

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Зам. директора  
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
в г. Смоленске  
по учебно-методической работе  
В.В. Рожков  
« 16 » 11 20 15 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ТЕПЛОМАССООБМЕН**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

**Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Профиль подготовки: Промышленная теплоэнергетика**

**Уровень высшего образования: бакалавриат**

**Нормативный срок обучения: 5 лет**

**Форма обучения: заочная**

**Смоленск, 2015 г.**

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

**Целью освоения дисциплины** является подготовка обучающихся к проектно-конструкторской деятельности по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

**Задачами дисциплины** является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- ОПК-2 - выпускник должен обладать способностью демонстрировать базовые знания в области естественно-научных дисциплин и готовность использовать основные законы в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- ПК-4 – способностью к проведению экспериментов по заданной методике и анализу результатов с привлечением соответствующего математического аппарата.

В результате изучения дисциплины студент должен:

### **Знать:**

- естественную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности (ОПК-2).

### **Уметь:**

- проводить эксперименты по заданной методике и анализировать результаты с привлечением соответствующего математического аппарата (ПК-4);
- 

### **Владеть:**

- способностью демонстрировать базовые знания в области естественно-научных дисциплин и использовать основные законы в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-2);
- готовностью анализировать научно-техническую информацию (ПК-4).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части дисциплин Б1.Б14 цикла Б1 образовательной программы подготовки бакалавров по бакалаврской программе «Промышленная теплоэнергетика», направления «Теплоэнергетика и теплотехника».

В соответствии с учебным планом по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника» дисциплина «Техническая термодинамика» базируется на следующих дисциплинах:

Б1.Б.6 Физика;

Б1.Б.8 Химия

Б1.Б.11 Материаловедение, Технология конструкторских материалов

Б1.Б.13 Техническая термодинамика.

Приобретенные в результате изучения дисциплины «Тепломассообмен» знания, умения и навыки являются неотъемлемой частью формируемых у выпускника компетенций в соответствии с федеральными образовательными стандартами по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника» и будут использованы при изучении дисциплин

Б1.В.ОД.11 Нагнетатели и тепловые двигатели;

Б1.В.ДВ.3.1 Численные методы моделирования процессов теплоэнергетики и теплотехники

Б1.В.ДВ.7.1 Теплогенерирующие установки промышленных предприятий;

Знания, полученные студентами в результате изучения дисциплины необходимы при написании выпускной бакалаврской работы и дальнейшего обучения по программе магистратуры.

### 3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

#### Аудиторная работа

Цикл:	Б1	Семестр
Часть цикла:	базовая	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Б.14	
Часов (всего) по учебному плану:	360	4 курс
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	10	4 курс
Лекции (ЗЕТ, часов)	0,29 10	4 курс
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	0,23 8	4 курс
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	0,23 8	4 курс
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	9 325	4 курс
Экзамен (ЗЕТ, часов)	0,25 9	4 курс

#### Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	1,1; 40
Подготовка к практическим занятиям (пз)	1,1; 40
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы (лаб)	1,2; 45
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	1,7; 60
Выполнение курсового проекта (работы)	-
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	1,1; 40
Подготовка к контрольным работам	2,8 100
Подготовка к тестированию	-
Подготовка к зачету	-
Всего:	9 325
Подготовка к экзамену	0,25 9

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических и видов учебных занятий**

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебной занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах)				
			лк	пр	лаб	СРС	в т.ч. интеракт.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	<b>Тема 1. Теплопроводность при стационарном режиме.</b>	34	10	20	4	20	4
2	<b>Тема 2. Теплопроводность при нестационарном режиме.</b>	20	4	8	8	20	8
3	<b>Тема 3. Основные положения конвективного теплообмена.</b>	12	8	4	-	8	-
4	<b>Тема 4. Теплопередача при свободном и вынужденном движении.</b>	34	8	14	12	36	6
5	<b>Тема 5. Теплообмен при фазовых переходах..</b>	24	8	12	4	12	4
6	<b>Тема 6. Массообмен.</b>	6	4	2	-	12	4
7	<b>Тема 7. Теплообмен излучением.</b>	32	12	12	8	18	4
	<b>Всего (включая 72 часа на подготовку к экзаменам):</b>	288	54	72	36	126	30

## Содержание по видам учебных занятий

### Лекции 4 семестр

**Лекция 1.** Основы теории теплопроводности. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. (2 часа).

**Лекция 2.** Теплопроводность при стационарном режиме. Теплопроводность плоской стенки. Теплопередача. Коэффициент теплопередачи. (2 часа).

