

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

**Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение**

**Наименование образовательной программы: Котлы, камеры сгорания и парогенераторы АЭС**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Паровые котлы**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Супранов В.М.
Идентификатор	R939e27b6-SupranovVM-1a1f19ad	

В.М.  
Супранов

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810	

К.А.  
Плешанов

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810	

К.А.  
Плешанов

## 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 к конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения

ИД-3 Выполняет расчеты элементов объектов профессиональной деятельности

ИД-4 Демонстрирует знание конструкции и принципа работы объектов профессиональной деятельности

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 (7 семестр) Тест «Котел и котельная установка, классификация котлов» (Контрольная работа)

2. КМ-1 (8 семестр) Тест "Поверхности нагрева топки" (Контрольная работа)

3. КМ-2 (7 семестр) Тест «Типы и параметры котлов, их особенности» (Контрольная работа)

4. КМ-3 (7 семестр) Контрольная работа «КПД котла и расход топлива» (Контрольная работа)

5. КМ-3 (8 семестр) Тест «Ширмовые поверхности нагрева» (Контрольная работа)

6. КМ-4 (8 семестр) Тест «Основные положения теплового расчета топки и поверхностей нагрева» (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. КМ-2 (8 семестр) Защита лабораторной работы № 1 (Интервью)

2. КМ-4 (7 семестр) Выполнение расчетного задания (Интервью)

3. КМ-5 Выполнение РГР, защита лабораторных работ № 2 и № 3 (Интервью)

## БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Понятие о котле и котельной установке. Классификация, типы и параметры котлов.					
Понятие о котле и котельной установке. Классификация, типы и параметры котлов.	+	+			
Объемы и энтальпии дымовых газов. Тепловая мощность котла и его тепловые потери. Определение КПД котла и расхода топлива					

Объемы и энтальпии дымовых газов. Тепловая мощность котла и его тепловые потери. Определение КПД котла и расхода топлива			+	+
Вес КМ:	25	25	25	25

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9
	Срок КМ:	4	6	8	12	14
Радиационные поверхности нагрева. Геометрические и конструктивные характеристики топок. Методика поверочного теплового расчета топки						
Радиационные поверхности нагрева. Геометрические и конструктивные характеристики топок. Методика поверочного теплового расчета топки	+	+	+	+	+	+
Полурадиационные ширмы. Поверочный тепловой расчет ширм						
Полурадиационные ширмы. Поверочный тепловой расчет ширм	+	+	+	+	+	+
Конвективные поверхности нагрева. Поверочный тепловой расчет этих поверхностей						
Конвективные поверхности нагрева. Поверочный тепловой расчет этих поверхностей	+	+	+	+	+	+
Воздухоподогреватели. Поверочный тепловой расчет воздухоподогревателей						
Воздухоподогреватели. Поверочный тепловой расчет воздухоподогревателей	+	+	+	+	+	+
Краткий обзор конструкций паровых котлов						
Краткий обзор конструкций паровых котлов	+	+	+			+
Вес КМ:	10	20	10	28	32	

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## 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-3 <sub>ПК-1</sub> Выполняет расчеты элементов объектов профессиональной деятельности	Знать: – основные положения теплового расчета топки и поверхностей нагрева котла. Уметь: – выполнять тепловые расчеты топки и отдельных поверхностей нагрева котла.	КМ-3 (8 семестр) Тест «Ширмовые поверхности нагрева» (Контрольная работа) КМ-4 (8 семестр) Тест «Основные положения теплового расчета топки и поверхностей нагрева» (Контрольная работа)
ПК-1	ИД-4 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание конструкции и принципа работы объектов профессиональной деятельности	Знать: – принцип работы паровых котлов и их основные типы; -положения нормативного метода по расчету КПД котла и расхода топлива; – конструкцию топки и отдельных поверхностей нагрева; Уметь: - рассчитывать КПД котла и расход топлива; – определять КПД действующего котла,	КМ-1 (7 семестр) Тест «Котел и котельная установка, классификация котлов» (Контрольная работа) КМ-2 (7 семестр) Тест «Типы и параметры котлов, их особенности» (Контрольная работа) КМ-3 (7 семестр) Контрольная работа «КПД котла и расход топлива» (Контрольная работа) КМ-4 (7 семестр) Выполнение расчетного задания (Интервью) КМ-1 (8 семестр) Тест "Поверхности нагрева топки" (Контрольная работа) КМ-2 (8 семестр) Защита лабораторной работы № 1 (Интервью) КМ-3 (8 семестр) Тест «Ширмовые поверхности нагрева» (Контрольная работа) КМ-5 Выполнение РГР, защита лабораторных работ № 2 и № 3 (Интервью)

		сжигающего газ. – разбираться по чертежам и 3-D моделям в конструкции котла;	
--	--	---	--

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

7 семестр

### КМ-1. КМ-1 (7 семестр) Тест «Котел и котельная установка, классификация котлов»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Получение студентом задания по вариантам, выполнение задания в аудитории в течении 15 минут

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы контрольной работы.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – принцип работы паровых котлов и их основные типы;	1.
	В трубчатом воздухоподогревателе:
	по трубам движутся газы снизу вверх, между трубами воздух сверху вниз;
	по трубам движутся газы сверху вниз, между трубами воздух снизу вверх; +
	по трубам движется воздух снизу вверх, между трубами газы сверху вниз;
	по трубам движется воздух сверху вниз, между трубами газы снизу вверх.
	2.
	При работе котла с уравновешенной тягой:
	воздушный тракт находится под разрежением, газовый – под давлением;
	воздушный тракт находится под давлением, газовый – под разрежением; +
	и воздушный, и газовый тракт находятся под давлением;
	давление в котле равно атмосферному.
	3.
	В газовом тракте котла последовательно расположены:
	топка, пароперегреватель, экономайзер, воздухоподогреватель; +
	топка, экономайзер, пароперегреватель, воздухоподогреватель;
	топка, воздухоподогреватель, пароперегреватель, экономайзер;
	воздухоподогреватель, топка, пароперегреватель, экономайзер.
	4.
	Экономайзер представляет собой

	шахматную прямоточную поверхность нагрева;
	шахматную противоточную поверхность нагрева; +
	коридорную прямоточную поверхность нагрева;
	коридорную противоточную поверхность нагрева.
	5.
	При снижении нагрузки (паропроизводительности) рассмотренного нами котла:
	расход топлива уменьшается, расход конденсата на впрыск снижается; +
	расход топлива уменьшается, расход конденсата на впрыск возрастает;
	расход топлива не меняется, расход конденсата на впрыск снижается;
	расход топлива возрастает, расход конденсата на впрыск возрастает.

