

**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: Теплотехника и малая распределенная энергетика**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**


**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Радиационный теплообмен**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:


Преподаватель  
(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Костановский А.В.
	Идентификатор	R#930396c-KostanovskyAV-5a820d

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	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В.  
Шацких  
(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры  
(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Орлов К.А.
	Идентификатор	R24178de8-OrlovKA-0ab64072

К.А. Орлов  
(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:

- ПК-1 Способен к проведению расчетно-теоретических исследований теплогидравлических процессов объектах профессиональной деятельности
- ИД-1 Имеет навыки математического описания теплогидравлических и термодинамических процессов в объектах профессиональной деятельности

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

- Основные характеристики абсолютно черного тела (Решение задач)

Форма реализации: Письменная работа

- Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей и излучающей средой (Контрольная работа)
- Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей, излучающей и рассеивающей средой (Тестирование)
- Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной прозрачной средой (Контрольная работа)
- Теплообмен излучением между телами, разделенными поглощающей излучающей средой (Индивидуальный проект)

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	10	14	16
Основы радиационного теплообмена						
Основные понятия и законы теплового излучения	+					
Основные характеристики радиационного теплообмена	+					
Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной прозрачной средой						
Лучистый теплообмен в системе тел, заполненной прозрачной средой			+			
Угловые коэффициенты излучения			+			

Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей и излучающей средой					
Лучистый теплообмен в системе тел, заполненной поглощающей и излучающей средой			+		
Угловые коэффициенты излучения			+		
Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей, излучающей и рассеивающей средой					
Лучистый теплообмен в системе тел, заполненной поглощающей, излучающей и рассеивающей средой				+	
Практическое применение основ радиационного теплообмена при расчете различных элементов энергетической системы в реальной среде					
Фундаментальные и смешанные задачи					+
Вес КМ:	10	30	25	10	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-1	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Имеет навыки математического описания теплогидравлических и термодинамических процессов в объектах профессиональной деятельности	<p>Знать:</p> <p>терминологию, определения, физический смысл, размерности основных величин в области радиационного теплообмена и тепломассообмена основы физических процессов радиационного теплообмена методы расчета и анализа рабочих параметров в процессах радиационного теплообмена</p> <p>Уметь:</p> <p>рассчитывать основные параметры процессов радиационного теплообмена в различных средах и системах использовать справочную литературу для сбора и анализа данных для проектирования</p>	<p>Основные характеристики абсолютно черного тела (Решение задач)</p> <p>Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной прозрачной средой (Контрольная работа)</p> <p>Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей и излучающей средой (Контрольная работа)</p> <p>Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей, излучающей и рассеивающей средой (Тестирование)</p> <p>Теплообмен излучением между телами, разделенными поглощающей излучающей средой (Индивидуальный проект)</p>

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

### КМ-1. Основные характеристики абсолютно черного тела

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

**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа ориентирована на 45 минут

#### Краткое содержание задания:

Основные законы теплового излучения: законы Ламберта, Вина, Стефана-Больцмана и Планка. Понятия, характеристика, термодинамические функции, модель черного тела. Доля спектральной интенсивности излучения абсолютно черного тела в заданном интервале длин волн.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: терминологию, определения, физический смысл, размерности основных величин в области радиационного теплообмена и теплообмена	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Какой длине волны соответствуют максимум в спектре черного тела.</li><li>2.</li><li>1. Чем отличается интенсивность излучения от поверхностной плотности излучения.</li><li>3.</li><li>1. Закон Кирхгофа. Определение и следствия.</li></ol>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

### КМ-2. Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной прозрачной средой

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа ориентирована на 90 минут

**Краткое содержание задания:**

Расчет радиационного теплообмена в оптической системе, заполненной прозрачной средой

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основы физических процессов радиационного теплообмена	1. Расчетные выражения для определения угловых коэффициентов излучения в случае фундаментальной или смешанной задачи. 2. Расчетные выражения для определения тепловых потоков излучения в случае фундаментальной или смешанной задачи.
--------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

**КМ-3. Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей и излучающей средой**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа ориентирована на 90 минут

**Краткое содержание задания:**

Расчет радиационного теплообмена в оптической системе типа "серый газ в черной оболочке" или "серый газ в серой оболочке"