**Лекция 3.** Теплопроводность цилиндрической стенки. Критический диаметр цилиндрической стенки. Передача теплоты через шаровую стенку. Обобщенный метод решения задач теплопроводности. (2 часа).

**Лекция 4.** Теплопроводность вдоль стержня постоянного сечения. Теплопередача через ребренную стенку. (2 часа).

**Лекция 5.** Теплопроводность при наличии внутренних источников теплоты. (2 часа).

**Лекция 6.** Теплопроводность при нестационарном режиме. Процесс нагревания (охлаждения) тонкой пластины. Числа Био и Фурье. Нестационарная теплопроводность цилиндра и шара. (2 часа).

**Лекция 7.** Регулярный режим нагревания и охлаждения тел. Численные методы решения задач теплопроводности. Метод аналогий. (2 часа).

**Лекция 8.** Конвективный теплообмен: основные понятия и определения. Теплоотдача. Понятие гидродинамического и теплового пограничного слоя. Теплообмен при турбулентном и ламинарном течении. (2 часа).

**Лекция 9.** Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена: уравнение энергии, движения, сплошности. Условия однозначности. (2 часа).

**Лекция 10.** Подобие и моделирование процессов конвективного теплообмена. Безразмерные числа подобия. Условия подобия. Уравнения подобия. (2 часа).

**Лекция 11.** Обработка результатов измерения и расчета конвективного теплообмена. Местный и средний коэффициент теплоотдачи. Средняя по сечению температура жидкости. Получение и использование эмпирических формул. (2 часа).

**Лекция 12.** Теплоотдача при свободном движении жидкости. Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности. Дифференциальные уравнения пограничного слоя. (2 часа).

**Лекция 13.** Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах. Особенности теплоотдачи в изогнутых трубах, трубах некруглого сечения и шероховатых.

**Лекция 14.** Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб. Теплоотдача при коридорном и шахматном расположении труб в пучке. (2 часа).

**Лекция 15.** Расчет теплообменных аппаратов с однофазным теплоносителем. Определение температурного напора и коэффициента теплопередачи. (2 часа).

**Лекция 16.** Виды конденсации неподвижного пара. Ламинарное и турбулентное течение пленки на вертикальной стенке. (2 часа).

**Лекция 17.** Теплообмен при пленочной конденсации движущегося пара внутри труб и каналов. Теплообмен при конденсации на горизонтальных, наклонных трубах и пучках труб. (2 часа).

**Лекция 18.** Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей. Кривые кипения. Микрохарактеристики процесса, режимные параметры и их влияние на процесс кипения. (2 часа).

### Лекции 5 семестр

**Лекция 19.** Теплообмен при пузырьковом кипении жидкости в неограниченном объеме. Расчет процессов пузырькового кипения. Теплообмен при кипении жидкости внутри труб. Кризисы кипения. (2 часа).

**Лекция 20.** Основные понятия тепло- и массообмена двухкомпонентных сред, виды диффузии, закон Фика. Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена. Тепло- и массоотдача. Диффузионный пограничный слой. (2 часа).

**Лекция 21.** Тепло- и массообмен при конденсации пара из парогазовой смеси; при испарении жидкости в парогазовую среду. Тепло и массообмен при химических превращениях. Преобразованный закон Ньютона-Рихмана. (2 часа).

**Лекция 22.** Основные понятия теплообмена излучением. Коэффициенты поглощения, пропускания и отражения. Монохроматическое и интегральное излучение. (2 часа).