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 90% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 70% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 50% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Неудовлетворительно» если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно».

### **КМ-2. КМ-2 (7 семестр) Тест «Типы и параметры котлов, их особенности»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 25**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Получение теста, ответ в течении заданного времени, передача работ преподавателю для проверки. Время проведения – 20 минут.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы теста.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: – принцип работы паровых котлов и их основные типы;</p>	<p>1.</p> <table border="1"> <tr> <td>Преимуществами котлов типа Е являются:</td> </tr> <tr> <td>большой водяной объем; +</td> </tr> <tr> <td>небольшая удельная металлоемкость;</td> </tr> <tr> <td>относительно невысокое качество питательной воды; +</td> </tr> <tr> <td>возможность выработки пара сверхкритического давления.</td> </tr> </table> <p>2.</p> <table border="1"> <tr> <td>Котлы типа Пп рационально использовать:</td> </tr> <tr> <td>для выработки горячей воды в целях отопления;</td> </tr> <tr> <td>на ТЭЦ при комбинированной выработке тепла и электроэнергии;</td> </tr> <tr> <td>на ГРЭС при выработке электроэнергии; +</td> </tr> <tr> <td>в составе транспортных энергоустановок.</td> </tr> </table> <p>3.</p> <table border="1"> <tr> <td>Выносная переходная зона предназначена для:</td> </tr> <tr> <td>повышения параметров перегретого пара;</td> </tr> <tr> <td>повышения экономичности работы котла;</td> </tr> <tr> <td>повышения надежности работы котла; +</td> </tr> <tr> <td>повышения взрывобезопасности.</td> </tr> </table> <p>4. Недостатками котлов типа Прп являются:</p> <p>большая металлоемкость; +          высокие требования к качеству питательной воды;          малая тепловая инерционность котла и          необходимость использования сложных систем регулирования;          снижение надежности работы из-за применения циркуляционных насосов. +</p>	Преимуществами котлов типа Е являются:	большой водяной объем; +	небольшая удельная металлоемкость;	относительно невысокое качество питательной воды; +	возможность выработки пара сверхкритического давления.	Котлы типа Пп рационально использовать:	для выработки горячей воды в целях отопления;	на ТЭЦ при комбинированной выработке тепла и электроэнергии;	на ГРЭС при выработке электроэнергии; +	в составе транспортных энергоустановок.	Выносная переходная зона предназначена для:	повышения параметров перегретого пара;	повышения экономичности работы котла;	повышения надежности работы котла; +	повышения взрывобезопасности.
Преимуществами котлов типа Е являются:																
большой водяной объем; +																
небольшая удельная металлоемкость;																
относительно невысокое качество питательной воды; +																
возможность выработки пара сверхкритического давления.																
Котлы типа Пп рационально использовать:																
для выработки горячей воды в целях отопления;																
на ТЭЦ при комбинированной выработке тепла и электроэнергии;																
на ГРЭС при выработке электроэнергии; +																
в составе транспортных энергоустановок.																
Выносная переходная зона предназначена для:																
повышения параметров перегретого пара;																
повышения экономичности работы котла;																
повышения надежности работы котла; +																
повышения взрывобезопасности.																

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 80% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 60% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; -

на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 40% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Неудовлетворительно» если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно».

### **КМ-3. КМ-3 (7 семестр) Контрольная работа «КПД котла и расход топлива»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 25**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Получение задания по вариантам, подготовка задания, передача выполненной работы преподавателю для проверки.

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на предложенные вопросы и решите задачу.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: -положения нормативного метода по расчету КПД котла и расхода топлива;</p>	<p>1. 1. Что такое коэффициент избытка воздуха в уходящих газах? Каким образом от него зависит КПД котла?                  2.2. Почему присосы наружного воздуха в газовый тракт снижают КПД котла?                  3.3. Чем обусловлена потеря теплоты от механического недожога и как ее обнаружить на действующем котле?                  4.4. Чем обусловлена потеря теплоты от химического недожога и как ее обнаружить на действующем котле?                  5.5. Какая из тепловых потерь котла, реализующего факельное сжигание топлива, самая большая?</p>
<p>Уметь: - рассчитывать КПД котла и расход топлива;</p>	<p><b>1.Задача № 1</b>                  Котел Е-220-9,8-540АЖ работает с КПД равным 89,929 %. Определите расчетный расход топлива <math>V_p</math>, кг/ч.  <b>2.Задача № 2</b>                  Котел Е-100-6,9-510КЖ с открытой топкой и двухступенчатым ТВП сжигает уголь марки Т. Известно, что <math>q_2=5,435 \%</math>, <math>q_6=0,289 \%</math>. Определить низшую теплоту сгорания топлива на рабочую массу <math>Q_{рн}</math>, ккал/кг.  <b>3.Задача № 3</b>                  Для топлива № 29 ( табл. I, [4]) рассчитайте объемы и</p>

	<p>объемные доли газов для коэффициента избытка воздуха 1,2.</p> <p><b>4.Задача № 4</b> Для топлива № 23 ( табл. I, [4]) рассчитайте энтальпии дымовых газов при коэффициенте избытка воздуха 1,33 для температур 100 и 200 градусов Цельсия. Котел с твердым шлакоудалением.</p> <p><b>5.Задача № 5</b> Котел Е-320-13,8-560КТ работает с КПД <math>\eta_{ка}=91,523\%</math>. Определите расчетный расход топлива <math>B_p</math>, кг/ч, если известно, что сжигается топливо № 29 ( табл. I, [4]).</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - правильно решена задача, за исключением мелких ошибок в расчетах; - на вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - решена задача, но допущены не принципиальные ошибки в принятии отдельных величин по нормативным документам или в расчетах; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - задача не решена, но намечен правильный путь ее решения; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Неудовлетворительно» если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно».

