

**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: Энергообеспечение предприятий. Высокотемпературные процессы и установки**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Попов С.К.
	Идентификатор	R7e4207b7-RopovSK-0280b823

(подпись)

С.К. Попов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Строгонов К.В.
	Идентификатор	Rad748820-StrogonovKV-3f34a28f

(подпись)

К.В.  
Строгонов

(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-2 способен участвовать в разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

ИД-1 Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

ИД-2 Принимает участие в разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

2. ПК-3 способен участвовать в обеспечении экологической безопасности систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий и разработке экозащитных мероприятий

ИД-1 Демонстрирует знание нормативов по обеспечению экологической безопасности систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

3. ПК-4 способен участвовать в эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

ИД-1 Соблюдает правила технологической, производственной и трудовой дисциплины при эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

4. ПК-5 Способен участвовать в организации технического и материального обеспечения эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

ИД-1 Принимает участие в организации технического и материального обеспечения эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Основные понятия теплопередачи, теории горения» (контроль остаточных знаний в начале изучения дисциплины). Контрольное мероприятие 1 (КМ-1) (Контрольная работа)

2. Контрольная работа «Расчет тепловых схем». Контрольное мероприятие 4 (КМ-4) (Контрольная работа)

3. Контрольная работа «Физический и вычислительный эксперимент на камерной печи». Контрольное мероприятие 3 (КМ-3) (Контрольная работа)

4. Контрольная работа «Физический и вычислительный эксперимент на прямоточной печи». Контрольное мероприятие 5 (КМ-5) (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Текущий контроль выполнения расчетных заданий (выполнение первого раздела).  
Контрольное мероприятие 2 (КМ-2) (Реферат)

### БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	3	9	11	13	15
Классификация процессов и установок. Материальные балансы процессов						
Термины и определения. Классификация высокотемпературных теплотехнологических процессов (ВТП) и установок (ВТУ). Структурная модель ВТУ	+					
Материальные балансы ВТП	+					
Тепловые балансы установок. Внешний теплообмен						
Тепловые балансы ВТУ			+		+	
Внешний теплообмен в теплотехнологическом реакторе (ТТР)			+			
Внутренний теплообмен. Организация топочного процесса						
Внутренний теплообмен в ТТР. Нагрев и плавление термически тонких тел, термомассивных тел				+		
Задачи организации топочного процесса в ТТР, обусловленные спецификой ВТП				+		
Термохимическая переработка топлива. Энергосбережение в высокотемпературной технологии						
Целенаправленная подготовка топлива как средство совершенствования энергетики теплотехнологических процессов. Процессы и установки крекинга и конверсии природного газа. Процессы и установки коксования и газификации твердого топлива.					+	+
Энергосбережение в высокотемпературной теплотехнологии: актуальность, направления реализации. Классификация, содержание и характеристики энергосберегающих мероприятий.					+	+
Вес КМ:		10	20	20	25	25

\$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-2	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	Знать: <input type="checkbox"/> основные источники научно-технической информации по материалам в области энерго- и ресурсосбережения Уметь: <input type="checkbox"/> составлять и анализировать материальные балансы теплотехнологических процессов, тепловые и энергетические балансы теплотехнологических установок и их элементов.	Контрольная работа «Основные понятия теплопередачи, теории горения» (контроль остаточных знаний в начале изучения дисциплины). Контрольное мероприятие 1 (КМ-1) (Контрольная работа) Текущий контроль выполнения расчетных заданий (выполнение первого раздела). Контрольное мероприятие 2 (КМ-2) (Реферат)
ПК-2	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Принимает участие в разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	Знать: <input type="checkbox"/> законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам Уметь:	Контрольная работа «Основные понятия теплопередачи, теории горения» (контроль остаточных знаний в начале изучения дисциплины). Контрольное мероприятие 1 (КМ-1) (Контрольная работа) Контрольная работа «Расчет тепловых схем». Контрольное мероприятие 4 (КМ-4) (Контрольная работа)

