

**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

**Рабочая программа дисциплины**  
**РАДИАЦИОННЫЙ ТЕПЛООБМЕН**

<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.06</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>6 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>6 семестр - 28 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>6 семестр - 28 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>6 семестр - 87,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Решение задач</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Индивидуальный проект</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>6 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Костановский А.В.
	Идентификатор	R0930396c-KostanovskyAV-5a820d

(подпись)

А.В.  
Костановский

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

К.А. Плешанов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

К.А. Плешанов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение основ радиационного теплообмена и их применение при проектировании различных оптико-энергетических систем

### Задачи дисциплины

- овладение терминологией в области радиационного теплообмена;
- изучение основ физических процессов радиационного теплообмена;
- овладение основами расчета процессов радиационного теплообмена в различных средах.

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-1 Способен к конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Разрабатывает конструкцию элементов объектов профессиональной деятельности	знать: - методы расчета и анализа рабочих параметров в процессах радиационного теплообмена; - терминологию, определения, физический смысл, размерности основных величин в области радиационного теплообмена и тепломассообмена.  уметь: - использовать справочную литературу для сбора и анализа данных для проектирования; - рассчитывать основные параметры процессов радиационного теплообмена в различных средах и системах.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Котлы, камеры сгорания и парогенераторы АЭС (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ 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	Основы радиационного теплообмена	16	6	4	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<p><b>Подготовка домашнего задания:</b> Задания ориентированы на освоении законов излучения модели черного тела; радиационных характеристик твердых поверхностей и определения долей потока излучения черного тела в выделенном интервале длин волн излучения.</p> <p><b>Изучение материалов литературных источников:</b> [3], 7-16 [5], 425-441</p>	
1.1	Основные понятия и законы теплового излучения	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-		
1.2	Основные характеристики радиационного теплообмена	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-		
2	Оптико-геометрические характеристики радиационного теплообмена.	14		4	-	4	-	-	-	-	-	6	-		<p><b>Подготовка домашнего задания:</b> Задания ориентированы на решения минизадоч по разделу оптико-геометрических характеристик: средние и разрешающие угловые коэффициенты излучения</p> <p><b>Изучение материалов литературных источников:</b> [3], 18-25 [5], 446-458</p>
2.1	Угловые коэффициенты излучения	14		4	-	4	-	-	-	-	-	6	-		
3	Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной прозрачной средой	36		8	-	8	-	-	-	-	-	20	-		<p><b>Подготовка домашнего задания:</b> Задания ориентированы на решения минизадоч по разделу "Радиационный теплообмен в замкнутой системе черных (серых) оптически прозрачных сред. Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по</p>
3.1	Лучистый теплообмен в системе тел,	36	8	-	8	-	-	-	-	-	20	-			

	заполненной прозрачной средой												варианту задания и сделать выводы. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 16-35 [5], 445-467
4	Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей и излучающей средой	34	8	-	8	-	-	-	-	-	18	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Радиационный теплообмен в замкнутой оптической системе, заполненной поглощающей и излучающей средой. Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 35-59 [5], 472-489
4.1	Лучистый теплообмен в системе тел, заполненной поглощающей и излучающей средой	34	8	-	8	-	-	-	-	-	18	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение основ радиационного теплообмена для выполнения расчетного задания, связанного с определением угловых коэффициентов, тепловых потоков и температуры в оптической системе, заполненной прозрачной средой <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 3-17 [5], 467-470
5	Практическое применение основ радиационного теплообмена при расчете различных элементов энергетической системы в прозрачной среде	26	4	-	4	-	-	-	-	-	18	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение основ радиационного теплообмена для выполнения расчетного задания, связанного с определением угловых коэффициентов, тепловых потоков и температуры в оптической системе, заполненной прозрачной средой <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 3-17 [5], 467-470
5.1	Фундаментальные и смешанные задачи	26	4	-	4	-	-	-	-	-	18	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 3-17 [5], 467-470
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>70</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>87.7</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. Основы радиационного теплообмена

##### 1.1. Основные понятия и законы теплового излучения

Основные понятия и законы теплового излучения.

##### 1.2. Основные характеристики радиационного теплообмена

Оптические и энергетические характеристики радиационного теплообмена..

#### 2. Оптико-геометрические характеристики радиационного теплообмена.

##### 2.1. Угловые коэффициенты излучения

Геометрические , разрешающие , обобщающие угловые коэффициенты излучения.

#### 3. Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной прозрачной средой

##### 3.1. Лучистый теплообмен в системе тел, заполненной прозрачной средой

Уравнения переноса теплового излучения. Методы преобразования интегральных уравнений в алгебраические. Расчет радиационного теплообмена в оптической системе, заполненной прозрачной средой.

#### 4. Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей и излучающей средой

##### 4.1. Лучистый теплообмен в системе тел, заполненной поглощающей и излучающей средой

Теплообмен излучения в системе типа "серый газ в черной оболочке" "серый газ в серой оболочке".