**Лекция 23.** Законы теплового излучения: закон Планка, Вина, Стефана-Больцмана, Ламберта, Кирхгофа. (2 часа).

**Лекция 24.** Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой. Излучательная способность твердых тел и методы ее определения, теплообмен излучением между телом и его оболочкой. (2 часа).

**Лекция 25.** Угловые коэффициенты излучения. Геометрические свойства лучистых потоков. (2 часа).

**Лекция 26.** Лучистый теплообмен в произвольной замкнутой системе. Теплообмен излучением в поглощающей среде. (2 часа).

**Лекция 27.** Особенности излучения газов и паров. Закон Бугера. Оптическая толщина слоя. Сложный теплообмен. Критерии радиационного подобия (2 часа).

#### **Практические занятия.**

##### **4 семестр**

**Занятия 1.** Закон Фурье.

**Занятие 2.** Теплопроводность плоской стенки (стационарный режим).

**Занятия 3.** Теплопроводность многослойной плоской стенки (стационарный режим).

**Занятие 4.** Теплопередача через плоскую стенку (стационарный режим).

**Занятие 5.** Теплопроводность цилиндрической стенки (стационарный режим).

**Занятие 6.** Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки.

**Занятие 7.** Критический диаметр изоляции.

**Занятия 8, 9.** Теплообмен при ребристой поверхности.

**Занятие 10.** Теплообмен при наличии внутренних источников.

**Занятия 11, 12.** Теплоотдача пластины при нестационарном режиме.

**Занятия 13, 14.** Теплоотдача цилиндра при нестационарном режиме.

**Занятия 15, 16.** Критерии подобия.

**Занятия 17, 18.** Конвективный теплообмен при продольном обтекании пластины.

##### **5 семестр.**

**Занятия 19, 20.** Теплоотдача при свободной конвекции.

**Занятия 21, 22.** Теплоотдача при движении потока внутри труб.

**Занятия 23, 24.** Теплоотдача при поперечном обтекании труб и трубных пучков.

**Занятия 25, 26.** Теплоотдача при конденсации пара.

**Занятия 27, 28.** Теплоотдача при кипении жидкости в большом объеме.

**Занятия 29, 30.** Теплоотдача при кипении жидкости в условиях вынужденной конвекции.

**Занятия 31, 32.** Законы лучистого теплообмена.

**Занятия 33, 34.** Определение Угловых коэффициентов излучения.

**Занятия 35, 36.** Лучисто-конвективный теплообмен.

## Лабораторные работы

- №1. Измерение коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала. (6 часов).
- № 2. Экспериментальное определение коэффициентов теплопроводности и температуропроводности методом регулярного режима. (6 часов).
- № 3 . Определение угловых коэффициентов излучения экранных поверхностей. (6 часов).
- № 4. Определение коэффициента теплопередачи при вынужденном движении теплоносителя в трубах. (6 часов).
- № 5. Теплоотдача горизонтальной трубы при свободном движении воздуха. (6 часов).
- № 6. Теплоотдача при кипении воды в большом объеме. (6 часов).

## Расчетно-графическая работа.

Расчетно-графическая работа заключается в выполнении расчетного задания, состоящего из трех частей (5 семестр):

1. Теплообмен при стационарном режиме.
2. Теплообмен при нестационарном режиме.
3. Теплообмен при конденсации движущегося пара..

Экзамены проводятся в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационных сессиях в НИУ МЭИ и инструктивным письмом от 14. 05. 2012 г. № И-23.

## 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для обеспечения самостоятельной работы разработаны: методические указания по выполнению лабораторных работ и методические указания по выполнению расчетных заданий.

## 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции:ОПК-2, ПК-4.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов).
2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе защит лабораторных работ, а также решения конкретных технических задач на практических занятиях, успешной сдачи зачета.

### 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описания шкал оценивания

Формированность компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

При достаточном качестве освоения более 80% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на эталонном уровне, при освоении более 60% приведенных знаний, умений и навыков – на продвинутом, при освоении более 40% приведенных знаний, умений и навыков - на пороговом уровне. В противном случае компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

Уровень сформированности каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и представлен различными видами оценочных средств.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины выше указанных компетенций преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в расчетных заданиях студента. Учитывается качество защит расчетных заданий. Кроме того учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах на практических и лабораторных занятиях.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций в результате выполнения заданий на практических занятиях.