		<input type="checkbox"/> рассчитывать и анализировать процессы теплопереноса в элементах теплотехнологических установок	
ПК-3	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Демонстрирует знание нормативов по обеспечению экологической безопасности систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	Знать: <input type="checkbox"/> классификацию и области применения топливно-энергетических ресурсов, правовые, технические, экономические, экологические основы энергосбережения (ресурсосбережения) Уметь: <input type="checkbox"/> оценивать потенциал энерго- и ресурсосбережения на объекте деятельности за счет проведения ресурсосберегающих мероприятий	Контрольная работа «Физический и вычислительный эксперимент на камерной печи». Контрольное мероприятие 3 (КМ-3) (Контрольная работа) Контрольная работа «Физический и вычислительный эксперимент на прямоточной печи». Контрольное мероприятие 5 (КМ-5) (Контрольная работа)
ПК-4	ИД-1 <sub>ПК-4</sub> Соблюдает правила технологической, производственной и трудовой дисциплины при эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных	Знать: <input type="checkbox"/> основные балансовые соотношения для анализа энергопотребления, основные критерии энергосбережения, типовые энергосберегающие мероприятия в энергетике	Контрольная работа «Физический и вычислительный эксперимент на камерной печи». Контрольное мероприятие 3 (КМ-3) (Контрольная работа) Контрольная работа «Физический и вычислительный эксперимент на прямоточной печи». Контрольное мероприятие 5 (КМ-5) (Контрольная работа)

	предприятий	и промышленности Уметь: <input type="checkbox"/> оценивать эффективность эксплуатации топливопотребляющих установок на основе результатов энергоаудита	
ПК-5	ИД-1 <sub>ПК-5</sub> Принимает участие в организации технического и материального обеспечения эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	Знать: <input type="checkbox"/> основы безопасной и экологически эффективной эксплуатации топливопотребляющих установок Уметь: <input type="checkbox"/> оценивать экологическую, энергетическую и экономическую эффективность оборудования, технологических установок, производств	Контрольная работа «Физический и вычислительный эксперимент на камерной печи». Контрольное мероприятие 3 (КМ-3) (Контрольная работа) Контрольная работа «Расчет тепловых схем». Контрольное мероприятие 4 (КМ-4) (Контрольная работа)

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

### КМ-1. Контрольная работа «Основные понятия теплопередачи, теории горения» (контроль остаточных знаний в начале изучения дисциплины). Контрольное мероприятие 1 (КМ-1)

**Формы реализации:** Письменная работа

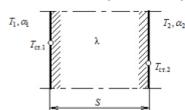
**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент получает четыре задачи и выполняет их письменно согласно номеру (варианту) индивидуального задания.

#### Краткое содержание задания:

**Задача I. Стационарная теплопередача через плоскую стенку**



Дано:  $S, \lambda, T_{ст,1}, \alpha_1, T_{ст,2}, \alpha_2$ .

Задание: написать формулы для расчета

- плотности теплового потока через стенку;
- температуры  $T_{ст,1}$ ;
- температуры  $T_{ст,2}$ .

**Задача II. Нестационарная теплопроводность в плоской плите**

Дано:

- начальное температурное поле – изотермическое:  $T(x,0) = T_0$ ;
- граничное условие на левой поверхности ( $x = 0$ ):  $q(0,t) = 0$ ;
- граничное условие на правой поверхности ( $x = S$ ):

- $T_{ст} = \text{const}, T_{ст} > T_0$ ;
- $q = \text{const}, q > 0$ ;
- $\alpha = \text{const}, T_{ст} = \text{const}, T_{ст} > T_0$ .

Задание: нарисовать графики температурных полей в плите для моментов времени:

- $\tau_1 > 0$ ;
- $\tau_2 > \tau_1$ ;
- $\tau \rightarrow \infty$ .

**Задача III. Котельные установки**

- Основные теплообменные элементы котла.
- Предназначение зажимного пояса.
- Для чего служит барабан в котле.

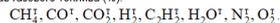
**Задача IV. Сжигание топлива**

- Перечислить компоненты продуктов полного горения топливно-воздушной смеси.
- Перечислить компоненты продуктов неполного горения топливно-воздушной смеси.