#### 5. Практическое применение основ радиационного теплообмена при расчете различных элементов энергетической системы в прозрачной среде

##### 5.1. Фундаментальные и смешанные задачи

Провести расчет теплообмена излучением в оптической прозрачной среде в виде параллелепипеда.

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

1. Радиационный теплообмен в прозрачной оптической системе;
2. Геометрические и результирующие угловые коэффициенты излучения;
3. Определение радиационных характеристик через эффективную длину луча;
4. Законы излучения абсолютно черного тела.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по разделу "Основы радиационного теплообмена" параметры, понятие абсолютно черного тела, законы теплового излучения, доля излучения модели черного тела в зависимости от длины волны
2. Обсуждение материалов по разделу: геометрические и разрешающие угловые коэффициенты, методы расчета.
3. Обсуждение материалов по разделу "Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной прозрачной средой. Фундаментальные и смешанные задачи
4. Обсуждение материалов по разделу "Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной прозрачной средой. Фундаментальные и смешанные задачи
5. Разборка задач, которые подобны предполагаемому расчетному заданию

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

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 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	5	
<b>Знать:</b>							
терминологию, определения, физический смысл, размерности основных величин в области радиационного теплообмена и тепломассообмена	ИД-2ПК-1	+					Решение задач/Основные характеристики абсолютно черного тела
методы расчета и анализа рабочих параметров в процессах радиационного теплообмена	ИД-2ПК-1		+				Решение задач/Оптико-геометрические характеристики радиационного теплообмена. Контрольная работа/Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной прозрачной средой
<b>Уметь:</b>							
рассчитывать основные параметры процессов радиационного теплообмена в различных средах и системах	ИД-2ПК-1				+		Контрольная работа/Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей и излучающей средой Индивидуальный проект/Теплообмен излучением между телами, разделенными поглощающей излучающей средой
использовать справочную литературу для сбора и анализа данных для проектирования	ИД-2ПК-1			+		+	Контрольная работа/Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной прозрачной средой

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

### 4.1. Текущий контроль успеваемости

#### 6 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Основные характеристики абсолютно черного тела (Решение задач)

Форма реализации: Письменная работа

1. Оптико-геометрические характеристики радиационного теплообмена. (Решение задач)
2. Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей и излучающей средой (Контрольная работа)
3. Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной прозрачной средой (Контрольная работа)
4. Теплообмен излучением между телами, разделенными поглощающей излучающей средой (Индивидуальный проект)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### 4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

*Зачет с оценкой (Семестр №6)*

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

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

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 Печатные и электронные издания:

1. Блох, А. Г. Основы теплообмена излучением / А. Г. Блох . – М.-Л. : Энергия, 1962 . – 332 с.;
2. Зигель, Р. Теплообмен излучением : пер. с англ. / Р. Зигель, Дж. Хауэлл . – М. : Мир, 1975 . – 934 с.;
3. Костановский, А. В. Радиационный теплообмен : учебное пособие по курсу "Теоретические основы теплотехники" по направлению "Теплоэнергетика и основы теплотехники" и "Энергетическое машиностроение" / А. В. Костановский, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 92 с. - ISBN 978-5-7046-2018-1 . [http://elibr.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10358](http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10358);
4. Костановский, А. В. Расчетные задания для самостоятельных занятий по радиационному теплообмену / А. В. Костановский, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 18 с. [http://elibr.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8874](http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8874);
5. Цветков, Ф. Ф. Тепломассообмен : учебник для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев . – М. : Издательский дом МЭИ, 2011 . – 562 с. - ISBN 978-5-383-00563-7 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4233](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4233).

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office;
2. Windows;
3. MathCad.

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

1. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
2. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
3. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	Д-323, Помещение каф. МиПЭУ	стол, стул, шкаф
Помещения для консультирования	В-209/2, Кабинет сотрудников каф. "ТОТ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-417, Помещение учебно-вспомогательного персонала каф. "ТОТ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, кондиционер

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Радиационный теплообмен

(название дисциплины)

#### 6 семестр

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

- КМ-1 Основные характеристики абсолютно черного тела (Решение задач)
- КМ-2 Оптико-геометрические характеристики радиационного теплообмена. (Решение задач)
- КМ-3 Теплообмен излучением между телами, разделенными поглощающей излучающей средой (Индивидуальный проект)
- КМ-4 Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной прозрачной средой (Контрольная работа)
- КМ-5 Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей и излучающей средой (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	6	8	12	14
1	Основы радиационного теплообмена						
1.1	Основные понятия и законы теплового излучения		+				
1.2	Основные характеристики радиационного теплообмена		+				
2	Оптико-геометрические характеристики радиационного теплообмена.						
2.1	Угловые коэффициенты излучения			+		+	
3	Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной прозрачной средой						
3.1	Лучистый теплообмен в системе тел, заполненной прозрачной средой					+	
4	Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей и излучающей средой						
4.1	Лучистый теплообмен в системе тел, заполненной поглощающей и излучающей средой				+		+
5	Практическое применение основ радиационного теплообмена при расчете различных элементов энергетической системы в прозрачной среде						
5.1	Фундаментальные и смешанные задачи					+	
Вес КМ, %:			10	10	30	20	30