

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: Цифровое проектирование объектов энергетики

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
РАДИАЦИОННЫЙ ТЕПЛООБМЕН

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01.02.09
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	3 семестр - 16 часов;
Практические занятия	3 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	3 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Решение задач Контрольная работа Тестирование Индивидуальный проект	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Костановский А.В.
	Идентификатор	Rd930396c-KostanovskyAV-5a820d

А.В.
Костановский

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Геллер Ю.А.
	Идентификатор	Rd15fd2d3-GellerYA-54f8e43b

Ю.А. Геллер

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В. Шацких

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-4 Способен к проведению расчетно-теоретических исследований теплогидравлических процессов объектах профессиональной деятельности	ИД-1 _{ПК-4} Имеет навыки математического описания теплогидравлических и термодинамических процессов в объектах профессиональной деятельности	знать: - 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. уметь: - рассчитывать основные параметры процессов радиационного теплообмена в различных средах и системах; - использовать справочную литературу для сбора и анализа данных для проектирования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Цифровое проектирование объектов энергетики (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать курс математического анализа
- уметь пользоваться пакетом Mathcad

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	10	3	2	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> 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. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 419-433 [2], 7-16 [6], 425-444
1.1	Основные понятия и законы теплового излучения	5		1	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
1.2	Основные характеристики радиационного теплообмена	5		1	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
2	Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной прозрачной средой	26		4	-	10	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Задания ориентированы на решения минизадоч по разделу "Радиационный теплообмен в замкнутой системе черных (серых) тел в оптически прозрачной среде. Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 442-455 [2], 16-34 [3], 123-134 [4], 378-414 [5], 5-16
2.1	Лучистый теплообмен в системе тел, заполненной прозрачной средой	20		2	-	8	-	-	-	-	-	10	-	
2.2	Угловые коэффициенты излучения	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-		

													[6], 445-471
3	Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей и излучающей средой	37	3	-	14	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> 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 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 464-483 [2], 36-57 [3], 135-144 [4], 420-440 [6], 472-492
3.1	Лучистый теплообмен в системе тел, заполненной поглощающей и излучающей средой	32	2	-	12	-	-	-	-	-	18	-	
3.2	Угловые коэффициенты излучения	5	1	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
4	Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей, излучающей и рассеивающей средой	13	3	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Задания ориентированы на решения аналитических задач по разделу "Радиационный теплообмен в замкнутой оптической системе, заполненной поглощающей, излучающей и рассеивающей средой. Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 485-795 [2], 59-71 [6], 493-511
4.1	Лучистый теплообмен в системе тел, заполненной поглощающей, излучающей и рассеивающей средой	13	3	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
5	Практическое применение основ радиационного теплообмена при расчете различных элементов	22	4	-	-	-	-	-	-	-	18	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение основ радиационного теплообмена для выполнения расчетного задания, связанного с определением угловых коэффициентов, тепловых потоков и температуры в

	энергетической системы в реальной среде												оптической системе, заполненной реальной газовой средой
5.1	Фундаментальные и смешанные задачи	22		4	-	-	-	-	-	-	18	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5
	Всего за семестр	144.0		16	-	32	-	2	-	-	0.5	60	33.5
	Итого за семестр	144.0		16	-	32	2	-	-	0.5	93.5		

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

2.1. 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.

2.2. Угловые коэффициенты излучения

Геометрические и разрешающие угловые коэффициенты излучения.

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

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

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

3.2. Угловые коэффициенты излучения

Обобщающие и разрешающие обобщающие угловые коэффициенты излучения.

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

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

Вектор теплового потока излучения, уравнение переноса энергии излучения. Интенсивность излучения для плоского слоя.

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

5.1. Фундаментальные и смешанные задачи

Провести расчет теплообмена излучением в оптической системе в форме параллелепипеда, заполненной поглощающей средой.

3.3. Темы практических занятий

1. Зональный метод;
2. Законы теплового излучения;
3. Законы теплового излучения;

4. Теплообмен излучением в простейших излучающих системах;
5. Разрешающие и обобщённые угловые коэффициенты излучения;
6. Теплообмен излучением в простейших излучающих системах, разделенных поглощающей и излучающей средой;
7. Излучение в плоском слое.

