- б) до 20 т/ч
- в) от 20 до 100 т/ч
- г) более 100 т/ч

Пример шкалы оценивания КМ

По результатам тестирования выставляется:

- 5 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий;
- 3-4 балла, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 2 балла, если правильно выполнено не менее 50% заданий

**3. Тест «Конструктивные элементы котла»**

Тест состоит из 6 вопросов. Время выполнения 15 минут.

Пример варианта теста:

**1. К системе газозаборного тракта относят**

- а) фетон
- б) дутьевой вентилятор
- в) пылеприготовительную установку
- г) золоуловитель

**2. По типу сжигаемого топлива горелки делятся на**

- а) вихревые
- б) прямоточно-улиточные
- в) улиточно-улиточные
- г) комбинированные

**3. По аэродинамическому способу ввода компонентов горелки делятся на**

- а) прямоточно-лопаточные
- б) пылеугольные
- в) механические
- г) прямоточные

**4. К форсункам для распыливания жидкого топлива относятся**

- а)газовая
- б)прямоштурная
- в)низкого давления
- г)вихревая

**5. Коэффициент избытка воздуха при сжигании твердого топлива находится в пределах**

- а) 1,10-1,25
- б) 1,05-1,25
- в) 1,15-1,20
- г) 1,15-1,25

**6. Потери эксергии от смешения потоков имеют место при**

- а) условиях окружающей среды
- б) необратимости процесса горения
- в) подсосе холодного воздуха
- г) при необратимом теплообмене

Пример шкалы оценивания КМ

По результатам тестирования выставляется:

- 5 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий;
- 2-3 балла, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 2 балла, если правильно выполнено не менее 50% заданий.

**4. Тест «Тепловой баланс парового котла»**

Тест состоит из 6 вопросов. Время выполнения 15 минут.

Пример варианта теста:

**1. К основным видам тепловых потерь при горении природного газа относят**

- а) с уходящими газами
- б) с природным газом
- в) от охлаждения наружной поверхности
- г) с физической теплотой шлаков

**2. Топочные устройства делятся на**

- а) тепловые
- б) технологические
- в) кипящего типа
- г) силовые

**3. Слойные топки делятся на**

- а) вихревые
- б) пылеугольные
- в) механизированные
- г) низкотемпературные

**4. На уровень температуры в зоне активного горения влияют**

- а) вид топлива
- б) избыток воздуха
- в) вид горелочных устройств
- г) объем топочной камеры

**5. Температура в зоне активного горения котла находится в пределах**

- а) 1500-1800 К
- б) 1800-2200 К
- в) 1300-1700 К
- г) 1800-2050 К

## 6. КПД пылеугольных энергетических котлов составляет

- а) 90-92 %
- б) 65-95 %
- в) 92-95 %
- г) 85 %

Пример шкалы оценивания КМ

По результатам тестирования выставляется:

- 5 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий;
- 3-4 балла, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 2 балла, если правильно выполнено не менее 50% заданий.

## Контрольная работа «Расчет объема продуктов сгорания топлива».

Время выполнения 45 минут.

Выполнить расчет объема продуктов сгорания топлива согласно заданию. Заданы теплотехнические характеристики топлива, коэффициент избытка воздуха в топочной камере, температура уходящих газов, влагосодержание топлива.

Пример шкалы оценивания КМ

По результатам выполнения контрольной работы выставляется:

- 10 баллов, если процесс расширения построен верно и верно определены параметры во всех точках.
- 8 баллов, если процесс расширения построен верно, но параметры определены не точно.

## Курсовая работа

Обучающемуся выдается индивидуальное задание.

### «Расчет парового котла»

Провести расчет парового котла согласно разделам курсовой работы.

Численные данные для расчета приведены – в таблице 1 (вариант по предпоследней цифре номера зачетки).

**Таблица 1. Численные данные**

№ п/п	Тема курсовой работы	Примечание (вид топлива)
1	Расчет парового котла Е-120-100	природный газ
2	Расчет парового котла Е-320-140	природный газ
3	Расчет парового котла Е-600-140	мазут
4	Расчет парового котла Е-420-140	природный газ
5	Расчет парового котла Е-500-140	мазут
6	Расчет парового котла Е-230-100	мазут
7	Расчет парового котла Е-600-140	природный газ
8	Расчет парового котла Е-230-100	природный газ
9	Расчет парового котла Е-480-140	мазут
10	Расчет парового котла Е-120-100	мазут



11	Расчет парового котла Е-320-140	мазут
12	Расчет парового котла Е-220-100	природный газ
13	Расчет парового котла Е-160-100	мазут
14	Расчет парового котла Е-320-140	мазут
15	Расчет парового котла Е-320-140	мазут
16	Расчет парового котла Е-160-100	природный газ
17	Расчет парового котла Е-500-140	природный газ
18	Расчет парового котла Е-480-140	природный газ

