

**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: Теплоэнергетика и теплотехника**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Энергетические котлы**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ионкин И.Л.
	Идентификатор	R21e82aec-IonkinIL-f6aeb706

(подпись)

И.Л. Ионкин

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28B

(подпись)

А.Н. Рогалев

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28B

(подпись)

А.Н. Рогалев

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

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.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере теплоэнергетики и теплотехники

ИД-3 Знает устройство, принцип работы и принимает обоснованные технические решения при разработке схем и/или конструкций энергетического оборудования

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Тест 1 Технологические схемы ТЭС, основное оборудование. Органическое топливо, подготовка топлива к сжиганию. (Тестирование)

2. Тест 2 Воздушный и тепловой баланс энергетического котла. (Тестирование)

3. Тест 3 Топочные камеры паровых котлов. (Тестирование)

4. Тест 4 Теплообменные поверхности паровых котлов. Методы получения чистого пара. (Тестирование)

### БРС дисциплины

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	11	13
1.Технологические схемы ТЭС, основное оборудование.					
1.Технологические схемы ТЭС, основное оборудование.		+	+		
2.Органическое топливо, подготовка топлива к сжиганию					
2.Органическое топливо, подготовка топлива к сжиганию		+	+		
3.Воздушный и тепловой баланс парового котла.					
3.Воздушный и тепловой баланс парового котла.			+	+	+
4.Топочные камеры паровых котлов.					
4.Топочные камеры паровых котлов.			+	+	+
5.Теплообменные поверхности паровых котлов					

5.Теплообменные поверхности паровых котлов		+	+	+
6.Методы получения чистого пара				
6.Методы получения чистого пара			+	+
Вес КМ:	25	25	25	25

7 семестр

Раздел дисциплины	Вес контрольных мероприятий, %
	Индекс КМ:
	Срок КМ:
Вес КМ:	

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

### БРС курсовой работы/проекта

7 семестр

Раздел дисциплины	Вес контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Разработка описания и схемы котла. Расчет I-□ таблицы, таблицы объемов.		+			
Определение КПД котла и расхода топлива			+		
Поверочный расчет топочной камеры				+	
Расчет топочной камеры в программе BoilerDesigner					+
Вес КМ:	25	25	25	25	25

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-3ПК-1 Знает устройство, принцип работы и принимает обоснованные технические решения при разработке схем и/или конструкций энергетического оборудования	Знать: методику поверочного расчета котельных установок; устройство и режимы работы энергетических котлов; физические процессы, протекающие в энергетических котлах; Уметь: выполнять поверочный расчет отдельных элементов котла.	Тест 1 Технологические схемы ТЭС, основное оборудование. Органическое топливо, подготовка топлива к сжиганию. (Тестирование) Тест 2 Воздушный и тепловой баланс энергетического котла. (Тестирование) Тест 3 Топочные камеры паровых котлов. (Тестирование) Тест 4 Теплообменные поверхности паровых котлов. Методы получения чистого пара. (Тестирование)

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Тест 1 Технологические схемы ТЭС, основное оборудование.

#### Органическое топливо, подготовка топлива к сжиганию.

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменный опрос

#### Краткое содержание задания:

ответить на вопросы теста

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: физические процессы, протекающие в энергетических котлах;	<ol style="list-style-type: none"><li>1. По какой из величин оценивают реакционную способность топлива?</li><li>2. Содержание какого элемента в топливе обуславливает наличие низкотемпературной коррозии воздухоподогревателя?</li><li>3. Что означает величина <math>Q_{pp}</math> ?</li><li>4. Какой случай можно считать примером гетерогенной реакции?</li><li>5. Укажите элемент, обладающий наименьшей тепловой ценностью</li><li>6. Какая из стадий горения частицы твердого топлива начинается раньше?</li><li>7. Укажите основной компонент природного газа</li><li>8. Укажите элемент, обладающий наименьшей тепловой ценностью</li><li>9. Из каких основных составляющих состоят продукты сгорания?</li><li>10. Какое топливо преобладает в топливном балансе РФ?</li></ol>
--	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