**КМ-4. КМ-4 (7 семестр) Выполнение расчетного задания**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Интервью

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Преподаватель проверяет расчетное задание и после этого задает студенту вопросы.

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на предложенные вопросы.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: -положения нормативного метода по расчету КПД котла и расхода топлива;</p>	<p>1.1. Чем располагаемая теплота топлива отличается от теплоты сгорания на рабочую массу?  2.3. Чем химический недожог отличается от механического недожога?  3.4. От каких 2 параметров больше всего зависит потеря с уходящими газами?</p>
<p>Уметь: - рассчитывать КПД котла и расход топлива;</p>	<p>1.1. Продемонстрируйте, как Вы использовали нормативный метод [4] для определения объемов газов и объемных долей?  2.2. Используя [4], поясните, как Вы определили потерю теплоты в окружающую среду?  3.3. Продемонстрируйте, как Вы использовали нормативный метод [4] для определения энтальпий дымовых газов?  4.4. Используя нормативный метод [4], определите теоретически необходимое количество воздуха для экибастузского угля марки СС (топливо № 23).  5.5. Используя нормативный метод [4], определите присос воздуха на ступень трубчатого воздухоподогревателя.</p>

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Расчетное задание считается выполненным на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - расчетное задание выполнено правильно; - на 80% вопросов получен правильный и полный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Расчетное задание считается выполненным на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - расчетное задание выполнено правильно, но допущены не принципиальные ошибки в принятии отдельных величин по нормативным документам или в расчетах; - на 60% вопросов получен правильный и полный ответ.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Расчетное задание считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - расчетное задание выполнено правильно, но допущены не принципиальные ошибки в принятии отдельных величин по нормативным документам или в расчетах; - на 40% вопросов получен правильный и полный ответ.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Расчетное задание считается выполненным на оценку «Неудовлетворительно» если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно».

#### 8 семестр

#### КМ-5. КМ-1 (8 семестр) Тест "Поверхности нагрева топки"

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Получение задания студентом, ответ в течение заданного времени, передача выполненного задания на проверку преподавателю. Время подготовки ответа - 25 минут.

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на вопросы теста.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – конструкцию топки и отдельных поверхностей нагрева;	1.
	На стенах внутри топки и в ее объеме могут быть размещены:
	ступени конвективного пароперегревателя;
	радиационные испарительные поверхности нагрева; +
	радиационные пароперегревательные поверхности нагрева; +
	контрольно-измерительные приборы.
	2.
	Двухцветные экраны в топке применяют для:
	повышения экономичности сжигания топлива;
	снижения высоты топки и котла; +
	снижения выбросов вредных веществ, образующихся при горении;
	выравнивания полей температур газов в топке. +
	3.
	Высота топки с ТШУ это расстояние:
	от середины холодной воронки до середины выходного окна топки; +
	от середины холодной воронки до потолка топки;
	от горловины холодной воронки до середины выходного окна топки;
	от края холодной воронки до потолка топки.
	4.
	Коэффициент тепловой эффективности радиационной поверхности нагрева это:
произведение углового коэффициента на степень черноты поверхности;	
отношение воспринятого количества теплоты к падающему; +	
отношение воспринятого количества теплоты к тепловосприятию топки;	
отношение воспринятого количества теплоты к теплоте, внесенной в топку.	
5.	
В результате поверочного теплового расчета топки определяют:	
высоту топки $H_T$ ;	
температуру на выходе из топки $J^2_T$ ; +	
поверхность стен топки $F_{ст}$ ;	

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 80% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 60% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 40% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Неудовлетворительно» если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно».

**КМ-6. КМ-2 (8 семестр) Защита лабораторной работы № 1**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Интервью

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Преподаватель проверяет отчет о выполнении лабораторной работы и опрашивает студентов.

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на предложенные вопросы.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – конструкцию топки и отдельных поверхностей нагрева;	1.5. Какая компоновка трубного пучка и тип тока предусмотрены в конструкции котла № 2?
Уметь: – разбираться по чертежам и 3-D моделям в конструкции котла;	1.1. Покажите на чертеже котла № 2 ТЭЦ МЭИ контур циркуляции фронтального экрана топки. 2.2. Покажите на 3-D модели котла № 4 ТЭЦ МЭИ контур циркуляции заднего экрана. 3.3. Покажите на 3-D модели котла № 2 ТЭЦ МЭИ выходную ступень пароперегревателя и поясните, как в ней движется пар.

	<p>4.4. Покажите на чертеже котла № 4 ТЭЦ МЭИ поверхностный пароохладитель.</p> <p>5.5. Покажите на 3-D модели котла № 4 ТЭЦ МЭИ трубчатый воздухоподогреватель и поясните, как в нем движется воздух.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Лабораторная работа считается выполненной на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - отчет по работе не содержит ошибок; - на 80% вопросов получен правильный и полный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Лабораторная работа считается выполненной на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - отчет по работе не содержит серьезных ошибок; - на 60% вопросов получен правильный и полный ответ, или ответы получены на 80 % вопросов, но они недостаточно полные или содержат неточности.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Лабораторная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - отчет по работе не содержит серьезных ошибок; - на 40% вопросов получен правильный и полный ответ, или ответы получены на 60 % вопросов, но они недостаточно полные или содержат неточности.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Лабораторная работа считается выполненной на оценку «Неудовлетворительно» если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно».

