

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Теплоснабжение и теплотехническое оборудование

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕПЛОМАССООБМЕН**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Обязательная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.О.03.04
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	5 семестр - 4; 6 семестр - 4; всего - 8
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	288 часа
<b>Лекции</b>	5 семестр - 8 часов; 6 семестр - 8 часов; всего - 16 часов
<b>Практические занятия</b>	5 семестр - 4 часа; 6 семестр - 4 часа; всего - 8 часов
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	5 семестр - 2 часа; 6 семестр - 2 часа; всего - 4 часа
<b>Самостоятельная работа</b>	5 семестр - 128,5 часа; 6 семестр - 128,5 часа; всего - 257,0 часа
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	5 семестр - 1,2 часа; 6 семестр - 1,2 часа; всего - 2,4 часа
<b>включая:</b> Тестирование Расчетное задание Контрольная работа Домашнее задание	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
Экзамен	5 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	6 семестр - 0,3 часа;
	всего - 0,6 часа

Москва 2022

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

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

Ю.В. Шацких


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хомченко Н.В.
	Идентификатор	Rpd1b9495-KhomchenkoNV-644530

Н.В. Хомченко

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Щербатов И.А.
	Идентификатор	R6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17

И.А. Щербатов

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** приобретение знаний о закономерностях распространения теплоты в различных средах, освоение основных положений теории тепло- и массообмена, формирование умений рассчитывать и анализировать тепловые процессы в теплотехнических устройствах

### Задачи дисциплины

- изучение способов передачи теплоты, законов теплообмена, законов массообмена;
- освоение методов расчета основных процессов теплообмена: теплопроводности, свободной и вынужденной конвекции, двухфазного теплообмена, радиационного теплообмена;
- освоение методов расчета теплообменных аппаратов.

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
ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ИД-3 <sub>ОПК-4</sub> Демонстрирует понимание основных законов теплообмена и применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем	знать: - основные понятия теплообмена; - законы теплового излучения; - уравнения теории массо- и теплообмена; - процессы теплообмена при фазовых превращениях.  уметь: - выполнять тепловой расчет теплообменных аппаратов; - рассчитывать теплообмен излучением в системе тел, заполненной поглощающей средой; - рассчитывать температурные поля в потоках технологических жидкостей и газов; - рассчитывать температурные поля в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью обеспечения эффективности процессов теплообмена.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплоснабжение и теплотехническое оборудование (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, 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	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Принципы теплообмена	27.80	5	2	-	1.0	-	0.50	-	0.30	-	24	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение материала лекций, изучение дополнительного материала по разделу "Принципы теплообмена": [1] стр. 17-25, подготовка к практическим занятиям и к контрольным работам: [2] стр. 6-7, 9.</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Теплопроводность" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p>
1.1	Основные понятия теплообмена	13.90		1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	12	-	
1.2	Математическое описание теплообмена	13.90		1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	12	-	
2	Теплопроводность	27.80		2	-	1.0	-	0.50	-	0.30	-	24	-	
2.1	Одномерные стационарные задачи теплопроводности	13.90		1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	12	-	
2.2	Одномерные линейные нестационарные задачи теплопроводности	13.90		1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	12	-	
3	Законы излучения. Теплообмен излучением в прозрачной среде	26.60		2	-	1.0	-	0.50	-	0.30	-	22.8	-	
3.1	Законы излучения	13.30		1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	11.4	-	
3.2	Теплообмен излучением в прозрачной среде	13.30		1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	11.4	-	

													Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.
4	Теплообмен излучением в поглощающих и излучающих средах	25.80		2	-	1.0	-	0.50	-	0.30	-	22	-
4.1	Характеристики поглощающей среды	12.90		1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	11	-
4.2	Инженерный метод расчеты лучистого теплообмена в системе тел, заполненной излучающей и поглощающей средой	12.90		1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	11	-
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	35.7
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.00</b>		<b>8</b>	<b>-</b>	<b>4.0</b>	<b>-</b>	<b>2.00</b>	<b>-</b>	<b>1.20</b>	<b>0.3</b>	<b>92.8</b>	<b>35.7</b>
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.00</b>		<b>8</b>	<b>-</b>	<b>4.0</b>	<b>2.00</b>	<b>1.20</b>	<b>0.3</b>	<b>128.5</b>			
5	Конвективный теплообмен	26.60	6	2.0	-	1.0	-	0.50	-	0.3	-	22.8	-
5.1	Введение в конвективный теплообмен	12.65		1	-	0.5	-	0.25	-	0.1	-	10.8	-
5.2	Внешняя задача конвективного теплообмена	7.05		0.5	-	0.3	-	0.15	-	0.1	-	6	-
5.3	Конвективная теплоотдача при течении жидкости в трубах (каналах)	6.9		0.5	-	0.2	-	0.1	-	0.1	-	6	-
6	Теплоотдача при фазовых превращениях теплоносителя	27.80		2	-	1.0	-	0.50	-	0.30	-	24	-
6.1	Теплообмен при	13.90		1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	12	-
													<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Конвективный теплообмен" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.
													<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Теплоотдача при фазовых превращениях теплоносителя": [1] стр. 297-308, 330-343,

