

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Энергообеспечение предприятий. Высокотемпературные процессы и установки

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕОРИЯ ИНТЕНСИВНОГО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.12.02.01</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>2 семестр - 6;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>216 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>2 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>2 семестр - 48 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>2 семестр - 18 часов;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2 семестр - 113,2 часов;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>2 семестр - 31,7 часа;</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>2 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Проблемная лекция</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>2 семестр - 0,5 часа;</b>
<b>Защита курсовой работы</b>	<b>2 семестр - 0,3 часа;</b>
	<b>всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

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

С.К. Попов

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Писарев Д.С.
	Идентификатор	Radb74374-PisarevDS-0915d1cb

Д.С. Писарев

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н. Рогалев

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение методов создания энергоэффективных высокотемпературных процессов и установок на основе теории интенсивного энергосбережения, методов расчетного анализа их энергопотребления, выявления потенциала интенсивного энергосбережения, математического моделирования и исследования с целью определения способов реализации этого потенциала.

### Задачи дисциплины

- Формирование знаний о методических подходах к созданию энергоэффективных высокотемпературных процессов и установок;
- Овладение методами расчетного анализа показателей работы объектов высокотемпературной теплотехнологии;
- Приобретение навыков математического моделирования высокотемпературных процессов и установок;
- Изучение технических решений по энергосбережению и их программная реализация для объектов высокотемпературной теплотехнологии;
- Подготовка к разработке, анализу и осуществлению мероприятий по энерго- и ресурсосбережению в высокотемпературных процессах и установках.

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Способен к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	знать: - Законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам.  уметь: - Рассчитывать и анализировать процессы теплопереноса в элементах теплотехнологических установок.
ПК-3 Способен к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	ИД-2 <sub>ПК-3</sub> Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	знать: - Классификацию и области применения топливно-энергетических ресурсов, правовые, технические, экономические, экологические основы энергосбережения (ресурсосбережения).  уметь: - Оценивать потенциал энерго- и ресурсосбережения на объекте деятельности за счет проведения ресурсосберегающих мероприятий..

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

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Энергообеспечение предприятий. Высокотемпературные процессы и установки (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

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

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Теория интенсивного энергосбережения как средство создания эффективных процессов и установок	32	2	8	-	12	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Теория интенсивного энергосбережения как средство создания эффективных процессов и установок"</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Концепция интенсивного энергосбережения как методология создания энергоэффективных высокотемпературных процессов и установок и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. Получение задания на курсовой проект. Уточнение исходных</p>	
1.1	Теория интенсивного энергосбережения как методология создания энергоэффективных высокотемпературных процессов и установок	16		4	-	6	-	-	-	-	-	-	6		-
1.2	Разработка и исследование тепловых схем идеализированных теплотехнологических установок (ИГТУ). Определение потенциала интенсивного энергосбережения	16		4	-	6	-	-	-	-	-	-	6		-

													данных. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], п.1 [2], п.1 [3], п.1 [8], п.1
2	Исследование действующих установок	32	8	-	12	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: режимные параметры элементов тепловой схемы; характеристики энергопотребления, показатели энергоэффективности. <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Разработка и исследование тепловых схем идеализированных теплотехнологических установок (ИТТУ). Определение потенциала интенсивного энергосбережения и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Исследование действующих установок" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
2.1	Анализ результатов исследования высокотемпературных процессов и установок	16	4	-	6	-	-	-	-	-	6	-	
2.2	Исследование тепловых схем действующих теплотехнологических установок	16	4	-	6	-	-	-	-	-	6	-	

[1], п.3

														[4], п.1
3	Перспективные модели энергосберегающих установок. Исследование внешнего и сопряженного теплообмена	32	8	-	12	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Перспективные модели энергосберегающих установок. Исследование внешнего и сопряженного теплообмена" <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Перспективные модели энергосберегающих установок. Исследование внешнего и сопряженного теплообмена и подготовка к контрольной работе
3.1	Исследование перспективных моделей энергосберегающих ТТУ. Определение энергосберегающего эффекта	16	4	-	6	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Перспективные модели энергосберегающих установок. Исследование внешнего и сопряженного теплообмена" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
3.2	Внешний радиационный теплообмен в ТТР. Сопряженный теплообмен в ТТР	16	4	-	6	-	-	-	-	-	-	6	-	[1], п.1 [2], п.8 [5], п.1
4	Использование	32	8	-	12	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b>