**КМ-7. КМ-3 (8 семестр)Тест «Ширмовые поверхности нагрева»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Получение ответа студентом, ответ в течение заданного времени, передача ответа преподавателю на проверку. Время для подготовки ответа - 30 минут.

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на вопросы теста

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: – конструкцию топки и отдельных поверхностей нагрева;</p>	<p>1.</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Ширмы могут использоваться:</td> </tr> <tr> <td>в качестве ступеней пароперегревателя; +</td> </tr> <tr> <td>для подогрева поступающей в котел воды;</td> </tr> <tr> <td>как испарительные поверхности нагрева; +</td> </tr> <tr> <td>для нагрева воздуха.</td> </tr> </table> <p>2.</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Деление ширм на радиационные и полурadiационные</td> </tr> </table>	Ширмы могут использоваться:	в качестве ступеней пароперегревателя; +	для подогрева поступающей в котел воды;	как испарительные поверхности нагрева; +	для нагрева воздуха.	Деление ширм на радиационные и полурadiационные
Ширмы могут использоваться:							
в качестве ступеней пароперегревателя; +							
для подогрева поступающей в котел воды;							
как испарительные поверхности нагрева; +							
для нагрева воздуха.							
Деление ширм на радиационные и полурadiационные							

	<table border="1"> <tr><td>происходит:</td></tr> <tr><td>в зависимости от величины поверхности нагрева;</td></tr> <tr><td>в зависимости от продольного шага <math>S_2</math>;</td></tr> <tr><td>в зависимости от конструкции ширм;</td></tr> <tr><td>в зависимости от поперечного шага <math>S_1</math>; +</td></tr> </table> <p>3.</p> <table border="1"> <tr><td>Обычно на котлах типа Е ширмы изготавливают из труб:</td></tr> <tr><td>наружный диаметр 32 мм, толщина стенки 5 мм, сталь 12Х1МФ; +</td></tr> <tr><td>наружный диаметр 60 мм, толщина стенки 5 мм, сталь 12Х1МФ;</td></tr> <tr><td>наружный диаметр 32 мм, толщина стенки 5 мм, сталь 20;</td></tr> <tr><td>наружный диаметр 60 мм, толщина стенки 5 мм, сталь 20.</td></tr> </table> <p>4.</p> <table border="1"> <tr><td>Чаще всего ширмы включают по прямооту для того чтобы:</td></tr> <tr><td>увеличить приращение энтальпии пара в ширмах;</td></tr> <tr><td>повысить надежность работы металла труб ширм; +</td></tr> <tr><td>понизить вероятность шлакования ширм;</td></tr> <tr><td>уменьшить их гидравлическое сопротивление.</td></tr> </table> <p>5.</p> <table border="1"> <tr><td>Обычно пароперегревательные ширмы предусматривают в котлах:</td></tr> <tr><td>с давлением перегретого пара 3,9 Мпа</td></tr> <tr><td>с давлением перегретого пара 9,8 и 13,8 Мпа; +</td></tr> <tr><td>с низким давлением пара, менее 3,9 Мпа;</td></tr> <tr><td>на сверхкритическое давление пара. +</td></tr> </table>	происходит:	в зависимости от величины поверхности нагрева;	в зависимости от продольного шага $S_2$ ;	в зависимости от конструкции ширм;	в зависимости от поперечного шага $S_1$ ; +	Обычно на котлах типа Е ширмы изготавливают из труб:	наружный диаметр 32 мм, толщина стенки 5 мм, сталь 12Х1МФ; +	наружный диаметр 60 мм, толщина стенки 5 мм, сталь 12Х1МФ;	наружный диаметр 32 мм, толщина стенки 5 мм, сталь 20;	наружный диаметр 60 мм, толщина стенки 5 мм, сталь 20.	Чаще всего ширмы включают по прямооту для того чтобы:	увеличить приращение энтальпии пара в ширмах;	повысить надежность работы металла труб ширм; +	понизить вероятность шлакования ширм;	уменьшить их гидравлическое сопротивление.	Обычно пароперегревательные ширмы предусматривают в котлах:	с давлением перегретого пара 3,9 Мпа	с давлением перегретого пара 9,8 и 13,8 Мпа; +	с низким давлением пара, менее 3,9 Мпа;	на сверхкритическое давление пара. +
происходит:																					
в зависимости от величины поверхности нагрева;																					
в зависимости от продольного шага $S_2$ ;																					
в зависимости от конструкции ширм;																					
в зависимости от поперечного шага $S_1$ ; +																					
Обычно на котлах типа Е ширмы изготавливают из труб:																					
наружный диаметр 32 мм, толщина стенки 5 мм, сталь 12Х1МФ; +																					
наружный диаметр 60 мм, толщина стенки 5 мм, сталь 12Х1МФ;																					
наружный диаметр 32 мм, толщина стенки 5 мм, сталь 20;																					
наружный диаметр 60 мм, толщина стенки 5 мм, сталь 20.																					
Чаще всего ширмы включают по прямооту для того чтобы:																					
увеличить приращение энтальпии пара в ширмах;																					
повысить надежность работы металла труб ширм; +																					
понизить вероятность шлакования ширм;																					
уменьшить их гидравлическое сопротивление.																					
Обычно пароперегревательные ширмы предусматривают в котлах:																					
с давлением перегретого пара 3,9 Мпа																					
с давлением перегретого пара 9,8 и 13,8 Мпа; +																					
с низким давлением пара, менее 3,9 Мпа;																					
на сверхкритическое давление пара. +																					
<p>Уметь: – выполнять тепловые расчеты топки и отдельных поверхностей нагрева котла.</p>	<p>1.1. Наружный диаметр труб ширм 32 мм, скорость газов 4 м/с. Поправка на компоновку пучка <math>C_s=0,64</math>. Принять остальные поправки равными 1 и оценить по нормативному методу [4] коэффициент теплоотдачи конвекцией.</p> <p>2.2. Скорость газов в ширмах равна 3,5 м/с. Используя нормативный метод [4] определить коэффициент использования ширм.</p> <p>3.3. Котел сжигает экибастузский уголь, средняя температура газов в ширмах 1200 градусов Цельсия. Используя нормативный метод [4] определить коэффициент загрязнения ширм.</p> <p>4.4. Котел сжигает умеренно шлакующий уголь, очистка ширм предусмотрена. Используя нормативный метод [4] определить коэффициент загрязнения ширм.</p> <p>5.5. Общее тепловосприятие ширм составляет 560 ккал/(кг топлива), тепловосприятие излучением из топки равно 210 ккал/(кг топлива). Определите тепловосприятие ширм по балансу.</p>																				

