

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

---

Направление подготовки/специальность: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Наименование образовательной программы: Информационные технологии проектирования

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

<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.01</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>3 семестр - 4; 4 семестр - 4; всего - 8</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>288 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>3 семестр - 32 часа; 4 семестр - 32 часа; всего - 64 часа</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>3 семестр - 32 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>4 семестр - 32 часа;</b>
<b>Консультации</b>	<b>4 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3 семестр - 79,7 часа; 4 семестр - 77,5 часа; всего - 157,2 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>Контрольная работа</b>	
<b>Лабораторная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>3 семестр - 0,3 часа;</b>
<b>Экзамен</b>	<b>4 семестр - 0,5 часа; всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
Сведения о владельце ЦЭП МЭИ		
Владелец	Шевченко И.В.	
Идентификатор	R0722806b-ShevchenkolgV-73cb47	

И.В. Шевченко

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
Сведения о владельце ЦЭП МЭИ		
Владелец	Соколов В.П.	
Идентификатор	R928a03a7-SokolovVPet-4d1c67c	

В.П. Соколов

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 закономерностей переноса теплоты для процессов теплопроводности, конвекции, теплового излучения, теплообмена при фазовых переходах и массообмена.

### **Задачи дисциплины**

- изучение методов исследования процессов теплообмена;
- получение информации о методах расчета количественных характеристик процессов теплообмена для основных видов переноса теплоты (теплопроводность, конвекция, излучение), а также при наличии фазовых переходов и массообмена;
- приобретение навыков применения этих методов для решения различных прикладных задач, возникающих в инженерной практике.

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

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Запланированные результаты обучения</b>
ПК-1 Способен использовать информационные технологии при проектировании научноемких изделий	ИД-1пк-1 Демонстрирует знание принципов работы научноемких изделий, способность применять методики их проектирования	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- способы расчета теплового потока между телами различной формы при теплообмене излучением;</li><li>- способы расчета температурного поля при теплопроводности в твердых телах и передаваемого теплового потока;</li><li>- особенности процессов переноса тепла и массы в многокомпонентных системах;</li><li>- основные механизмы переноса теплоты и их особенности в различных системах.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- участвовать в экспериментальных исследованиях процессов теплообмена и обработке результатов экспериментов;</li><li>- вычислять коэффициент теплоотдачи при пленочной конденсации на различных поверхностях;</li><li>- вычислять коэффициент теплоотдачи при кипении в большом объеме и при движении кипящей жидкости;</li><li>- вычислять коэффициент теплоотдачи при вынужденной и естественной конвекции.</li></ul>

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

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Информационные технологии проектирования (далее – ОПОП), направления подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, 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 8 зачетных единиц, 288 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				
1	2	3	4				КПР	ГК	ИККП	ТК							
1	Основы теории теплообмена	126	3	32	-	32	-	-	-	-	-	62	-		15		
1.1	Введение.	32		8	-	8	-	-	-	-	-	16	-			<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основы теории теплообмена"	
1.2	Теплопроводность	28		8	-	8	-	-	-	-	-	12	-			<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы теории теплообмена"	
1.3	Конвективный теплообмен	34		8	-	8	-	-	-	-	-	18	-			<u>Изучение материалов литературных источников:</u>	
1.4	Теплообмен излучением	32		8	-	8	-	-	-	-	-	16	-			[1], 99-191 [2], 33-256 [3], 56-78 [4], 3-102 [5], 158-498	
	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7				
	Всего за семестр	144.0		32	-	32	-	-	-	-	0.3	62	17.7				
	Итого за семестр	144.0		32	-	32	-	-	-	-	0.3		79.7				
2	Основы переноса тепла и массы	108	4	32	32	-	-	-	-	-	-	44	-			<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы переноса тепла и массы"	
2.1	Массообмен	28		8	8	-	-	-	-	-	-	12	-			<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основы переноса тепла и массы"	
2.2	Теплообмен при конденсации	26		8	8	-	-	-	-	-	-	10	-				
2.3	Теплообмен при кипении	26		8	8	-	-	-	-	-	-	10	-				
2.4	Изучение теплоотдачи при кипении	28		8	8	-	-	-	-	-	-	12	-			<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекций, выполнение и подготовка к защите лаб. работы	

													<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
													[1], 5-98 [3], 3-55 [5], 13-157
Экзамен	36.0			-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
Всего за семестр	144.0		32	32	-	2	-	-	0.5	44	33.5		
Итого за семестр	144.0		32	32	-	2	-	-	0.5		77.5		
ИТОГО	288.0	-	64	32	32	2	-	-	0.8		157.2		

**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 теории теплообмена

##### **1.1. Введение.**

Основные способы переноса теплоты..