	численных методов в исследованиях процессов и установок													Повторение материала по разделу "Исследование тепловых схем действующих теплотехнологических установок"
4.1	Численные методы расчета нестационарной теплопередачи в ТТУ	16	4	-	6	-	-	-	-	-	6	-	-	<b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: режимные параметры элементов тепловой схемы; характеристики энергопотребления, показатели энергоэффективности
4.2	Теплообмен и движение мелкодисперсных частиц в высокотемпературном потоке	16	4	-	6	-	-	-	-	-	6	-	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Исследование тепловых схем действующих теплотехнологических установок и подготовка к контрольной работе" <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Использование численных методов в исследованиях процессов и установок" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		[6], п.3.7 [7], п.1
	Курсовая работа (КР)	52.0	-	-	-	16	-	4	-	0.3	31.7	-		
	<b>Всего за семестр</b>	<b>216.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>79.7</b>	<b>33.5</b>		
	<b>Итого за семестр</b>	<b>216.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>48</b>	<b>18</b>		<b>4</b>		<b>0.8</b>	<b>113.2</b>			

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

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### *1. Теория интенсивного энергосбережения как средство создания эффективных процессов и установок*

1.1. Теория интенсивного энергосбережения как методология создания энергоэффективных высокотемпературных процессов и установок

Структура дисциплины. Основные положения методологии решения проблемы энергосбережения для теплотехнологических объектов. Термодинамически идеальный теплотехнологический объект. Система показателей энергопотребления и энергетической эффективности теплотехнологических установок (ТТУ). Задачи интенсивного энергосбережения. Алгоритмы решения задач интенсивного энергосбережения для действующих и создаваемых теплотехнологических объектов. Перспективная модель теплотехнологического объекта. Структурная модель теплотехнологического объекта..

1.2. Разработка и исследование тепловых схем идеализированных теплотехнологических установок (ИТТУ). Определение потенциала интенсивного энергосбережения

Классификация теплотехнологических процессов по температурному графику. Исходные данные для разработки и расчетного анализа тепловой схемы ИТТУ. Варианты тепловых схем ИТТУ в зависимости от температурного графика процесса. Разработка алгоритма расчета тепловой схемы ИТТУ. Расчет потенциала интенсивного энергосбережения..

#### *2. Исследование действующих установок*

2.1. Анализ результатов исследования высокотемпературных процессов и установок

Классификация методов исследования высокотемпературных процессов и установок. Теплотехнические обследования, промышленные и лабораторные эксперименты. Обработка результатов физического эксперимента. Аппроксимация экспериментальных и расчетных данных средствами среды Mathcad. Полный факторный эксперимент (ПФЭ) и градиентный метод в исследовании процессов и установок. Постановка задачи многофакторного исследования ТТУ при значительном количестве факторов..

2.2. Исследование тепловых схем действующих теплотехнологических установок

Расчет теплового баланса теплотехнологического реактора (ТТР). Коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности ограждения ТТР. Расчет теплопотерь через ограждение ТТР в окружающую среду средствами среды Mathcad. Расчет теплопотерь с транспортными средствами в окружающую среду (на примере туннельной печи). Использование числа единиц переноса в расчете тепловых схем..

#### *3. Перспективные модели энергосберегающих установок. Исследование внешнего и сопряженного теплообмена*

3.1. Исследование перспективных моделей энергосберегающих ТТУ. Определение энергосберегающего эффекта

Понятие перспективной модели ТТУ. Определение энергосберегающего эффекта при регенеративном и внешнем дополнительном теплоиспользовании. Термохимическая рекуперация в ТТУ на основе конверсии природного газа. Классификация способов термохимической рекуперации тепловых отходов ТТУ. Математическое описание, программная реализация..

3.2. Внешний радиационный теплообмен в ТТР. Сопряженный теплообмен в ТТР

Классический зональный метод расчета внешнего радиационного теплообмена в ТТР: математическое описание и программная реализация. Алгоритм расчета сопряженного теплообмена в ТТР. Программная реализация расчета внешнего радиационно-конвективного и сопряженного теплообмена на примере нагревательной печи..