3. Дан состав твердого топлива:  $C^r, H^r, O^r, N^r, S^r, A^r, W^r$ .

Указать, какие его компоненты составляют: а) горючую массу; б) балласт.

4. Дан состав газового топлива (%):



Указать, какие его компоненты являются: а) горючими; б) балластом.

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: <input type="checkbox"/> основные источники научно-технической информации по материалам в области энерго- и ресурсосбережения</p>	<p>1.Что такое экономайзер кипящего типа (в составе котла)?</p>
<p>Знать: <input type="checkbox"/> законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам</p>	<p>1.Назовите виды граничных условий в процессах теплопередачи</p>

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

*Описание характеристики выполнения знания:* Выполнено не менее 90 % задания. Формулы записаны верно, графики построены правильно. Ответы на вопросы и комментарии к графикам правильные, полные.

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 80

*Описание характеристики выполнения знания:* Выполнено не менее 80 % задания. Формулы записаны верно, в графиках допущены неточности. Ответы на вопросы и комментарии к графикам в основном правильные, но полно-та недостаточная.

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Выполнено не менее 70 % задания. В написании формул и в построении графиков допущены ошибки. Ответы на вопросы и комментарии к графикам недостаточные, вместе с тем в процессе обсуждения работы студент проявил минимально необходимый объем знаний.

## **КМ-2. Текущий контроль выполнения расчетных заданий (выполнение первого раздела). Контрольное мероприятие 2 (КМ-2)**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Реферат

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенческая группа разбивается на четыре бригады. Каждая бригада выполняет общее расчетное задание, состоящее из нескольких разделов. При этом студенты самостоятельно распределяют между собой функции по выполнению задания. Итог работы - общий (единый на бригаду) отчет о выполнении расчетного задания. В рамках данного контрольного мероприятия бригады представляют результаты выполнения первого раздела расчетного задания.

### **Краткое содержание задания:**

Темы расчетных заданий:

1. Расчет тепловой схемы стекловаренной установки с паровой конверсией природного газа
2. Расчет тепловой схемы нагревательной установки
3. Расчет тепловой схемы обжиговой печи периодического действия
4. Расчет тепловой схемы обжиговой туннельной печи непрерывного действия

### **Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: <input type="checkbox"/> составлять и анализировать материальные балансы теплотехнологических процессов, тепловые и энергетические балансы теплотехнологических установок и их элементов.	1. Нарисовать температурный график для материала, обрабатываемого в обжиговой туннельной печи.
--	--

### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Первый раздел расчетного задания в основном выполнен. Могут быть небольшие недоработки.

*Оценка:* не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Первый раздел расчетного задания выполнен менее чем наполовину.

### КМ-3. Контрольная работа «Физический и вычислительный эксперимент на камерной печи». Контрольное мероприятие 3 (КМ-3)

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент получает вариант контрольной работы (подготовлено 11 вариантов) и дает письменный ответ на вопросы.

#### Краткое содержание задания:

##### Примеры вариантов

Вариант 1

1. Объясните характер расчетных зависимостей показателей ВТПУ (длительность процесса нагрева, удельный расход топлива, КПД) от расхода топлива.
2. Как и с какой целью в эксперименте на огневом стенде измеряется расход воздуха на горелку?
3. Чем отличается план, содержание и результаты экспериментов с целью нахождения зависимости статей теплового баланса и других показателей ВТПУ от степени завершенности технологического процесса для ВТУ, в которой для сжигания топлива используется не воздух, а смесь воздуха с кислородом? Чистый кислород?

Вариант 2

1. Объясните характер расчетных зависимостей показателей ВТПУ (длительность процесса нагрева, удельный расход топлива, КПД) от толщины ограждения рабочего пространства печи.
2. Как и с какой целью в эксперименте на огневом стенде измеряется расход топлива?
3. Чем отличается план, содержание и результаты экспериментов с целью нахождения зависимости статей теплового баланса и других показателей ВТПУ от степени завершенности технологического процесса для ВТУ, в которой продукты горения выполняют две функции: источника теплоты и восстановительной среды для безкислородного нагрева металла?