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 80% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 60% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 40% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Неудовлетворительно» если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно».

**КМ-8. КМ-4 (8 семестр) Тест «Основные положения теплового расчета топки и поверхностей нагрева»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 28

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент получает вариант задания, готовит ответ в течение фиксированного времени, передает ответ для проверки преподавателю. Время подготовки ответа - 30 минут.

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на предложенные вопросы.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – основные положения теплового расчета топки и поверхностей нагрева котла.	1.
	Поверочный тепловой расчет элемента котла позволяет:
	определить тепловосприятие элемента при известной конструкции; +
	определить величину поверхности нагрева при известном тепловосприятии;
	определить две неизвестные температуры теплоносителей при известной конструкции; +
определить все конструктивные характеристики элемента.	

	<p>2.</p> <table border="1" data-bbox="735 226 1477 468"> <tr><td>Расчетная площадь поверхности стен топки <math>F_{ст}</math>:</td></tr> <tr><td>не включает поверхность выходного окна топки;</td></tr> <tr><td>включает поверхность выходного окна топки; +</td></tr> <tr><td>не включает горизонтальную поверхность, проходящую через холодную воронку;</td></tr> <tr><td>включает горизонтальную поверхность, проходящую через холодную воронку. +</td></tr> </table> <p>3.</p> <table border="1" data-bbox="735 539 1477 887"> <tr><td>Коэффициент тепловой эффективности конвективной поверхности это:</td></tr> <tr><td>отношение тепловосприятий загрязненной и чистой поверхности;</td></tr> <tr><td>отношение приращений энтальпии среды в загрязненной и чистой поверхности;</td></tr> <tr><td>отношение коэффициентов теплопередачи загрязненной и чистой поверхности; +</td></tr> <tr><td>отношение коэффициентов загрязнения загрязненной и чистой поверхности;</td></tr> </table> <p>4.</p> <table border="1" data-bbox="735 958 1477 1167"> <tr><td>Величина теплообменной поверхности трубчатого воздухоподогревателя:</td></tr> <tr><td>определяется по наружному диаметру труб;</td></tr> <tr><td>определяется по среднему диаметру труб; +</td></tr> <tr><td>определяется по внутреннему диаметру труб;</td></tr> <tr><td>не зависит от диаметра труб и толщины стенки.</td></tr> </table>	Расчетная площадь поверхности стен топки $F_{ст}$ :	не включает поверхность выходного окна топки;	включает поверхность выходного окна топки; +	не включает горизонтальную поверхность, проходящую через холодную воронку;	включает горизонтальную поверхность, проходящую через холодную воронку. +	Коэффициент тепловой эффективности конвективной поверхности это:	отношение тепловосприятий загрязненной и чистой поверхности;	отношение приращений энтальпии среды в загрязненной и чистой поверхности;	отношение коэффициентов теплопередачи загрязненной и чистой поверхности; +	отношение коэффициентов загрязнения загрязненной и чистой поверхности;	Величина теплообменной поверхности трубчатого воздухоподогревателя:	определяется по наружному диаметру труб;	определяется по среднему диаметру труб; +	определяется по внутреннему диаметру труб;	не зависит от диаметра труб и толщины стенки.
Расчетная площадь поверхности стен топки $F_{ст}$ :																
не включает поверхность выходного окна топки;																
включает поверхность выходного окна топки; +																
не включает горизонтальную поверхность, проходящую через холодную воронку;																
включает горизонтальную поверхность, проходящую через холодную воронку. +																
Коэффициент тепловой эффективности конвективной поверхности это:																
отношение тепловосприятий загрязненной и чистой поверхности;																
отношение приращений энтальпии среды в загрязненной и чистой поверхности;																
отношение коэффициентов теплопередачи загрязненной и чистой поверхности; +																
отношение коэффициентов загрязнения загрязненной и чистой поверхности;																
Величина теплообменной поверхности трубчатого воздухоподогревателя:																
определяется по наружному диаметру труб;																
определяется по среднему диаметру труб; +																
определяется по внутреннему диаметру труб;																
не зависит от диаметра труб и толщины стенки.																
<p>Уметь: – выполнять тепловые расчеты топки и отдельных поверхностей нагрева котла.</p>	<p>1.1. Используя рекомендации нормативного метода [4], определите коэффициент теплоотдачи конвекцией в коридорном пароперегревателе из труб с наружным диаметром 32 мм. Скорость газов равна 6 м/с. Произведение всех поправок принять 0,94.</p> <p>2.2. Используя рекомендации нормативного метода [4], определите коэффициент теплоотдачи конвекцией в шахматном экономайзере из труб с наружным диаметром 32 мм. Скорость газов равна 8 м/с. Произведение всех поправок принять 0,96.</p> <p>3.3. Высота U-образных ширм 8,2 м, поперечный шаг между ними 0,52 м, число труб в ленте 22, продольный шаг <math>S_2=36</math> мм, зазор между лентами 100 мм. Определить толщину излучающего слоя.</p> <p>4.4. Рассчитайте теплоту, вносимую в топку с воздухом. В газоплотной топке с ТШУ сжигается топливо № 23, пылесистемы котла работают под давлением, температура горячего воздуха 350 градусов Цельсия.</p> <p>5.5. Площадь поверхности нагрева ширм равна 250 м<sup>2</sup>, потолка в области ширм – 18 м<sup>2</sup>, испарительных экранов в области ширм – 20 м<sup>2</sup>. Лучистая теплота из топки, воспринятая в газоходе ширм, равна 150 ккал/(кг топлива). Сколько из них воспринимают</p>															