#### 4. Использование численных методов в исследованиях процессов и установок

##### 4.1. Численные методы расчета нестационарной теплопередачи в ТТУ

Метод контрольного объема, учет граничных условий, чисто неявная схема расчета, метод прогонки (на примере нестационарной теплопередачи через плоскую стенку). Расчет количества теплоты, аккумулируемой кладкой..

##### 4.2. Теплообмен и движение мелкодисперсных частиц в высокотемпературном потоке

Концептуальная модель и математическое описание процесса. Программная реализация численного решения системы дифференциальных уравнений в среде Mathcad..

### 3.3. Темы практических занятий

1. Примеры процессов и установок с обработкой мелкодисперсного технологического материала (кипящий слой, взвешенный слой). Формирование системы уравнений, описывающих движение и теплообмен частиц в высокотемпературном газовом потоке. Особенности программной реализации численного решения системы дифференциальных уравнений в среде Mathcad.

Освоение программы расчета ТТР с падающим слоем частиц, движущимся навстречу восходящему потоку газов. Выполнение расчетного исследования.;

2. Особенности реализации циклических расчетов в среде Mathcad. Освоение программы расчета (методом контрольного объема по полностью неявной схеме) нестационарной теплопроводности через многослойную стенку. Выполнение расчетного исследования: изменение во времени количества теплоты, аккумулируемого стенкой; оценка времени перехода теплового состояния стенки в стационарное состояние.;

3. Радиационные потоки в рабочем пространстве ТТР. Учет конвективной составляющей внешнего теплообмена. Формирование системы уравнений для результирующих тепловых потоков в рамках классического зонального метода расчета внешнего теплообмена. Определение коэффициента теплового излучения газа, угловых коэффициентов излучения между поверхностными зонами.

Освоение программы расчета внешнего радиационно-конвективного и сопряженного теплообмена нагревательной печи. Выполнение расчетного исследования.;

4. Освоение программы расчета тепловой схемы ТТУ с термохимической рекуперацией теплоты газовых отходов на основе паровой конверсии природного газа. Исследование зависимости видимого удельного расхода топлива и энергосберегающего эффекта от режимных параметров ТТУ: температуры синтез-газа, удельного расхода пара.;

5. Расчет в среде Mathcad коэффициента суммарной (радиационной и свободно-конвективной) теплоотдачи на наружной поверхности ограждения ТТР. Расчет плотности теплового потока через ограждение ТТР в окружающую среду с использованием интегралов. Программная реализация расчета тепловой схемы ТТУ в среде Mathcad без использования и с использованием числа единиц переноса – NTU.;;

6. . Обработка результатов исследования ТТУ в среде Mathcad. Линейная и сплайн-интерполяция. Метод наименьших квадратов в среде Mathcad: встроенные функции или прямая реализация. Примеры: нормальная скорость распространения пламени; теплопроводность дисперсного материала; параметрическая идентификация математической модели туннельной печи; полный факторный эксперимент и

градиентный метод в задаче определения теплопроводности коксового остатка (продукта пиролиза шин); определение температурных параметров циклически-стационарного состояния компактного регенератора (регенеративной горелки).;

7. Разработка тепловой схемы ИТТУ согласно заданному температурному графику процесса. Составление уравнений теплового баланса элементов тепловой схемы ИТТУ с учетом условий идеализации установки. Разработка алгоритма и программная реализация расчета тепловой схемы ИТТУ в среде Mathcad. Определение теоретического минимума энергопотребления, потенциала интенсивного энергосбережения;

8. Идеализированные высокотемпературные теплотехнологические установки: технология формирования тепловых схем, построения температурных графиков, разработки математического описания. Разработка в среде Mathcad блоков, обеспечивающих расчет тепловых схем высокотемпературных теплотехнологических установок (ВТУ): блок расчета материального баланса процесса горения топлива; описание теплового потока с газовыми отходами как функции температуры.

### 3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

### 3.5 Консультации

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Теория интенсивного энергосбережения как средство создания эффективных процессов и установок"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Разработка и исследование тепловых схем идеализированных теплотехнологических установок (ИТТУ). Определение потенциала интенсивного энергосбережения".
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Анализ результатов исследования высокотемпературных процессов и установок".
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Исследование тепловых схем действующих теплотехнологических установок".