Вариант 3

1. Объясните характер расчетных зависимостей показателей ВТПУ (длительность процесса нагрева, удельный расход топлива, КПД) от типа материала ограждения печи.
2. Как и с какой целью в эксперименте на огневом стенде измеряется температура печи?
3. Чем отличается план, содержание и результаты экспериментов с целью нахождения зависимости статей теплового баланса и других показателей ВТПУ от степени завершенности технологического процесса для ВТУ, в которой зона технологического процесса изолирована от зоны генерации теплоты, а процесс нагрева металла осуществляется в контролируемой атмосфере, получаемой от внешнего источника?

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: <input type="checkbox"/> классификацию и области применения топливно-энергетических ресурсов, правовые, технические, экономические, экологические основы энергосбережения (ресурсосбережения)</p>	<p>1. Какие физико-химические процессы происходят с металлом за период его нагрева в исследуемой печи?</p>
<p>Знать: <input type="checkbox"/> основные балансовые соотношения для анализа энергопотребления, основные критерии энергосбережения, типовые энергосберегающие мероприятия в энергетике и промышленности</p>	<p>1. Нарисовать тепловую схему нагревательной печи, в которой зона технологического процесса изолирована от зоны генерации теплоты, а процесс нагрева металла осуществляется в контролируемой атмосфере, получаемой от внешнего источника?</p>
<p>Знать: <input type="checkbox"/> основы безопасной и экологически эффективной эксплуатации топливопотребляющих установок</p>	<p>1. Почему в продуктах горения топлива в исследуемой камерной печи есть CO, хотя коэффициент расхода воздуха больше единицы?</p>

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Выполнено не менее 90 % задания. Даны правильные ответы даны на все вопросы, содержание ответов исчерпывающе полное, имеются мелкие недочеты.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Ответы на вопросы в основном правильные, но имеются неточности.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Выполнено не менее 70 % задания. Ответы на вопросы содержат ошибки. Вместе с тем выполненное задание позволяет обнаружить у студента минимально необходимый объем знаний.

**КМ-4. Контрольная работа «Расчет тепловых схем». Контрольное мероприятие 4 (КМ-4)**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент получает задание и письменно его выполняет.

**Краткое содержание задания:**

Пример одного из трех вариантов контрольной работы

1. Исходные данные  
Установка с подогревателем окислителя на отходящих газах топочного процесса

1. Удельный расход окислителя  $u_{ок} = 10,28 \text{ м}^3/\text{м}^3\text{т}$
  2. Удельная теплоемкость окислителя ( $t = 600$ )  $C_{ок600} = 1,38 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$   
 $C_{ок0} = 1,297 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$
  3. Температура окислителя, подаваемого в ТР  $t_{ок1} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $t_{ок2} = 600 \text{ }^\circ\text{C}$
  4. Удельный выход продуктов горения  $u_{пр} = 11,34 \text{ м}^3/\text{м}^3\text{т}$
  5. Удельная теплоемкость продуктов горения ( $t = 1700$ )  $C_{пр1700} = 1,629 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$
  6. Температура продуктов горения на выходе из ТР  $t_{пр} = 1700 \text{ }^\circ\text{C}$
  7. Проводимость установки  $R = 10 \frac{\text{ч}}{\text{м}}$
  8. Наружная площадь теплообменника реактора  $F_{нар} = 146 \text{ м}^2$
  9. Удельное теплопоглощение в технологическом процессе  $Q_{тп} = 2181 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$
  10. Удельные потери теплоты в ОС теплопроводностью  $q_{ос} = 0,5 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$
  11. Теплота сгорания топлива  $Q_{ис} = 36590 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$
  12. Температуры остальных компонентов  $t = t_{пл} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$
  13. Число часов работы подогревателя воздуха в год  $n = 7500 \frac{\text{ч}}{\text{год}}$
- 2. Начертить схему ВТУ и определить**
- $B1 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$  - расход топлива на ВТУ без включения подогревателя воздуха .
- $B2 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$  - расход топлива на ВТУ без включения подогревателя воздуха .
- $\Delta B \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$  - экономия топлива за год
- $\eta_1\%$  ,  $\eta_2\%$  - КПД ВТУ при выключенном и работающем РПВ