Оценивается активность работы студента на практических занятиях, глубина ответов студента «у доски» при устных опросах в процессе выполнения заданий к каждому практическому занятию.

Оценивается в процессе проведения каждого лабораторного занятия подготовка студента к выполнению лабораторной работы (знание целей лабораторной работы, наличие описания задачи и модели используемых в данной работе, алгоритма решения задачи, обладание теоретическими знаниями, необходимыми для выполнения работы), а также знания и навыки приобретенные в процессе выполнения работы при ее защите (результаты расчетов, качество оформления протокола, теоретические знания студентов в результате ответов на контрольные вопросы, приведенные в методических указаниях).

Способность сформулировать условия решаемой задачи, составить алгоритм ее решения, знание теоретических основ и технических аспектов функционирования технологических установок работа которых моделируется, умение правильно и качественно оформить результаты лабораторной работы – соответствует пороговому уровню формирования компетенций на данном этапе ее формирования; в дополнение к пороговому самостоятельно анализировать результаты решения поставленной задачи, оценивать эффективность функционирования моделируемых теплоэнергетических установок – соответствует продвинутому уровню; в дополнении к продвинутому способность самостоятельно оптимизировать характеристики изучаемой теплоэнергетической установки для различных внешних условий – соответствует эталонному уровню.

Формирование уровня компетенции не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является экзамен с оценкой, оцениваемый по принятой в ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» четырехбалльной системе: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Экзамен по дисциплине «Тепломассообмен» проводится в устной форме.



Критерии оценивания (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему на основные и дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины.

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все основные и дополнительные, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, знакомый с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему серьезные проблемы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на большинство теоретических основных и дополнительных вопросов (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент: после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.).

В зачетную книжку студента и выписку к диплому выносятся оценка экзамена по дисциплине за 4 курс.

### **6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

Вопросы по формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закреплёнными за дисциплиной

(примеры вопросов к практическим занятиям, лабораторным работам).

Перечень вопросов рассматриваемых на лабораторных занятиях содержится в методических указаниях к лабораторным работам, а перечень вопросов, задаваемых при защите расчетного задания – в методических указаниях по РЗ.

Вопросы по закреплению теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями (вопросы к экзамену).

Первые 2 вопроса в экзаменационном билете студента – вопросы по лекционному материалу. Третий вопрос – задача на тему, близкую к разбираемому на практических занятиях.

1. Законы теплопроводности
2. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
3. Условия однозначности в задачах теплопроводности.
4. Теплопроводность плоской стенки (стационарный режим).
5. Теплопроводность многослойной стенки.
6. Теплопередача через плоскую стенку.
7. Теплопроводность цилиндрической стенки (гран. Условия 1 рода).
8. Теплопередача через цилиндрическую стенку (гран. Условия 2 рода).
9. Критический диаметр цилиндрической стенки.
10. Передача теплоты через шаровую стенку.
11. Обобщенный метод решения задач теплопроводности.
12. Пути интенсификации процесса теплопередачи.
13. Теплопроводность в стержне постоянного сечения.
14. Теплопроводность через ребренную стенку.
15. Теплопроводность однородной пластины при наличии внутренних источников теплоты.
16. Теплопроводность цилиндрического стержня при наличии внутренних источников теплоты.
17. Теплопроводность цилиндрической стенки при наличии внутренних источников теплоты.
18. Процесс нагревания тонкой пластины (нестационарный).
19. Охлаждение бесконечно длинного цилиндра (нестационарный режим).
20. Охлаждение шара (нестационарный режим).
21. Охлаждение тел конечных размеров.
22. Охлаждение тел в зависимости от их формы и размеров.
23. Регулярный режим охлаждения.
24. Приближенные методов решения задач теплопроводности.
25. Метод аналогий в задачах теплопроводности.
26. Основные понятия конвективного теплообмена.
27. Уравнение энергии конвективного теплообмена.
28. Уравнение движения конвективного теплообмена.
29. Уравнение сплошности и условия однозначности при конвективном теплообмене.
30. Гидродинамический и тепловой погранслои.
31. Турбулентный перенос теплоты и количества движения.
32. Приведение краевой задачи к безразмерным переменным
33. Числа и уравнение подобия.
34. Условия подобия.
35. Моделирование процессов конвективного теплообмена.
36. Определение средней температуры и теплового потока.
37. Осреднение коэффициентов теплоотдачи температурного напора и получение эмпирических формул.
38. Теплоотдача при свободном движении жидкости. Ламинарное движение вдоль вертикальной пластины.
39. Теплообмен в ограниченном пространстве.
40. Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности (ламинарный погранслой).
41. Переход ламинарного течения в турбулентное и теплоотдача при турбулентном погранслое.
42. Гидродинамическая и тепловая стабилизация при вынужденном течении в трубах.
43. Коэффициент теплоотдачи трубы при ламинарном и турбулентном режимах.