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 "Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной прозрачной средой. Фундаментальные и смешанные задачи
3. Обсуждение материалов по разделу "Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей и излучающей средой. Фундаментальные и смешанные задачи
4. Обсуждение материалов по разделу "Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей, излучающей и рассеивающей средой. Фундаментальные аналитические 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	
Знать:							
методы расчета и анализа рабочих параметров в процессах радиационного теплообмена	ИД-1ПК-4				+		Тестирование/Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей, излучающей и рассеивающей средой
основы физических процессов радиационного теплообмена	ИД-1ПК-4		+				Контрольная работа/Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной прозрачной средой
терминологию, определения, физический смысл, размерности основных величин в области радиационного теплообмена и тепломассообмена	ИД-1ПК-4	+					Решение задач/Основные характеристики абсолютно черного тела
Уметь:							
использовать справочную литературу для сбора и анализа данных для проектирования	ИД-1ПК-4			+			Контрольная работа/Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей и излучающей средой
рассчитывать основные параметры процессов радиационного теплообмена в различных средах и системах	ИД-1ПК-4					+	Индивидуальный проект/Теплообмен излучением между телами, разделенными поглощающей излучающей 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

3 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Основные характеристики абсолютно черного тела (Решение задач)

Форма реализации: Письменная работа

1. Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей и излучающей средой (Контрольная работа)
2. Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей, излучающей и рассеивающей средой (Тестирование)
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

Экзамен (Семестр №3)

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

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Цветков, Ф. Ф. Тепломассообмен : учебное пособие для вузов по энергетическим специальностям / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. – 3-е изд., стер. – М. : Издательский дом МЭИ, 2006. – 550 с. – ISBN 5-903072-64-X.;
2. 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://elibrary.mpei.ru/elibrary/view.php?id=10358>;
3. Цветков, Ф. Ф. Задачник по тепломассообмену : учебное пособие для вузов по направлению 140100 "Теплоэнергетика" / Ф. Ф. Цветков, Р. В. Керимов, В. И. Величко. – 3-е изд., стер. – М. : Издательский дом МЭИ, 2010. – 196 с. – ISBN 978-5-383-00468-5.;
4. Исаченко, В. П. Теплопередача : Учебник для энергетических вузов и факультетов / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоиздат, 1981. – 416 с.;

5. Цветков, Ф. Ф. Теплообмен излучением. Задачи и упражнения : Учебное пособие по курсу "Тепломассообмен" / Ф. Ф. Цветков, В. И. Салохин ; Ред. В. Ю. Демьяненко ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ). – 1997. – 64 с. : 3500.00.;
6. Григорьев Б.А. , Цветков Ф.Ф. - "Тепломассообмен", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2011 - (562 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72294.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. SmathStudio;
3. TBT Shell.

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

1. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
2. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
3. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. 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	В-209/14, Учебно-исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	В-209/14, Учебно-исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	В-209/14, Учебно-исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный
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	В-209/7, Кабинет сотрудников каф. "ТОТ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, 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)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

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

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	10	14	16
1	Основы радиационного теплообмена						
1.1	Основные понятия и законы теплового излучения		+				
1.2	Основные характеристики радиационного теплообмена		+				
2	Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной прозрачной средой						
2.1	Лучистый теплообмен в системе тел, заполненной прозрачной средой			+			
2.2	Угловые коэффициенты излучения			+			
3	Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей и излучающей средой						
3.1	Лучистый теплообмен в системе тел, заполненной поглощающей и излучающей средой				+		
3.2	Угловые коэффициенты излучения				+		
4	Радиационный теплообмен в замкнутой системе серых тел, заполненной поглощающей, излучающей и рассеивающей средой						
4.1	Лучистый теплообмен в системе тел, заполненной поглощающей, излучающей и рассеивающей средой					+	

5	Практическое применение основ радиационного теплообмена при расчете различных элементов энергетической системы в реальной среде					
5.1	Фундаментальные и смешанные задачи					+
Вес КМ, %:		10	30	25	10	25