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: <input type="checkbox"/> рассчитывать и анализировать процессы тепломассопереноса в элементах теплотехнологических установок	1.Нарисовать тепловую схему с параллельно включенными подогревателями окислителя и топлива на отходящих газах
Уметь: <input type="checkbox"/> оценивать	1.Нарисовать тепловую схему с последовательно

экологическую, энергетическую и экономическую эффективность оборудования, технологических установок, производств	включенными подогревателями окислителя и топлива на отходящих газах.
--	--

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Выполнено не менее 90 % задания. Тепловая схема построена правильно. Формулы записаны верно. Расчеты выполнены без ошибок.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Выполнено не менее 80 % задания. Тепловая схема построена правильно. Формулы записаны верно. В расчетах допущены неточности.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Выполнено не менее 70 % задания. Тепловая схема построена правильно. Однако в формулах и выполненных расчетах допущены ошибки. Вместе с тем в процессе обсуждения работы студент проявил минимально необходимый объем знаний.

### КМ-5. Контрольная работа «Физический и вычислительный эксперимент на прямоточной печи». Контрольное мероприятие 5 (КМ-5)

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студент получает вариант контрольной работы (подготовлено 11 вариантов) и дает письменный ответ на вопросы.

### Краткое содержание задания:

#### Примеры трех вариантов

Вариант 1

1. Объясните характер рассчитанной зависимости от коэффициента расхода окислителя теоретической температуры горения.
2. Как и с какой целью в эксперименте на огневом стенде измерялся расход топлива?
3. Чем отличается план, содержание и результаты экспериментов с целью определения оптимального коэффициента расхода окислителя для лабораторного огневого стенда и для ВТУ тепловая схема которой кроме ТР имеет котел-утилизатор?

Вариант 2

1. Объясните характер рассчитанной зависимости от коэффициента расхода окислителя суммы тепловых потерь:  $Q_{ог} + Q_{вн}$ .
2. Как и с какой целью в эксперименте на огневом стенде измерялась температура воды на выходе из калориметра?
3. Чем отличается план, содержание и результаты экспериментов с целью определения оптимального коэффициента расхода окислителя для лабораторного огневого стенда и для шахтной печи восстановительного обжига железорудных окатышей?

Вариант 3

1. Объясните характер рассчитанной зависимости от коэффициента расхода окислителя тепловых потерь в окружающую среду:  $Q_{ос}$ .
2. Как и с какой целью в эксперименте на огневом стенде измерялась температура воды при входе в калориметр?
3. Чем отличается план, содержание и результаты экспериментов с целью определения оптимального коэффициента расхода окислителя для лабораторного огневого стенда и для ВТУ окислительного обжига сульфидных материалов?

### Контрольные вопросы/задания:

Уметь:  оценивать потенциал

1. Нарисовать тепловую схему шахтной печи

энерго- и ресурсосбережения на объекте деятельности за счет проведения ресурсосберегающих мероприятий	восстановительного обжига железорудных окатышей.
Уметь: <input type="checkbox"/> оценивать эффективность эксплуатации топливопотребляющих установок на основе результатов энергоаудита	1. Рассчитать, во сколько раз снизится расход топлива, если ограждение рабочего пространства печи, работающей при оптимальном коэффициенте расхода воздуха, сделать нетеплопроводным.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения задания:* Выполнено не менее 90 % задания. Даны правильные ответы даны на все вопросы, содержание ответов исчерпывающе полное, имеются мелкие недочеты.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения задания:* Выполнено не менее 80 % задания. Ответы на вопросы в основном правильные, но имеются неточности.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения задания:* Выполнено не менее 70 % задания. Ответы на вопросы содержат ошибки. Вместе с тем выполненное задание позволяет обнаружить у студента минимально необходимый объем знаний.