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теория интенсивного энергосбережения как средство создания эффективных процессов и установок"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Исследование действующих установок"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Перспективные модели энергосберегающих установок. Исследование внешнего и сопряженного теплообмена"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Использование численных методов в исследованиях процессов и установок"

### Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Теория интенсивного энергосбережения как методология создания энергоэффективных высокотемпературных процессов и установок".
2. Консультации проводятся по разделу "Разработка и исследование тепловых схем идеализированных теплотехнологических установок (ИТТУ). Определение потенциала интенсивного энергосбережения".
3. Консультации проводятся по разделу "Анализ результатов исследования высокотемпературных процессов и установок".
4. Консультации проводятся по разделу "Исследование тепловых схем действующих теплотехнологических установок".

### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Исследование действующих установок"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Перспективные модели энергосберегающих установок. Исследование внешнего и сопряженного теплообмена"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Использование численных методов в исследованиях процессов и установок"

## **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

### **2 Семестр**

Курсовая работа (КР)

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

Неделя	1 - 11	12 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	35	65	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	35	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Обзор технических решений по заданной тематике. Выбор направления разработки
2	Расчеты и расчетные исследования по выбранному направлению разработки

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

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
<b>Знать:</b>						
Законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам	ИД-1пк-3	+				Контрольная работа/КМ-1. Основные понятия о тепловой работе ВТУ
Классификацию и области применения топливно-энергетических ресурсов, правовые, технические, экономические, экологические основы энергосбережения (ресурсосбережения)	ИД-2пк-3		+			Контрольная работа/КМ-2. Исследование тепловой схемы идеализированной теплотехнологической установки
<b>Уметь:</b>						
Рассчитывать и анализировать процессы тепломассопереноса в элементах теплотехнологических установок	ИД-1пк-3			+		Контрольная работа/КМ-3. Аппроксимация результатов исследования теплотехнологической установки
Оценивать потенциал энерго- и ресурсосбережения на объекте деятельности за счет проведения ресурсосберегающих мероприятий.	ИД-2пк-3				+	Контрольная работа/КМ-4. Исследование тепловой схемы теплотехнологической установки Проблемная лекция/КМ-5. Доклад с презентацией курсового проекта на конференции

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

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

#### **2 семестр**

Форма реализации: Выступление (доклад)

1. КМ-5. Доклад с презентацией курсового проекта на конференции (Проблемная лекция)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-2. Исследование тепловой схемы идеализированной теплотехнологической установки (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1. Основные понятия о тепловой работе ВТУ (Контрольная работа)
2. КМ-3. Аппроксимация результатов исследования теплотехнологической установки (Контрольная работа)
3. КМ-4. Исследование тепловой схемы теплотехнологической установки (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

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

#### Экзамен (Семестр №2)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ». В приложение к диплому выносятся оценка за семестр и за курсовой проект.

#### Курсовая работа (КР) (Семестр №2)

Оценка за семестр определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой составляющей и оценки за защиту. В приложение к диплому выносятся оценка за семестр и за курсовой проект.

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

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

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

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

1. Попов, С. К. Методы разработки и исследования высокотемпературных процессов и установок : учебное пособие по курсу "Методы создания и исследования

высокотемпературных процессов и установок" для студентов, обучающихся по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / С. К. Попов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – Москва : Изд-во МЭИ, 2021. – 76 с. – ISBN 978-5-7046-2409-7.

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=11489>;

2. Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки : Учебник для вузов по специальности "Промышленная теплоэнергетика" / Ред. А. Д. Ключников. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 336 с.;

3. Попов, С. К. Разработка и расчет тепловых схем термодинамически идеальных установок. Теория и алгоритмы : учебное пособие по курсам "Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки" и "Основы теории интенсивного энергосбережения" для студентов обучающихся по направлению "Теплоэнергетика" / С. К. Попов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ). – М. : Изд-во МЭИ, 2005. – 60 с. – ISBN 5-7046-1218-0. <http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=3260>;

4. Попов, С. К. Анализ тепловых схем теплотехнологических установок. Сборник расчетных заданий : учебно-методическое пособие по дисциплине "Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / С. К. Попов, П. А. Стогов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Изд-во МЭИ, 2016. – 68 с.