44. Теплоотдача в некруглых, изогнутых и шероховатых трубах..

## 5 семестр

45. Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании одиночной круглой трубы.
46. Поперечное омывание пучков труб.
47. Уравнения теплового расчета теплообменных аппаратов.
48. Нахождение средней разности температур при расчете теплообменных аппаратов.
49. Расчет конечных температур при расчете теплообменных аппаратов.
50. Основные положения при конденсации и кипении.
51. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара.
52. Теплообмен при пленочной конденсации движущегося пара внутри труб.
53. Теплообмен при пленочной конденсации движущегося пара на горизонтальных трубах и пучках труб.
54. Механизм теплообмена при пузырьковом кипении жидкости.
55. Теплообмен при пузырьковом кипении жидкости в неограниченном объеме.
56. Теплообмен при кипении жидкости внутри труб.
57. Кризисы кипения.
58. Основные понятия и законы тепло- и массообмена в двухкомпонентных средах.
59. Уравнение массообмена.
60. Уравнение энергии при массообмене.
61. Тепло- и массоотдача.
62. Тепло- и массообмен при конденсации пара из парогазовой смеси.
63. Тепло- и массообмен при испарении жидкости в парогазовую среду.
64. Тепло- и массообмен при химических превращениях.
65. Основные законы теплового излучения.
66. Закон Планка.
67. Законы Стефана-Больцмана и Кирхгофа.
68. Закон Ламберта. Черные температуры.
69. Теплообмен излучением в системе тел с плоско-параллельными поверхностями.
70. Излучательная способность твердых тел и методы ее определения.
71. Теплообмен излучением между телом и его оболочкой.
72. Угловые коэффициенты излучения.
73. Геометрические свойства лучистых потоков.
74. Исследование лучистого теплообмена в произвольной замкнутой системе.
75. Теплообмен в поглощающих средах.
76. Сложный теплообмен.
77. Критерии радиационного подобия.

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

### а) основная литература

1. Павлова И.Б. Теплопроводность при стационарном режиме в многослойной плоской стенке [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие. – Электрон. дан. –М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени

Н.Э.Баумана), 2010 – 16 с. Режим доступа:  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=52190](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52190) –Загл. с экрана.

2. Круглов Г.А. Теплотехника. [Электронный ресурс]: учебное пособие/Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова. – Электрон. Дан. – СПб.: Лань, 2012. – 208 с. Режим доступа:  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3900](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3900) –Загл. с экрана

3. Кудинов А.А. Тепломассообмен. –М.:Тепломассообмен. –М.: ИНФРА-М, 2012. (15 шт.).

#### б) дополнительная литература

1. Логинов. В.С. Примеры и задачи по тепломассообмену. [Электронный ресурс]: учебное пособие/В.С. Логинов, Крайнов А.В., В.Е. Юхнов и др.. – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2011. – 256 с. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=1553](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1553) –Загл. с экрана

2. Таранова Л.В. Теплообменные аппараты и методы их расчета: учебное пособие. [Электронный ресурс]: учебное пособие – Электрон. Дан. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. – 153 с. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=28331](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=28331) –Загл. с экрана

3. Любов С.К., Любова Т.С. Термодинамика и тепломассообмен. Расчетное задание по курсу «Теоретические основы теплотехники». Смоленск, 2010. (29 шт.).

#### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины

1. Официальный сайт библиотеки МЭИ – <http://lib.sbmpei.ru/>

#### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях и лабораторных работах, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Во время **лекции** студент должен вести краткий конспект.

Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий. При этом необходимо пометить материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. При этом обучающийся должен стараться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если ему самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Обучающемуся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

**Практические (семинарские) занятия** составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Основная цель проведения практических (семинарских) занятий - формирование у студентов аналитического, творческого мышления путем приобретения практических навыков.

Методические указания к практическим (семинарским) занятиям по дисциплине наряду с рабочей программой и графиком учебного процесса относятся к методическим документам, определяющим уровень организации и качества образовательного процесса.

Содержание *практических (семинарских) занятий* фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

Важнейшей составляющей любой формы практических занятий являются упражнения (задания). Основа в упражнении - пример, который разбирается с позиций теории, развитой в лекции. Как правило, основное внимание уделяется формированию конкретных умений, навыков, что и определяет содержание деятельности студентов - решение задач, графические работы, уточнение категорий и понятий науки, являющихся предпосылкой правильного мышления и речи.

Практические (семинарские) занятия выполняют следующие задачи:

стимулируют регулярное изучение рекомендуемой литературы, а также внимательное от-

ношение к лекционному курсу;

закрепляют знания, полученные в процессе лекционного обучения и самостоятельной работы над литературой;

расширяют объем профессионально значимых знаний, умений, навыков;

позволяют проверить правильность ранее полученных знаний;

прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления;

способствуют свободному оперированию терминологией;

предоставляют преподавателю возможность систематически контролировать уровень самостоятельной работы студентов.

При подготовке к **практическим занятиям** необходимо просмотреть конспекты лекций и методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

**Лабораторные работы** составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение студентами лабораторных работ направлено на:

обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;

формирование необходимых профессиональных умений и навыков;

Методические указания по проведению лабораторных работ разрабатываются на срок действия РПД (ПП) и включают:

заглавие, в котором указывается вид работы (лабораторная), ее порядковый номер, объем в часах и наименование;

цель работы;

предмет и содержание работы;

оборудование, технические средства, инструмент;

порядок (последовательность) выполнения работы;

правила техники безопасности и охраны труда по данной работе (по необходимости);

общие правила к оформлению работы;

контрольные вопросы и задания;

список литературы (по необходимости).

Содержание лабораторных работ фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

При планировании лабораторных работ следует учитывать, что наряду с ведущей целью - подтверждением теоретических положений - в ходе выполнения заданий у студентов формируются практические умения и навыки обращения с лабораторным оборудованием, аппаратурой и пр., которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с таким расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством студентов.

Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы.

Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов – их теоретической готовности к выполнению задания.

Порядок проведения **лабораторных работ** в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. Помимо собственно выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письмен-

ный опрос студентов для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия.

При подготовке к **экзамену** в дополнение к изучению конспектов лекций, учебных пособий и слайдов, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке к экзамену нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.

**Самостоятельная работа студентов (СРС)** по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса. Методические материалы и рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту.

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

При проведении **лекционных** занятий не предусматривается использование *систем* мультимедиа.

При проведении **лабораторных работ** предусматривается использование систем мультимедиа и моделирования.

#### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

##### **Лекционные занятия:**

Не оснащенная аудитория.

**Практические занятия** по данной дисциплине проводятся в аудитории, не оснащенной мультимедийной техникой.

**Лабораторные работы** по данной дисциплине проводятся в учебно-научно-исследовательской лаб.№ 424 «Теоретические основы теплотехники».

Автор к.ф.-м.н., доцент

Любов С.К.

Зав. кафедрой ПТЭ к.т.н., доцент

Михайлов В.А.

Программа одобрена на заседании кафедры ПТЭ от 16 ноября 2015 года, протокол №4.