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

М Э И	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1		Утверждаю: Зав. кафедрой
	Кафедра	ЭВТ	
	Дисциплина	Высокотемп. процессы и установки	
Институт	ИЭВТ		

1. Температурные режимы нагрева термически массивных тел в ТТР ВТУ.

2. Материальные балансы ВТП. Материальные расчеты идеальных ВТП.

3. Задача

Рассчитать удельные (отнесенные к 1 кг исходного материала) выходы газовых отходов неравновесного процесса обжига известняка:  $M_{CO_2}$  и  $M_{H_2O}$ . Состав известняка:  $CaCO_3=95\%$ ,  $MgCO_3=1\%$ ,  $H_2O=2\%$ , балласт = VAL = 2%. Химические реакции и степени их завершения:

1)  $CaCO_3 = CaO + CO_2$ ;  $\sigma_1 = 0,9$       2)  $MgCO_3 = MgO + CO_2$ ;  $\sigma_2 = 1$ .

## Процедура проведения

Устный экзамен, проводимый согласно требованиям учебного управления.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-2</sub> Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

### Вопросы, задания

- 1.1. Классификация высокотемпературных теплотехнологических установок (ВТУ) по общности теплотехнических и энергетических признаков.
- 2.3. Материальные балансы ВТП. Материальные расчеты идеальных, неравновесных и равновесных ВТП.
- 3.17. Внешнее энергетическое использование теплоты, отводимой из охлаждаемых элементов ТТР.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что такое регенерация (рекуперация) тепловых отходов ТТР?

Ответы:

Правило получения ответа - вспомнить, о чем идет речь.

Верный ответ: Способ энергосбережения в ВТУ, основанный на передаче части энергии теплового отхода, покидающего ТТР, регенерирующему теплоносителю, направляемому в ТТР.

2. Приведите классификацию энергосберегающих мероприятий для ВТУ.

Ответы:

Правило получения ответа - вспомнить, о чем идет речь.

Верный ответ: Назвать хотя бы направления энергосбережения в ВТУ: уменьшение тепловых отходов; регенерация (рекуперация) тепловых отходов; внешнее дополнительное использование тепловых отходов.

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ПК-2</sub> Принимает участие в разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

### Вопросы, задания

- 1.14. Тепловые схемы регенерации тепловых отходов.
- 2.7. Общая схема теплообмена в теплотехнологическом реакторе ВТУ: тепловые потоки; внешний и внутренний теплообмен; классификация режимов внешнего теплообмена.
- 3.6. Определение размеров теплотехнологического реактора, обеспечивающих заданную производительность ВТУ.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Поясните, что такое внешнее энергетическое и внешнее технологическое теплоиспользование в ВТУ?

Ответы:

Правило получения ответа - вспомнить, о чем идет речь. Можно привести иллюстрирующие примеры.

Верный ответ: Пример внешнего энергетического теплоиспользования в ВТУ - установка парового котла-утилизатора. Пример внешнего технологического теплоиспользования в ВТУ - направление потока газовых отходов в сушилку, используемую в смежной технологии.

2. Что такое термически тонкое тело (в процессах нагрева)? Каким критерием количественно определяется принадлежность нагреваемого тела к термически тонким?

Ответы:

Правило получения ответа - вспомнить, о чем идет речь.

Верный ответ: Тело, при нагреве которого внутреннее термическое сопротивление пренебрежимо мало по сравнению с внешним. Принадлежность нагреваемого тела к термически тонким количественно определяется посредством критерия (числа) Био.

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-3</sub> Демонстрирует знание нормативов по обеспечению экологической безопасности систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

### Вопросы, задания

- 1.2. Ступени высокотемпературных теплотехнологических процессов (ВТП). Физические и химические ВТП. Классификация ВТП: по общности температурного уровня; по общности суммарного теплового эффекта превращения исходных материалов в продукты; по роли топлива и продуктов горения.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какие виды теплообмена наружной поверхности ограждения теплотехнологического реактора (ТТР) с окружающей средой вы можете назвать?