##### **1.2. Теплопроводность**

Основные положения теории теплопроводности. Температурное поле, изотермические поверхности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Закон Фурье. Теплопроводность различных веществ. Условия однозначности.. Стационарная теплопроводность одно- и многослойной стенок простейшей геометрии. Интенсификация теплопередачи. Эффективность оребрения. Теплопроводность ребер. Теплопроводность при наличии внутренних источников теплоты.. Нестационарная теплопроводность. Нестационарный перенос тепла теплопроводностью в полубесконечном теле. Особенности многомерных задач теплопроводности..

##### **1.3. Конвективный теплообмен**

Основные понятия и определения. Классификация процессов. Дифференциальное уравнение энергии. Система уравнений конвективного теплообмена. Теплообмен при вынужденном внешнем обтекании тел. Особенности конвективного теплообмена при течении в каналах. Теплообмен при естественной конвекции около вертикальной пластины и горизонтальной трубы при ламинарном и турбулентном пограничном слое..

##### **1.4. Теплообмен излучением**

Основные понятия. Законы излучения черного тела. Особенности реальных поверхностей. Лучистый теплообмен в диатермической среде. Общий метод расчета для серых поверхностей и диффузного излучения..

#### 2. Основы переноса тепла и массы

##### **2.1. Массообмен**

Совместные процессы тепло- и массообмена. Характеристики переноса массы и энергии в бинарной системе. Диффузия, закон Фика. Система дифференциальных уравнений для тепло- и массообмена. Аналогия процессов тепло- и массообмена при низкой интенсивности массообмена. Тройная аналогия. Особенности тепло- и массообмена при значительном поперечном потоке массы..

##### **2.2. Теплообмен при конденсации**

Классификация процессов, возможные режимы конденсации пара. Система уравнений для движения жидкости со свободной поверхностью при фазовом переходе I рода. Решение Нуссельта для пленочной конденсации на вертикальной стенке и его последующие уточнения. Конденсация на горизонтальной трубе. Числа подобия. Турбулентное течение конденсированной пленки. Особенности пленочной конденсации внутри труб. Механизм и теплообмен при капельной конденсации..

##### **2.3. Теплообмен при кипении**

Классификация процессов. Модели элементарных процессов. Режимы кипения в большом объеме. Теплоотдача в различных режимах, кризисы кипения. Теоретические модели теплообмена при кипении в большом объеме. Устойчивость процесса с точки зрения

теплового баланса греющей стенки. Кипение при вынужденном течении жидкости. Теплообмен при движении фронта фазового перехода..

#### 2.4. Изучение теплоотдачи при кипении

Определение теплоемкости и температуропроводности твердых материалов методом регулярного режима. Опытное изучение теплоотдачи при свободной и вынужденной конвекции воздуха около тел различной геометрии. Изучение теплоотдачи при кипении азота в большом объеме..

### 3.3. Темы практических занятий

1. Теплообмен при естественной конвекции около тел различной формы;
2. Теплообмен излучением;
3. Конвективный теплообмен при внешнем обтекании тел;
4. Конвективный теплообмен при ламинарном течении в каналах;
5. Конвективный теплообмен при турбулентном течении в каналах;
6. Стационарные задачи теплопроводности без внутренних источников тепла;
7. Пленочная конденсация движущегося пара;
8. Кризисы кипения, теплообмен при пленочном кипении в большом объеме;
9. Теплообмен при кипении движущейся в канале жидкости;
10. Стационарные задачи теплопроводности при наличии внутренних источников тепла (6 часов);
11. Теплообмен при пузырьковом кипении в большом объеме;
12. Нестационарные задачи теплопроводности.

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Теплоемкости и температуропроводность;
2. Теплоотдача при свободной и вынужденной конвекции;
3. Изучение теплоотдачи при кипении.