	кипении														подготовка к практическим занятиям и к контрольным работам: [2] стр. 80-82, 93-96.
6.2	Теплообмен при конденсации	13.90	1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	12	-			
7	Тепломассообменные аппараты	27.80	2	-	1.0	-	0.50	-	0.30	-	24	-			<b>Подготовка расчетно-графического задания:</b> В рамках расчетно-графического задания выполняется тепловой и гидравлический расчет поверхностного рекуперативного теплообменного аппарата. На основе полученных результатов расчетов выполняется чертеж теплообменного аппарата. Задание выполняется индивидуально по вариантам.
7.1	Инженерные методы расчета тепломассообмена в энергетических установках	13.90	1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	12	-			
7.2	Теплогидравлический расчет теплообменника	13.90	1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	12	-			
8	Основы массообмена	25.80	2	-	1.0	-	0.50	-	0.30	-	22	-			<b>Самостоятельное изучение</b>
8.1	Основные понятия массообмена	12.90	1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	11	-			<b>теоретического материала:</b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы массообмена".
8.2	Массообмен в двухкомпонентных средах	12.90	1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	11	-			
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-		35.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.00</b>	<b>8.0</b>	-	<b>4.0</b>	-	<b>2.00</b>	-	<b>1.20</b>	<b>0.3</b>	<b>92.8</b>	-		<b>35.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.00</b>	<b>8.0</b>	-	<b>4.0</b>		<b>2.00</b>		<b>1.20</b>	<b>0.3</b>				<b>128.5</b>	
	<b>ИТОГО</b>	<b>288.00</b>	-	<b>16.0</b>	-	<b>8.0</b>	<b>4.00</b>		<b>2.40</b>	<b>0.6</b>				<b>257.0</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. Принципы теплообмена

#### 1.1. Основные понятия теплообмена

Законы переноса теплоты, вещества, импульса. Теплообмен. Температурное поле. Изотермы. Градиент температуры. Плотность теплового потока. Закон теплопроводности Фурье. Конвективный перенос энергии..

#### 1.2. Математическое описание теплообмена

Закон сохранения массы. Уравнение конвективной диффузии. Закон сохранения энергии. Закон сохранения импульса. Краевые условия..

### 2. Теплопроводность

#### 2.1. Одномерные стационарные задачи теплопроводности

Теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенки. Теплопроводность однослойной и многослойной цилиндрической стенки. Критический диаметр изоляции. Интенсификация теплопередачи посредством оребрения. Температурное поле при наличии внутренних источников теплоты в пластине и круглом стержне..

#### 2.2. Одномерные линейные нестационарные задачи теплопроводности

Температурное поле в процессе охлаждения (нагрева) пластины. Температурное поле в процессе охлаждения (нагрева) бесконечного длинного цилиндра. Охлаждение (нагревание) тел, имеющих форму параллелепипеда или цилиндра конечной длины. Регулярный режим.

### 3. Конвективный теплообмен

#### 3.1. Введение в конвективный теплообмен

Математическое описание процесса конвективного теплообмена: дифференциальные уравнения энергии, движения, неразрывности, обобщенное дифференциальное уравнение. Условия однозначности, уравнение теплоотдачи. Понятие пограничного слоя. Гидродинамический и тепловой пограничный слой. Безразмерный вид математического описания конвективного теплообмена. Безразмерные комплексы: число Рейнольдса, число Грасгофа, число Релея, число Нуссельта..

#### 3.2. Внешняя задача конвективного теплообмена

Теплообмен и сопротивление при ламинарном и турбулентном пограничном слое на пластине. Теплообмен при вынужденном внешнем обтекании трубы и пучка труб. Теплоотдача при свободном движении жидкости около тел (пластина, труба), находящихся в неограниченном объеме жидкости. Свободная конвекция в ограниченном объеме (щели, зазоры)..

#### 3.3. Конвективная теплоотдача при течении жидкости в трубах (каналах)

Теплообмен при движении теплоносителей в трубах и каналах. Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении в трубе. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режимы. Учет начального участка, граничных условий. Число Пекле. Число Стантона. Расчет коэффициента теплопередачи. Интенсификация конвективного теплообмена при течении теплоносителя в трубах и каналах..