## КМ-2. Тест 2 Воздушный и тепловой баланс энергетического котла.

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменный опрос

**Краткое содержание задания:**

ответить на вопросы теста

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методику поверочного расчета котельных установок;	<ol style="list-style-type: none"><li>1. На какие потери влияют присосы воздуха в котле?</li><li>2. Что характеризует величина <math>Q_{\phi}</math>?</li><li>3. От каких параметров зависит значение <math>q_2</math>?</li><li>4. В чем состоит различие между КПД котла брутто и нетто?</li><li>5. Как влияет увеличение коэффициент избытка воздуха в уходящих газах на <math>q_5</math>?</li></ol>
Знать: физические процессы, протекающие в энергетических котлах;	<ol style="list-style-type: none"><li>1. От каких параметров зависят значения <math>q_3, q_4</math> ?</li><li>2. Как влияет увеличение <math>\alpha_{ух}</math> на <math>q_2</math>?</li><li>3. От каких параметров зависит значение <math>q_2</math>?</li><li>4. Какую температуру шлака принимают при определении величины <math>q_6</math> для топки с ТШУ?</li><li>5. Что называется теоретически необходимым количеством воздуха?</li></ol>
Уметь: выполнять поверочный расчет отдельных элементов котла.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Как определяется величина <math>q_2</math>?</li><li>2. Как определяется величина <math>q_6</math>?</li><li>3. Как определяется величина <math>Q_{пр}</math>?</li><li>4. Определите коэффициенты избытка воздуха за каждой поверхностью для заданного котла и топлива.</li></ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

## КМ-3. Тест 3 Топочные камеры паровых котлов.

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменный опрос

**Краткое содержание задания:**

ответить на вопросы теста

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: устройство и режимы работы энергетических котлов;	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Что определяет высоту топочной камеры?</li> <li>2.Какие из котлов наиболее требовательны к очистке питательной воды?</li> <li>3.По способу циркуляции воды паровые котлы делятся на:</li> <li>4.Какой из элементов не входит в пароводяной тракт котла?</li> <li>5.Какая из топок может работать в большем диапазоне нагрузок котла?</li> <li>6.Назовите основные геометрические характеристики топочной камеры</li> <li>7.От чего зависит величина теплонапряжения объема топочной камеры?</li> <li>8.От чего не зависит величина теплонапряжения объема топочной камеры?</li> <li>9.Для каких видов топлива используются топки с ЖШУ?</li> <li>10.Какие из элементов входят в пароводяной тракт котла?</li> </ol>
Уметь: выполнять поверочный расчет отдельных элементов котла.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Определите толщину излучающего слоя для топки заданных габаритов</li> <li>2.Определите степень черноты факела.</li> </ol>

**Описание шкалы оценивания:***Оценка: 5**Нижний порог выполнения задания в процентах: 90**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно**Оценка: 4**Нижний порог выполнения задания в процентах: 70**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач**Оценка: 3**Нижний порог выполнения задания в процентах: 50**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено***КМ-4. Тест 4 Теплообменные поверхности паровых котлов. Методы получения чистого пара.****Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменный опрос**Краткое содержание задания:**

ответить на вопросы теста

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: устройство и режимы работы энергетических котлов;	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое коэффициент избытка воздуха?</li> <li>2. Из каких основных составляющих состоят продукты сгорания?</li> <li>3. Для чего нужен подогрев воздуха в котлах?</li> <li>4. Что обуславливает возникновение циркуляции в контуре?</li> <li>5. Для чего нужна топочная камера?</li> <li>6. Как характеристики топлива влияют на выбор способа шлакоудаления?</li> <li>7. Почему лимитируется температура газов на выходе из топки?</li> <li>8. Что лимитирует температуру уходящих газов?</li> <li>9. Как происходит подготовка топлива к сжиганию?</li> <li>10. Для чего нужна продувка?</li> </ol>
Уметь: выполнять поверочный расчет отдельных элементов котла.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Покажите, как движутся вода и пар в котле.</li> <li>2. Классифицируйте поверхности нагрева котла с точки зрения теплообмена.</li> <li>3. Покажите, как движутся воздух и продукты сгорания в паровом котле.</li> <li>4. Определите энтальпию продуктов сгорания топлива для заданной температуры и коэффициента избытка воздуха.</li> </ol>

**Описание шкалы оценивания:***Оценка: 5**Нижний порог выполнения задания в процентах: 90**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно**Оценка: 4**Нижний порог выполнения задания в процентах: 70**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач**Оценка: 3**Нижний порог выполнения задания в процентах: 50**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено***Для курсового проекта/работы****7 семестр*****I. Описание КП/КР***

Поверочный расчет элементов парового котла, сжигающий твердое топливо. Курсовой проект выполняется в форме комплексного задания, выполняемого в аудиторные часы и часы самостоятельной работы. Курсовой проект 7 семестра является продолжением расчетно-графической работы 6 семестра. На них выдаётся одно задание. В рамках курсового проекта студенты выполняют: 1. разработка описания и схемы котла. Расчет I- $\square$  таблицы, таблицы объемов; 2. определение КПД котла и расхода топлива; 2. поверочный расчет

топочной камеры при помощи методики, изложенной в нормативном методе; 3. поверочный расчет топочной камеры при программы Boiler Designer.