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 80% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 60% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 40% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Неудовлетворительно» если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно».

**КМ-9. КМ-5Выполнение РГР, защита лабораторных работ № 2 и № 3**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Интервью

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 32

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** У студента проверяются расчетное задание и отчеты по лабораторным работам. Затем происходит устный опрос.

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на предложенные вопросы.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: – конструкцию топки и отдельных поверхностей нагрева;</p>	<p>1.1. В каких случаях применяются двухступенчатые трубчатые воздухоподогреватели? 2.2. Классифицируйте ТВП котла № 2 ТЭЦ МЭИ.</p>
<p>Уметь: – определять КПД действующего котла, сжигающего газ.</p>	<p>1.5. В лабораторной работе у Вас получилось определенное значение КПД котла на фиксированной нагрузке. Предположим, что при снижении нагрузки потеря с уходящими газами уменьшилась на 0,3 %, потеря от наружного охлаждения выросла на 0,1 %, а потеря с химическим недожогом стала 0,8 %. Какой будет КПД котла?</p>

<p>Уметь: – разбираться по чертежам и 3-D моделям в конструкции котла;</p>	<p>1.1. Используя чертеж общего вида котла № 2 ТЭЦ МЭИ, покажите, как движется в котле пар.  2.2. Используя чертеж общего вида котла № 2 ТЭЦ МЭИ, покажите, как движется в котле воздух.  3.3. Используя чертеж общего вида котла № 2 ТЭЦ МЭИ, покажите, как движется в котле вода.  4.4. Используя чертеж общего вида котла № 2 ТЭЦ МЭИ, покажите, как движется в котле дымовые газы.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно ответившему на 80 % предложенных вопросов.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно ответившему на 60 % вопросов, или ответившему на 80 % вопросов, но не проявившему необходимой полноты ответов.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, правильно ответившему на 40 % вопросов, или ответившему на 60 % вопросов, но не проявившему необходимой полноты ответов.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «Неудовлетворительно» выставляется, если не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно».

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

МЭИ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1		«Утверждаю»
	Кафедра МнПЭУ		
	Дисциплина: ПАРОВЫЕ КОТЛЫ Институт ЭиМ, гр С-1,2		Заведующий каф. МнПЭУ
1.	Тепловая мощность котла.		
2.	Котлы с естественной циркуляцией: особенности, преимущества и недостатки, область применения.		
3.	Задача № 1.		
Экзаменатор:		 / В.М. Супранов /	Раздаточный материал.

### Задача № 1

Котел Е-220-9,8-540АЖ работает с КПД  $\eta_{\text{кп}}=89,929\%$ . Определите расчетный расход топлива  $B_p$ , кг/ч.

## Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 90 минут.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-1 Выполняет расчеты элементов объектов профессиональной деятельности

## Вопросы, задания

Перечень теоретических вопросов к экзаменам по курсу «Паровые котлы» на освоение ИД-3ПК-1 (часть 1-я)

1. Тепловая мощность котла.
2. Располагаемая теплота топлива. Уравнение теплового баланса котла.
3. Определение тепловых потерь  $q_2 - q_6$ , расчет КПД котла и расхода топлива.

1.

## 2. Компетенция/Индикатор: ИД-4ПК-1 Демонстрирует знание конструкции и принципа работы объектов профессиональной деятельности

### Вопросы, задания

#### Перечень теоретических вопросов к экзаменам по курсу «Паровые котлы» на освоение ИД-4ПК-1 (часть 1-я)

1. Определение понятий «котел» и «котельная установка». Назначение пароохладителей. Устройство впрыскивающего пароохладителя и конденсационной установки.
2. Схема котельной установки. Тракт сырого топлива и газовый тракт.
3. Схема котельной установки. Воздушный тракт, пароводяной тракт.
4. Классификация котлов по различным признакам.
5. Идентификация котлов по ГОСТ 3619-89. Примеры обозначений котлов.
6. Котлы с естественной циркуляцией: особенности, преимущества и недостатки, область применения.
7. Котлы с принудительной циркуляцией: особенности, преимущества и недостатки, область применения.
8. Прямоточные котлы: особенности, преимущества и недостатки, область применения.
9. Требования к топкам котлов. Основные направления классификации топок.
10. Назначение топок и требования к ним. Классификация топок по виду топлива, по способу сжигания.
11. Назначение топок и требования к ним. Классификация топок по способу шлакоудаления.
12. Назначение топок и требования к ним. Классификация топок по способу компоновки горелок.
13. Назначение топок и требования к ним. Классификация топок по конфигурации топочного объема.
14. Физический смысл тепловых потерь  $q_2 - q_6$  и их зависимость от нагрузки котла  $D$  и коэффициента избытка воздуха на выходе из топки  $\alpha_r$ .

1.

#### Задачи к экзаменам по курсу «Паровые котлы» на освоение ИД-4ПК-1 (часть 1-я)

##### Задача № 1

Котел Е-220-9,8-540АЖ работает с КПД  $\eta_{ка} = 89,929$  %. Определите расчетный расход топлива  $V_p$ , кг/ч.