#### 4. Теплоотдача при фазовых превращениях теплоносителя

##### 4.1. Теплообмен при кипении

Условия динамического и теплового взаимодействия на поверхности раздела фаз. Структуры, режимы и количественные характеристики двухфазных потоков. Теплообмен при кипении. Кривые кипения. Физика кипения. Модели теплообмена при пузырьковом кипении. Плотность центров парообразования. Рост пузырька пара в перегретой жидкости. Коэффициент теплоотдачи при пузырьковом кипении. Расчетные соотношения для кипения в большом объеме. Кризис кипения. Пленочное кипение. Кипение в трубах. Структура потока и режимы кипения. Диагностика кризисов кипения в зависимости от давления, массовой скорости и паросодержания..

##### 4.2. Теплообмен при конденсации

Пленочные течения. Теплообмен при конденсации на гравитационных ламинарных пленках жидкости. Гравитационные турбулентные пленки. Сдвиговые ламинарные пленки. Сдвиговые турбулентные пленки. Расчет трения на межфазной границе. Универсальные аппроксимации для расчета теплообмена при конденсации. Конденсация на трубных пучках. Конденсация в трубах. Влияние примесей неконденсирующихся газов. Конденсация при непосредственном контакте на сплошных и диспергированных струях жидкости. Расчет тепломассообмена при конденсации парогазовой смеси..

#### 5. Законы излучения. Теплообмен излучением в прозрачной среде

##### 5.1. Законы излучения

Основные понятия и законы. Количественные характеристики излучения. Классификация потоков излучения. Закон Кирхгофа. Законы излучения абсолютно черного тела. Излучение и поглощение нечерных тел..

##### 5.2. Теплообмен излучением в прозрачной среде

Теплообмен излучением в прозрачной среде. Понятие углового коэффициента излучения. Расчет угловых коэффициентов. Замкнутая система поверхностей. Аналитические решения для простых систем. Примеры, приложения. Радиационные и конвективные тепловые потоки. Граничные условия. Задача об экранных поверхностях нагрева. Компьютерное моделирование..

#### 6. Теплообмен излучением в поглощающих и излучающих средах

##### 6.1. Характеристики поглощающей среды

Поглощательная способность и степень черноты среды. Эффективная длина луча. Закон Бугера..

6.2. Инженерный метод расчета лучистого теплообмена в системе тел, заполненной излучающей и поглощающей средой

Понятие о методах расчета сложного теплообмена (радиационно-кондуктивного и радиационно-конвективного). Приближенный расчет лучистого теплообмена в замкнутой системе тел, разделенных излучающе-поглощающей средой (серое приближение). Определение поглощательной способности и степени черноты среды (продуктов сгорания). Расчет теплообмена в системе типа «газ в оболочке»..

#### 7. Тепломассообменные аппараты



7.1. Инженерные методы расчета тепломассообмена в энергетических установках  
Классификация теплообменных аппаратов. Рекуперативные теплообменники. Регенеративные теплообменники. Смесительные теплообменники. Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Среднелогарифмический температурный напор. Прямоток, противоток, сложные схемы движения теплоносителей. Конструкторский и поверочный тепловые расчеты рекуперативного теплообменника. Метод среднелогарифмического температурного напора расчета теплообменных аппаратов..

#### 7.2. Теплогидравлический расчет теплообменника

Оценка максимальной тепло-производительности теплообменного аппарата. Сравнение прямого и обратного, предельные случаи. Теплогидравлический расчет теплообменника..

### 8. Основы массообмена

#### 8.1. Основные понятия массообмена

Концентрационная диффузия (массы). Вектор плотности потока массы. Закон Фика. Коэффициент диффузии. Термо- и бародиффузия. Дифференциальные уравнения совместных процессов массо- и теплообмена. Диффузионный пограничный слой. Аналогия процессов массо- и теплообмена. Диффузионные аналоги чисел Нуссельта и Прандтля.

#### 8.2. Массообмен в двухкомпонентных средах

Соотношения материального и энергетического баланса для межфазной границы. Случай полупроницаемой межфазной границы. Формула Стефана. Стефанов поток. Массо- и теплообмен при испарении в парогазовую среду. Адиабатное испарение. Массо- и теплообмен при конденсации пара из парогазовой смеси.