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: использовать справочную литературу для сбора и анализа данных для проектирования	1. Температура плоского слоя ( $h=0,5$ м) серой среды равна $T_g = 1200$ С. Граничные поверхности пластин имеют температуры $T_1=300$ С, $T_2=900$ С. Поглощательные способности соответственно равны $A_1=1,0$ и $A_2=0,5$ . Коэффициент поглощения равен $a=0,2$ м <sup>-1</sup> . Рассчитать плотности результирующего потока для каждой пластины
-----------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

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

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

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

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

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа ориентирована на 45 минут

#### **Краткое содержание задания:**

На основе решения уравнения переноса энергии излучения получить выражение для интенсивности излучения в плоском слое

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы расчета и анализа рабочих параметров в процессах радиационного теплообмена	1. Вектор плотности теплового потока излучением. 2. Оптические характеристики излучения 3. Интенсивность излучения для плоского слоя 4. Уравнение переноса энергии излучения
------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

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

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

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

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

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

#### **КМ-5. Теплообмен излучением между телами, разделенными поглощающей излучающей средой**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Индивидуальный проект

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Самостоятельная работа студента



**Краткое содержание задания:**

Расчёт радиационного теплообмена в камере, имеющей форму параллелепипеда конечной длины в случае, когда камера заполнена реальной газовой средой

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: рассчитывать основные параметры процессов радиационного теплообмена в различных средах и системах	1.Расчёт радиационного теплообмена в камере, имеющей форму параллелепипеда конечной длины в случае, когда камера заполнена реальной газовой средой
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Процедура проведения

Два теоретических вопроса и задача, Подготовка ответа по билету не более 60 минут. Опрос по билету не более 30 минут

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-1 Имеет навыки математического описания теплогидравлических и термодинамических процессов в объектах профессиональной деятельности

#### Вопросы, задания

1. Закон Ламберта. Следствия из закона. Применение в теории радиационного теплообмена.

Камера в форме куба со стороной  $h = 1,2$  м заполнена водяным паром  $H_2O$ . Парциальное давление  $H_2O$  составляет  $0,1 \times 10^5$  Па. Температура пара 1500К. Определить плотность потока излучения, падающего на стенки камеры. Температура стен камеры 900К. Стенки камеры абсолютно черные. Модель серого газа.

2. Закон Планка. Следствия из закона Планка.

Сферическая емкость радиусом 0,5 м заполнена серой средой, для которой коэффициент поглощения равен  $0,1 м^{-1}$ , а температура 1500К. Найти такую температуру поверхности емкости, при которой отводимый тепловой поток равен 10 кВт. Поглощательная способность стенки равна 0,9.

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Волновые и корпускулярные свойства, характеризующие тепловое излучение, никогда не проявляются одновременно

Ответы:

1. да 2. нет По определению свойств теплового излучения

Верный ответ: 2

2. М. Планк при выводе единого закона распределения энергии по длинам волн во всей области спектра теплового излучения абсолютно черного тела предположил, что энергия излучается отдельными порциями - квантами, а не непрерывно.

Ответы:

1. да 2. нет В соответствии с определением закона М. Планка

Верный ответ: 1.

3. Во сколько раз величина плотности теплового потока больше величины интенсивности излучения

Ответы:

1. в 2,55 раза 2. в 3,14 раза 3. в 4,22 раза В соответствии с законом Ламберта

Верный ответ: 2

4. Сколько всего известно угловых коэффициентов излучения, учитывающих долю потока излучения от поверхности одного тела на поверхность другого тела, применяется при расчете радиационного теплообмена

Ответы:

1. 1 2. 2 3. 3 В соответствии с основами радиационного теплообмена излучением.

Верный ответ: 3

5. При каких условиях в оптической системе заполненной поглощающей средой обобщающий угловой коэффициент излучения равен разрешающему обобщающему угловому коэффициенту

Ответы:

1. поверхность оптической системы состоит только из серых тел 2. поверхность оптической системы состоит только из черных тел 3. поверхность оптической системы состоит из черных и серых тел В соответствии со свойствами для черных и серых поверхностей

Верный ответ: 2

6. Между какими радиационными свойствами среды устанавливает связь закон Кирхгофа для объемного излучения

Ответы:

1. коэффициентом поглощения среды и коэффициентом излучения среды 2. коэффициентом поглощения среды и коэффициентом отражения среды 3. коэффициентом излучения среды и коэффициентом рассеяния среды В соответствии с законом Кирхгофа для объемного излучения

Верный ответ: 1

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

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

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