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=8719>;

5. Попов, С. К. Теплотехнические расчеты промышленных процессов и установок : учебное пособие по курсам "Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки", "Основы теплотехнологии энергоемких производств" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / С. К. Попов, П. А. Стогов, А. А. Валинеева, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ"). – Москва : Изд-во МЭИ, 2020. – 152 с. – ISBN 978-5-7046-2244-4.

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=11170>;

6. Ключников, А. Д. Теплообмен и тепловые режимы в промышленных печах : учебное пособие для теплоэнергетических и теплотехнических специальностей вузов / А. Д. Ключников, В. Н. Кузьмин, С. К. Попов. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 175 с. – ISBN 5-283-00142-3.;

7. Попов, С. К. Решение задач высокотемпературной теплотехнологии в среде MathCAD : учебное пособие по курсам "Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки", "Источники энергии теплотехнологии" по направлению "Теплоэнергетика" / С. К. Попов, В. А. Ипполитов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ). – М. : Издательский дом МЭИ, 2009. – 96 с. – ISBN 978-5-383-00411-1.

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=778>;

8. Данилов О. Л., Горяев А. Б., Яковлев И. В., Клименко А. В.- "Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2010 - (424 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72344](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72344).

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

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)

3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ш-206, Лекционная аудитория	стол преподавателя, стол компьютерный, вешалка для одежды, тумба, мультимедийный проектор, указка лазерная, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, инструменты для практических занятий
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ш-205, Компьютерный класс	стол преподавателя, стол компьютерный, тумба, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, наборы демонстрационного оборудования, инструменты для практических занятий
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ш-205, Компьютерный класс	стол преподавателя, стол компьютерный, тумба, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, наборы демонстрационного оборудования, инструменты для практических занятий
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ш-206, Лекционная аудитория	стол преподавателя, стол компьютерный, вешалка для одежды, тумба, мультимедийный проектор, указка лазерная, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, инструменты для практических занятий
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ш-107/2, Склад учебного инвентаря Ш-107/2	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Теория интенсивного энергосбережения

(название дисциплины)

#### 2 семестр

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

- КМ-1 КМ-1. Основные понятия о тепловой работе ВТУ (Контрольная работа)  
 КМ-2 КМ-2. Исследование тепловой схемы идеализированной теплотехнологической установки (Контрольная работа)  
 КМ-3 КМ-3. Аппроксимация результатов исследования теплотехнологической установки (Контрольная работа)  
 КМ-4 КМ-4. Исследование тепловой схемы теплотехнологической установки (Контрольная работа)  
 КМ-5 КМ-5. Доклад с презентацией курсового проекта на конференции (Проблемная лекция)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	3	7	11	13	15
1	Теория интенсивного энергосбережения как средство создания эффективных процессов и установок						
1.1	Теория интенсивного энергосбережения как методология создания энергоэффективных высокотемпературных процессов и установок		+				
1.2	Разработка и исследование тепловых схем идеализированных теплотехнологических установок (ИТТУ). Определение потенциала интенсивного энергосбережения		+				
2	Исследование действующих установок						
2.1	Анализ результатов исследования высокотемпературных процессов и установок			+			
2.2	Исследование тепловых схем действующих теплотехнологических установок			+			
3	Перспективные модели энергосберегающих установок. Исследование внешнего и сопряженного теплообмена						
3.1	Исследование перспективных моделей энергосберегающих ТТУ. Определение энергосберегающего эффекта				+		
3.2	Внешний радиационный теплообмен в ТТР. Сопряженный теплообмен в ТТР				+		
4	Использование численных методов в исследованиях процессов и установок						

4.1	Численные методы расчета нестационарной теплопередачи в ТГУ				+	+
4.2	Теплообмен и движение мелкодисперсных частиц в высокотемпературном потоке				+	+
Вес КМ, %:		10	20	25	30	15

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

Теория интенсивного энергосбережения

(название дисциплины)

**2 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

КМ-1 Расчеты и расчетные исследования по выбранному направлению разработки

КМ-2 Расчеты и расчетные исследования по выбранному направлению разработки

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2
		Неделя КМ:	11	15
1	Обзор технических решений по заданной тематике. Выбор направления разработки		+	
2	Расчеты и расчетные исследования по выбранному направлению разработки			+
Вес КМ, %:			35	65