##### Задача № 2

Котел Е-100-6,9-510КЖ с открытой топкой и двухступенчатым ТВП сжигает уголь марки Т. Известно, что  $q_2 = 5,435$  %,  $q_6 = 0,289$  %. Определить низшую теплоту сгорания топлива на рабочую массу  $Q_p$ , ккал/кг.

##### Задача № 3

Для топлива № 29 ( табл. I, [4]) рассчитайте объемы и объемные доли газов для коэффициента избытка воздуха 1,2.

##### Задача № 4

Для топлива № 23 ( табл. I, [4]) рассчитайте энтальпии дымовых газов при коэффициенте избытка воздуха 1,33 для температур 100 и 200 градусов Цельсия. Котел с твердым шлакоудалением.

##### Задача № 5

Котел Е-320-13,8-560КТ работает с КПД  $\eta_{ка} = 91,523$  %. Определите расчетный расход топлива  $V_p$ , кг/ч, если известно, что сжигается топливо № 29 ( табл. I, [4]).

2.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что такое паровой котел?

Ответы:

-

Верный ответ: Паровой котел – это комплекс устройств, предназначенный для выработки пара заданных параметров за счет теплоты сжигаемого топлива.

2. Какие типы паровых котлов предусмотрены ГОСТ?

Ответы:

-

Верный ответ: Е – с естественной циркуляцией, Еп – с естественной циркуляцией и промперегревом, Прп – с принудительной циркуляцией и промперегревом, Пп – прямоточные с промперегревом, Кп – с комбинированной циркуляцией и промперегревом.

3. Расшифруйте обозначение Еп-670-13,8-545АЖ (ТП-100А).

Ответы:

-  
Верный ответ: Котел с естественной циркуляцией и промперегревом паропроизводительностью 760 т/ч, с абсолютным давлением острого пара 13,8 Мпа, с температурой перегрева по обеим трактам 545 градусов Цельсия для сжигания антрацита в топке с жидким шлакоудалением. (Заводская маркировка ТП-100А).

4.Какая тепловая потеря обычно самая большая для котлов с факельным сжиганием топлива?

Ответы:

-  
Верный ответ: Для таких котлов самая большая – это потеря с уходящими газами.

5.Как определить на действующем котле, есть ли химический недожог?

Ответы:

-  
Верный ответ: Нужно при помощи газоанализатора изучить состав уходящих газов. Если в них имеются продукты неполного горения (например, СО), то есть.

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

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

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

## 8 семестр

### Форма промежуточной аттестации: Экзамен

#### Пример билета

МЭИ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1	«Утверждаю»
	Кафедра МнПЭУ Дисциплина: ПАРОВЫЕ КОТЛЫ Институт ЭиМ, гр С-1,2	 Заведующий каф. МнПЭУ
1.	Определение площади поверхности нагрева, проходных сечений и др. геометрических характеристик для расчета ширм.	
2.	Конструкции трубчатых воздухоподогревателей (ТВП).	
3.	Задача № 1.	
Экзаменатор:	 / В.М. Сутранов /	Раздаточный материал:

#### Задача № 1

Котел Е-160-9,8-540КТ сжигает в факеле топливо № 94 (табл. I), которое размалывается в молотковых мельницах. Площадь поверхности стен топки  $F_{ст}=647 \text{ м}^2$ ; из них площадь горелок составляет  $F_{гор}=4,2 \text{ м}^2$ , площадь выходного окна топки –  $F_{ок}=52,5 \text{ м}^2$ . Объем топки  $V_t=893 \text{ м}^3$ . Экраны топки мембранные. Определить степень черноты топки (температуру на выходе из топки принять равной  $\vartheta_t^* = 1050 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

#### Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 90 минут.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-1 Выполняет расчеты элементов объектов профессиональной деятельности

#### Вопросы, задания

Перечень теоретических вопросов к экзаменам по курсу «Паровые котлы» на освоение ИД-3ПК-1 (часть 2-я)

1. Геометрические характеристики топок.
2. Понятие о поверочном и конструкторском расчете топки. Исходные данные для поверочного расчета.
3. Методика поверочного теплового расчета топки.
4. Исходные данные для поверочного теплового расчета ширм и цель расчета.
5. Определение площади поверхности нагрева, проходных сечений и др. геометрических характеристик для расчета ширм.
6. Методика поверочного теплового расчета ширм.
7. Основные конструктивные и геометрические характеристики, необходимые для проведения теплового расчета конвективных гладкотрубных змеевиковых поверхностей нагрева, и их определение.
8. Поверочный тепловой расчет конвективных гладкотрубных поверхностей нагрева.
9. Каким образом формулы для расчета коэффициента теплопередачи  $k$ , приведенные в нормативном методе теплового расчета, вытекают из классической формулы для определения  $k$ ?
10. Определение площади поверхности нагрева ТВП, проходных сечений для газов и воздуха.
11. Поверочный тепловой расчет ступени ТВП.

Задачи к экзаменам по курсу  
«Паровые котлы» на освоение ИД-3вс.1 (часть 2-я)

Задача № 1

Котел Е-160-9,8-540КТ сжигает в факеле топливо № 94 (табл. 1), которое размалывается в молотковых мельницах. Площадь поверхности стен топки  $F_{\text{т}}=647 \text{ м}^2$ ; из них площадь горелок составляет  $F_{\text{гор}}=4,2 \text{ м}^2$ , площадь выходного окна топки –  $F_{\text{ок}}=52,5 \text{ м}^2$ . Объем топки  $V_{\text{т}}=893 \text{ м}^3$ . Экраны топки мембранные. Определить степень черноты топки (температуру на выходе из топки принять равной  $\vartheta_{\text{в}}=1050 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Задача № 2

Коридорная ступень пароперегревателя из труб  $\varnothing 32 \text{ мм}$  содержит 66 труб в ряду,  $z_{\text{тр}}=8$ . Шаги труб в пучке  $S_1=160 \text{ мм}$ ,  $S_2=64 \text{ мм}$ , размер газохода вдоль трубы 5,79 м. Расход газов при НУ  $G=99 \text{ нм}^3/\text{с}$ , средняя температура газов  $\vartheta=720^\circ\text{C}$ ,  $r_{\text{газ}}=0,14$ , коэффициент теплоотдачи от газов излучением  $20 \text{ ккал}/(\text{ч}\cdot\text{м}^2\cdot^\circ\text{C})$ . Определить коэффициент теплоотдачи от газов  $\alpha_1$ .