### 3.5 Консультации

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы теории теплообмена"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы переноса тепла и массы"

#### Текущий контроль (TK)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы переноса тепла и массы"

### 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	
<b>Знать:</b>				
основные механизмы переноса теплоты и их особенности в различных системах	ИД-1ПК-1	+		Контрольная работа/Классификация процессов теплообмена
особенности процессов переноса тепла и массы в многокомпонентных системах	ИД-1ПК-1		+	Контрольная работа/Массообмен
способы расчета температурного поля при теплопроводности в твердых телах и передаваемого теплового потока	ИД-1ПК-1	+		Контрольная работа/Теплопроводность
способы расчета теплового потока между телами различной формы при теплообмене излучением	ИД-1ПК-1	+		Контрольная работа/Теплообмен излучением
<b>Уметь:</b>				
вычислять коэффициент теплоотдачи при вынужденной и естественной конвекции	ИД-1ПК-1	+		Контрольная работа/Конвективный теплообмен
вычислять коэффициент теплоотдачи при кипении в большом объеме и при движении кипящей жидкости	ИД-1ПК-1		+	Лабораторная работа/Теплоотдача при кипении
вычислять коэффициент теплоотдачи при пленочной конденсации на различных поверхностях	ИД-1ПК-1		+	Контрольная работа/Теплообмен при конденсации
участвовать в экспериментальных исследованиях процессов теплообмена и обработке результатов экспериментов	ИД-1ПК-1		+	Контрольная работа/Свободная и вынужденная конвекция Контрольная работа/Теплоемкость Контрольная работа/Теплообмен при кипении Лабораторная работа/Теплоотдача при кипении

## **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: Письменная работа

1. Классификация процессов теплообмена (Контрольная работа)
2. Конвективный теплообмен (Контрольная работа)
3. Теплообмен излучением (Контрольная работа)
4. Теплопроводность (Контрольная работа)

**4 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Массообмен (Контрольная работа)
2. Свободная и вынужденная конвекция (Контрольная работа)
3. Теплоемкость (Контрольная работа)
4. Теплообмен при кипении (Контрольная работа)
5. Теплообмен при конденсации (Контрольная работа)
6. Теплоотдачи при кипении (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

Зачет с оценкой (Семестр №3)

Экзамен (Семестр №4)

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

В диплом выставляется оценка за 4 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. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во МЭИ, 2005. – 550 с. – ISBN 5-7046-1270-9.;
2. Ягов, В. В. Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях : учебное пособие для вузов по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / В. В. Ягов. – М. : Издательский дом МЭИ, 2014. – 542 с. – ISBN 978-5-383-00854-6.;
3. Ястребов, А. К. Некоторые задачи теплообмена в однофазных и двухфазных системах : учебное пособие по курсу "Тепло- и массообмен" по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / А. К. Ястребов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Изд-во МЭИ, 2015. – 80 с. – ISBN 978-5-7046-1564-4.

[http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=7266;](http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=7266)

4. Цветков, Ф. Ф. Задачник по тепломассообмену : учебное пособие для вузов по направлению 140100 "Теплоэнергетика" / Ф. Ф. Цветков, Р. В. Керимов, В. И. Величко. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008. – 196 с. – ISBN 978-5-383-00259-9.;  
 5. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А.- "Тепломассообмен", Издательство: "МЭИ", Москва, 2011 - (562 с.)  
[https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005637.html.](https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005637.html)

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

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux.

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

1. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
9. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Тип помещения</b>	<b>Номер аудитории, наименование</b>	<b>Оснащение</b>
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 лабораторных занятий	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-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 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****Термодинамика и теплопередача**

(название дисциплины)

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

КМ-1 Классификация процессов теплообмена (Контрольная работа)

КМ-2 Теплопроводность (Контрольная работа)

КМ-3 Конвективный теплообмен (Контрольная работа)

КМ-4 Теплообмен излучением (Контрольная работа)

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

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	KM-1	KM-2	KM-3	KM-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Основы теории теплообмена					
1.1	Введение.	+				
1.2	Теплопроводность			+		
1.3	Конвективный теплообмен				+	
1.4	Теплообмен излучением					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25

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

КМ-5 Массообмен (Контрольная работа)

КМ-6 Теплообмен при конденсации (Контрольная работа)

КМ-7 Теплообмен при кипении (Контрольная работа)

КМ-8 Теплоемкость (Контрольная работа)

КМ-9 Свободная и вынужденная конвекция (Контрольная работа)

КМ-10 Теплоотдачи при кипении (Лабораторная работа)

10

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	KM-5	KM-6	KM-7	KM-8	KM-9	KM-10
		Неделя КМ:	4	8	10	12	13	14
1	Основы переноса тепла и массы							

1.1	Массообмен	+					
1.2	Теплообмен при конденсации		+				
1.3	Теплообмен при кипении						+
1.4	Изучение теплоотдачи при кипении			+	+	+	+
Вес КМ, %:		10	10	20	20	20	20