## **II. Примеры задания и темы работы**

Пример задания

**Паровой котел Е-210-13,8-560КТ, сжигающий топливо №15**

**Тематика КП/КР:**

Поверочный расчет элементов парового котла Е-210-13,8-560 сжигающего топливо №8 (изменяется марка котла и топливо)

### **КМ-1. Соблюдение графика выполнения КП**

**Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

### **КМ-2. Соблюдение графика выполнения КП**

**Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

### **КМ-3. Соблюдение графика выполнения КП**

**Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

#### **КМ-4. Соблюдение графика выполнения КП**

##### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 6 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Типы электрических станций. Классификация. Основное оборудование и его назначение. КПД ТЭС.
2. Теплообмен в топочной камере. Основные характеристики топочных камер. Основные требования к топкам котлов.
3. Задача. Определить энтальпию и объем продуктов сгорания топлива №7 (температура продуктов сгорания  $-147^{\circ}\text{C}$ , коэффициент избытка воздуха – 1.34).

### Процедура проведения

Письменный экзамен

#### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-1 Знает устройство, принцип работы и принимает обоснованные технические решения при разработке схем и/или конструкций энергетического оборудования

#### **Вопросы, задания**

1. Основные тракты парового котла. Газовоздушный тракт парового котла (назначение, элементы, схема).
2. Теплообмен в топочной камере. Основные характеристики топочных камер. Основные требования к топкам котлов.
3. Топливный и пароводяной тракт парового котла (назначение, элементы, схема).
4. Классификация топочных камер. Компоновка горелок. Топки с ТШУ и ЖШУ
5. Основные элементы топочной камеры и их конструкция.
6. Задача. Определить тепловую мощность  $Q_{ка}$  котла Е-320-9,8-545БТ.
7. Технологическая схема котельной установки. Основные элементы и тракты.
8. Задача. Определить энтальпии продуктов сгорания за каждой поверхностью нагрева котла при сжигании топлива №6 при температуре  $122^{\circ}\text{C}$ . Известно, что экономайзер двухступенчатый.
9. Назначение обмуровки. Варианты используемых конструкций, достоинства и недостатки.
10. Задача. Определить энтальпию и объем продуктов сгорания топлива №44 (температура продуктов сгорания  $-184^{\circ}\text{C}$ , коэффициент избытка воздуха – 1.28).

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

**1. От чего не зависит величина теплонапряжения объема топочной камеры?**

Ответы:

сечения топки в плане
расхода и реакционности топлива
схемы расположения горелок

Верный ответ: сечения топки в плане

**2. Для каких видов топлива используются топки с ЖШУ?**

Ответы:

антрациты
высокорреакционный каменный уголь
низкорреакционные бурые угли

Верный ответ: антрациты

**3.Какая из стадий горения частицы твердого топлива длится дольше?**

Ответы:

горение летучих веществ
горение кокса
обе стадии длятся одинаково

Верный ответ: горение кокса

**4.В чем состоит различие между КПД котла брутто и нетто?**

Ответы:

КПД котла брутто не учитывает затраты электроэнергии на собственные нужды
КПД котла брутто не учитывает потери тепла в окружающую среду
КПД котла брутто не учитывает конденсацию водяных паров

Верный ответ: КПД котла брутто не учитывает затраты электроэнергии на собственные нужды

**5.От каких параметров зависит значение  $q_5$ ?**

Ответы:

Температура уходящих газов; избыток воздуха на выходе из котла
количества воздуха, подаваемое для сгорания топлива; температуры в топке
температура окружающей среды; производительность котла

Верный ответ: температура окружающей среды; производительность котла

**6.Какие из котлов наиболее требовательны к очистке питательной воды?**

Ответы:

с естественной циркуляцией
с принудительной циркуляцией
прямоточные

Верный ответ: прямоточные

**7.Какие мельницы используются для размола АШ**

Ответы:

ММТ
ШБМ
СМ
МВ

Верный ответ: ШБМ

**8.Зачем делают вторичный перегрев пара в котле?**

Ответы:

увеличить выработку тепла
---------------------------

увеличить термический КПД цикла
избежать эрозионного износа лопаток турбины

Верный ответ: увеличить термический КПД цикла избежать эрозионного износа лопаток турбины

**9. Что является рабочим телом ГТУ?**

Ответы:

пар
вода
продукты сгорания

Верный ответ: продукты сгорания

**10. Что дает увеличение параметров пара на выходе из котла?**

Ответы:

повышение надежности
повышение эффективности цикла
снижение температуры уходящих газов

Верный ответ: повышение эффективности цикла

**II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

**III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

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

**Для курсового проекта/работы:**

**7 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

***I. Процедура защиты КП/КР***

Выступление студента и ответы на вопросы.

***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

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