### Содержание курсовой работы

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы
1	Материальный баланс топочного устройства
2	Определение энтальпии и температуры продуктов сгорания
3	Тепловой баланс котельного агрегата
4	Расход топлива и газообразных продуктов сгорания
5	Компоновка топочной камеры
6	Эксергетический анализ котельного агрегата
7	Распределение температур и тепловосприятий в элементах котла
8	Тепловой расчёт и компоновка поверхностей нагрева котла
9	Чертежи продольного и поперечного разрезов котла. Описание котла
10	Оформление пояснительной записки

На защите курсовой работы обучающемуся задаются теоретические и практические вопросы по представленной расчетно-пояснительной записке и графическому материалу.

### Пример шкалы оценивания КМ

За выполнение курсовой работы выставляется:

- 5 («отлично») баллов, если все задачи курсовой работы выполнены верно, на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов;
- 4 («хорошо»), если либо в расчете присутствуют ошибки в заключительных действиях, которые не влияют на последующие расчеты; либо неверно указаны размерности величин; либо размерности величин не указаны; на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок;
- 3 («удовлетворительно»), если в расчеты присутствуют ошибки, искажающие результат или исправления грубых ошибок выполнены не с первой попытки; если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы, либо при ответе часто допускались ошибки.

### Защита лабораторных работ

1. Изучение тепловых схем ТЭЦ с поперечными связями (4 часа).
2. Изучение процесса подготовки котла к растопке (4 часа).
3. Пуск котла на тренажере ТЭЦ с поперечными связями из холодного состояния (4 часа).
4. Пуск котла на тренажере ТЭЦ с поперечными связями из горячего состояния (4 часа).

Примеры вопросов для защиты:

1. Порядок включения в работу подогревателей высокого давления.

2. Порядок включения в работу подогревателей низкого давления.
3. Порядок включения конденсаторов.
4. Основные узлы конденсационной установки.
5. Основные узлы деаэрационной установки.
6. Оценка влияния тепломеханических показателей на работу котла.

#### Пример шкалы оценивания КМ

По результатам защиты лабораторной работы выставляется:

- 4 балла, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов;
- 2-3 балла, если на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок;
- 1 балл, если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы, либо при ответе часто допускались ошибки.

#### Промежуточная аттестация

##### Экзамен

Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и практическое задание.

Примеры теоретических вопросов билета:

1. Технологическая схема парового котла.
2. Тепловой баланс парового котла.
3. Газовоздушный тракт, работа под разрежением и наддувом.
4. Тепловой режим топочной камеры.
5. Основные профили паровых котлов.
6. Гидравлическая характеристика труб в условиях принудительного движения рабочей среды.

Примеры практических заданий:

1. Определить относительные потери тепла с уходящими газами, если КПД газомазутного котла производительностью 320 т/ч составляет 93,55 %, относительные потери тепла с химическим и механическим недожогом отсутствуют.
2. Определить отношение плотностей пара и воды при движении двухфазного потока, если степень влажности пара составляет 0,18, гидравлическое сопротивление двухфазного потока составляет 67 кПа, гидравлические потери без учета структуры потока равны 13,4 кПа.
3. Определить относительные потери тепла от наружного охлаждения и относительные потери тепла с химическим недожогом угля при удельном выходе  $CO=1550$  мг/кг и теплотворной способности топлива 20,01 МДж/кг для котла паропроизводительностью 600 т/ч.

Время подготовки ответа – 60 минут.

#### Пример шкалы оценивания КМ

По результатам ответа на экзамене выставляется:

- 36-40 баллов, если правильно выполнено практическое задание, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся

показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных фактов или решения задач;

- 26-35, если правильно выполнено практическое задание или в нем допущено не более одной ошибки, которая была самостоятельно исправлена обучающимся, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки;
- 20-25 баллов, если в выполненном практическом задании допущены грубые ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии экзаменатора или практическое задание не выполнено в полном объеме, но обучающийся смог довести решение до конца при участии экзаменатора, и в ответах на вопросы экзаменационного билета допущены ошибки;
- 0 баллов, если практическое задание не выполнено или не даны ответы на вопросы экзаменационного билета и не выполнены критерии для категории 20-25 баллов.

Оценка по дисциплине определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском по совокупности результатов текущего контроля успеваемости и экзаменационной составляющей.

В зависимости от количества баллов за дисциплину выставляется:

<b>Оценка</b>	<b>Количество баллов</b>
оценка 5 («отлично»)	90 – 100 баллов
оценка 4 («хорошо»)	76 – 89 баллов
оценка 3 («удовлетворительно»)	60 – 75 баллов
оценка 2 («неудовлетворительно»)	0 – 59 баллов