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

1. Расчет теплообмена излучением в системе с излучающим и поглощающим газом;
2. Расчет теплопередачи через плоские, цилиндрические и сферические стенки;
3. Расчет теплоотдачи при кипении на поверхности. Расчет кризисов кипения 1-го рода;
4. Расчет теплоотдачи при свободной и вынужденной конвекции.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Принципы тепломассообмена"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теплопроводность"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Конвективный теплообмен"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теплоотдача при фазовых превращениях теплоносителя"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теплообмен излучением"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Тепломассообменные аппараты"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы массообмена"

### **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	6	7	8	
<b>Знать:</b>										
процессы теплообмена при фазовых превращениях	ИД-3ОПК-4						+			Тестирование/Теплоотдача при фазовых переходах
уравнения теории массо- и теплообмена	ИД-3ОПК-4								+	Домашнее задание/Задачи массообмена
законы теплового излучения	ИД-3ОПК-4			+						Тестирование/Законы излучения. Теплообмен излучением в прозрачной среде
основные понятия тепломассообмена	ИД-3ОПК-4	+								Тестирование/Введение в тепломассообмен
<b>Уметь:</b>										
рассчитывать температурные поля в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью обеспечения эффективности процессов тепломассообмена	ИД-3ОПК-4		+							Тестирование/Теплопроводность
рассчитывать температурные поля в потоках технологических жидкостей и газов	ИД-3ОПК-4					+				Контрольная работа/Конвективный теплообмен
рассчитывать теплообмен излучением в системе тел, заполненной поглощающей средой	ИД-3ОПК-4				+					Расчетное задание/Теплообмен излучением в лучепоглощающей среде
выполнять тепловой расчет теплообменных аппаратов	ИД-3ОПК-4							+		Контрольная работа/Теплогидравлический расчет теплообменного аппарата

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

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

###### **5 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Введение в тепломассообмен (Тестирование)
2. Законы излучения. Теплообмен излучением в прозрачной среде (Тестирование)
3. Теплопроводность (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Теплообмен излучением в лучепоглощающей среде (Расчетное задание)

###### **6 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Конвективный теплообмен (Контрольная работа)
2. Теплоотдача при фазовых переходах (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Задачи массообмена (Домашнее задание)
2. Теплогидравлический расчет теплообменного аппарата (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

###### Экзамен (Семестр №5)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

###### Экзамен (Семестр №6)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

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

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

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

1. Солодов А.П. - "Математические модели пленочной конденсации", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2011 - (120 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72234;](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72234)

2. 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 .;

3. 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/elib/view.php?id=4233>.

## 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. SmathStudio.

## 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. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
6. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
7. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
8. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
9. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
10. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-417/6, Белая мультимедийная студия	стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная,

		компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ж-200б, Конференц-зал ИДДО	стол, стул, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ж-417 /2а, Помещение для инвентаря	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Тепломассообмен

(название дисциплины)

## 5 семестр

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

КМ-1 Введение в тепломассообмен (Тестирование)

КМ-2 Теплопроводность (Тестирование)

КМ-3 Законы излучения. Теплообмен излучением в прозрачной среде (Тестирование)

КМ-4 Теплообмен излучением в лучепоглощающей среде (Расчетное задание)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Принципы тепломассообмена					
1.1	Основные понятия тепломассообмена		+			
1.2	Математическое описание тепломассообмена		+			
2	Теплопроводность					
2.1	Одномерные стационарные задачи теплопроводности			+		
2.2	Одномерные линейные нестационарные задачи теплопроводности			+		
3	Законы излучения. Теплообмен излучением в прозрачной среде					
3.1	Законы излучения				+	
3.2	Теплообмен излучением в прозрачной среде				+	
4	Теплообмен излучением в поглощающих и излучающих средах					
4.1	Характеристики поглощающей среды					+
4.2	Инженерный метод расчета лучистого теплообмена в системе тел, заполненной излучающей и поглощающей средой					+
Вес КМ, %:			10	30	30	30

## 6 семестр

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

КМ-5 Конвективный теплообмен (Контрольная работа)

КМ-6 Теплоотдача при фазовых переходах (Тестирование)

КМ-7 Теплогидравлический расчет теплообменного аппарата (Контрольная работа)

КМ-8 Задачи массообмена (Домашнее задание)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Конвективный теплообмен					
1.1	Введение в конвективный теплообмен		+			
1.2	Внешняя задача конвективного теплообмена		+			
1.3	Конвективная теплоотдача при течении жидкости в трубах (каналах)		+			
2	Теплоотдача при фазовых превращениях теплоносителя					
2.1	Теплообмен при кипении			+		
2.2	Теплообмен при конденсации			+		
3	Тепломассообменные аппараты					
3.1	Инженерные методы расчета тепломассообмена в энергетических установках				+	
3.2	Теплогидравлический расчет теплообменника				+	
4	Основы массообмена					
4.1	Основные понятия массообмена					+
4.2	Массообмен в двухкомпонентных средах					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25