Задача № 3

Расход продуктов сгорания в ступени шахматного гладкотрубного экономайзера  $G_1=57 \text{ нм}^3/\text{с}$ , их средняя температура  $\vartheta_{\text{ср}}=650^\circ\text{C}$ ,  $r_{\text{газ}}=0,1$ , степень черноты запыленного газового потока  $a=0,12$ . В ступени 16 рядов труб  $\varnothing 32 \text{ мм}$ , скомпонованных с шагами  $S_1=96 \text{ мм}$  и  $S_2=50 \text{ мм}$ .

Площадь для прохода газов  $F_1=24 \text{ м}^2$ , средняя температура воды  $t_{\text{в}}=280^\circ\text{C}$ , коэффициент загрязнения труб  $c=0,004 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot^\circ\text{C}/\text{ккал}$ . Определить коэффициент теплопередачи  $k$ .

Задача № 4

На котле установлено 16 ширм, пар проходит через все ширмы параллельно, одним потоком. Ширина ленты 540 мм. Она состоит из труб  $\varnothing 32\times 5 \text{ мм}$ , шаг между трубами в ленте 36 мм, массовая скорость пара  $886 \text{ кг}/(\text{м}^2\cdot\text{с})$ . Энтальпия пара на выходе из ширм 778,8 ккал/кг, давление в барабане котла  $154 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . За ширмами расположен второй впрыск  $D_{\text{впрыск}}=6,4 \text{ т/ч}$ . Определить энтальпию пара за впрыском.

Задача № 5

Расход пара через ширмы 407,4 т/ч, а  $B_p=66,768 \text{ т/ч}$ . Известно, что поверхность нагрева ширм 908 м<sup>2</sup>, лучистое тепловосприятие ширм из топки  $Q_{\text{л}}=88 \text{ ккал}/\text{кг}$ , а  $\Delta t_{\text{л}}=84 \text{ ккал}/\text{кг}$ . Средняя температура газов в ширмах  $1162^\circ\text{C}$ , а средняя температура пара  $404^\circ\text{C}$ . Определить коэффициент теплопередачи  $k$ .

2.

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что такое поверхность стен топки?

Ответы:

-

Верный ответ: Поверхность стен топки – это поверхность, ограничивающая топочный объем.

2. Что такое коэффициент тепловой эффективности стен топки?

Ответы:

-

Верный ответ: Это отношение количества теплоты, воспринятой стенами топки, к падающему на них количеству теплоты.

3. Назовите три способа получения теплоты полурadiационными ширмами.

Ответы:

-

Верный ответ: Излучением из топки, излучением от протекающих между ширмами газов, конвекцией от протекающих между ширмами газов.

4. Почему ступени пароперегревателя в соединительном газоходе пылеугольных котлов выполняются с коридорной компоновкой трубного пучка?

Ответы:

-

Верный ответ: В соединительном газоходе уровень температуры газов еще очень высок, а коридорные пучки меньше шлакуются и загрязняются.

5. Какой тип оребренных поверхностей нагрева чаще всего используется?

Ответы:

-

Верный ответ: В газовых котлах и котлах утилизаторов в области температур газов ниже  $450^\circ\text{C}$  Цельсия часто используется поперечное спирально-ленточное оребрение.

6. Назовите основную причину, по которой используется подогрев воздуха в современных паровых котлах.

Ответы:

-

Верный ответ: Подогрев воздуха в воздухоподогревателе позволяет снизить потери с уходящими газами и повысить КПД котла.

## 2. Компетенция/Индикатор: ИД-4ПК-1 Демонстрирует знание конструкции и принципа работы объектов профессиональной деятельности

### Вопросы, задания

Перечень теоретических вопросов к экзаменам по курсу  
«Паровые котлы» на освоение ИД-4ПК-1 (часть 2-я)

1. Общие требования к поверхностям нагрева котлов.
2. Радиационные поверхности нагрева барабанных котлов.
3. Радиационные поверхности нагрева прямоточных котлов.
4. Пояса жесткости экранов топки, двусветные экраны.
5. Конструкции полурadiационных ширм.
6. Схемы включения ширм по газам и по пару.
7. Надежность работы металла труб ширм. Ограничения по массовой скорости пара.
8. Конструкции конвективных пароперегревателей.
9. Схемы включения пароперегревателей по газам и пару.
10. Ограничения по скорости газов и массовой скорости пара (в конвективных ступенях).
11. Конструкции экономайзеров.
12. Ограничения по состоянию среды на выходе из экономайзеров.
13. Ограничения по скорости газов и массовой скорости среды (в экономайзерах).
14. Другие конвективные поверхности нагрева (кроме КП и ЭК), работающие под давлением.
15. Конструкции трубчатых воздухоподогревателей (ТВП).
16. Ограничения по скоростям газов и воздуха (в ТВП).
17. Низкотемпературная коррозия и основные способы борьбы с ней.
18. Конструкция регенеративного воздухоподогревателя (РВП).
19. Уплотнения РВП.
20. Набивка РВП и защита от низкотемпературной коррозии.
21. Преимущества и недостатки ТВП и РВП.

1.

### II. Описание шкалы оценивания

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

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

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 8 семестр.