Ответы:

Конвективный / Радиационный / Радиационно-конвективный

Верный ответ: Все варианты возможны.

2. Установка котла утилизатора на отходящих газах ВТУ – это пример внешнего или регенеративного теплоиспользования?

Ответы:

Внешнее теплоиспользование / Регенеративное теплоиспользование

Верный ответ: Внешнее теплоиспользование

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-4 Соблюдает правила технологической, производственной и трудовой дисциплины при эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

### Вопросы, задания

#### 1. Примеры заданий:

Рассчитать удельные выходы продуктов неравновесного процесса паровой конверсии газового топлива. Исходные данные: 1) состав топлива и окислителя:  $\text{CH}_4^{\text{I}} = 100\%$ ;  $\text{H}_2\text{O}^{\text{II}} = 100\%$ ; 2) удельный расход окислителя:  $V_{\text{ок}} = 2 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \text{ топ})$ ; 3) химические реакции и степени их завершения:



Искомые величины: удельные выходы  $V_{\text{CH}_4}$ ;  $V_{\text{CO}}$ ;  $V_{\text{H}_2}$ ;  $V_{\text{H}_2\text{O}}$ ;  $V_{\text{CO}_2}$ ,  $\text{м}^3/(\text{м}^3 \text{ топ})$ .

Рассчитать удельные тепловые потери от химического недожога  $Q_{\text{н}}$ ,  $\text{кДж}/(\text{кг т.п.})$ .

Видимый расход топлива  $b = 0,3 \text{ м}^3/(\text{кг т.п.})$ . Удельный выход сухих отходящих газов  $V_{\text{ог}}^{\text{сух}} = 5 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \text{ топлива})$ . Содержание CO и H<sub>2</sub> в сухих отходящих газах: CO = 4%, H<sub>2</sub> = 5%. Теплоты сгорания CO и H<sub>2</sub>:

$$Q_{\text{CO}} = 12623 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \text{ CO}), \quad Q_{\text{H}_2} = 10785 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \text{ H}_2).$$

#### 2.15. Регенеративные устройства.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. В чем состоит разница между тепловой схемой ВТУ и технологической схемой ВТУ?

Ответы:

Правило получения ответа - вспомнить, о чем идет речь.

Верный ответ: Изложить определения затронутых терминов.

2. В чем состоит разница между понятиями «теплотехнологический реактор» и «теплотехнологическая установка»?

Ответы:

Правило получения ответа - вспомнить, о чем идет речь.

Верный ответ: Изложить определения затронутых терминов.

**5. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-5 Принимает участие в организации технического и материального обеспечения эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

### Вопросы, задания

1.8. Внешний теплообмен в ТТР с нефилтруемым слоем технологического материала: аэромеханические условия в ТТР; простейшая модель радиационного теплообмена.

2.5. Зональные тепловые балансы. Тепловой баланс автономного подогревателя компонентов горения. Тепловые балансы ВТУ. Суммарный и приведенный удельные расходы топлива.

3.4. Тепловой баланс теплотехнологического реактора (ТТР): структура; размерность; видимый расход топлива; определение статей теплового баланса.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какие размерности используются при составлении уравнений тепловых балансов высокотемпературных теплотехнологических установок (ВТУ)?

Ответы:

$\text{кВт}$  /  $\text{кДж}/(\text{кг исходного материал})$  /  $\text{кДж}/(\text{кг технологического продукта})$

Верный ответ: Все варианты - правильные

2. В чем состоит разница между газовыми отходами топочного процесса и газовыми отходами технологического процесса?

Ответы:

Правило получения ответа - вспомнить, о чем идет речь.

Верный ответ: Изложить определения затронутых терминов.

3. Какие функции могут выполнять в теплотехнологическом реакторе продукты горения топлива?

Ответы:

Источник теплоты / Источник теплоты и окислитель / Источник теплоты и восстановитель

Верный ответ: Все варианты - правильные

## ***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: 80*

*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: 70*

*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.

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

Итоговая оценка по курсу выставляется согласно Положению о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.