

15-16

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича**  
**Столетовых»**  
**(ВлГУ)**



**С У В Е Р Ж Д А Ю»**  
 Проректор  
 по учебно-методической работе  
 А.А Панфилов  
 « 11 » ноября 2015г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Основы тепломассообмена»**

Направление подготовки 13.03.03 – энергетическое машиностроение  
 Профиль/ программа подготовки – двигатели внутреннего сгорания  
 Уровень высшего образования – бакалавриат  
 Форма обучения – очная

Семестр	Трудоем- кость зач. ед., час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежу- точного контр. (экз., час.)
4	7/252	54	36	18	108	Экз.36
Итого	7/252	54	36	18	108	Экз.36

Владимир, 2015

*Handwritten signature*

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Основы тепломассообмена» являются:

- изучение фундаментальных законов тепломассообмена, особенностей процессов передачи теплоты в различных термодинамических средах;
- изучение параметров, позволяющих дать качественную и количественную характеристику процессов передачи теплоты;
- формирование навыков анализа процессов тепломассообмена в машинах и аппаратах, их агрегатах и узлах, в окружающей среде;
- изучение основных закономерностей процессов тепломассообмена, протекающих в тепловых двигателях, холодильных установках и др. агрегатах.

**Задачи дисциплины:**

- ознакомить студентов с параметрами, характеризующими состояние рабочих тел, указать на взаимосвязи между параметрами состояния;
- сформировать навыки использования законов передачи теплоты при проектировании и совершенствовании энергетических установок;
- дать представление об основных процессах передачи и преобразования теплоты в двигателях и холодильных установках;
- обучить студентов основам оценки эффективности энергетических машин и установок.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина относится к базовой части блока Б1 структуры программы бакалавриата.

Для успешного изучения курса студенты должны быть знакомы с основными положениями высшей математики (дифференциальное и интегральное исчисление), физики (молекулярно-кинетическая теория), термодинамики и химии.

Дисциплина «Основы тепломассообмена» закладывает знания для успешного изучения целого ряда естественнонаучных и узкоспециальных дисциплин. Она дает студентам знания о законах превращения тепла и энергии в работу и работы в энергию. Позволяет научиться оперировать свойствами рабочих тел, проводить исследование тепловых процессов и циклов, оценивать их энергетические параметры и эффективность.

Знания о строении вещества, полученные при изучении термодинамики, физики и химии, позволяют студентам составить целостную, реальную картину физических процессов и тепловых явлений, происходящих в термодинамическом рабочем теле.

Дисциплина «Основы тепломассообмена» является фундаментальной составной частью процесса подготовки современного специалиста, владеющего перспективными методами разработки и исследования энергетических установок, способного к инновационной деятельности в условиях высокотехнологичной и научной среды.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ТЕПЛОМАССООБМЕНА»

В результате освоения программы «Основы тепломассообмена» у выпускника должны быть сформулированы следующие компетенции:

- способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального (ОПК-2);
- способность к конструкторской деятельности (ПК-1).

**Знать:** законы тепломассообмена в энергетических установках, тенденции развития энергетических машин.

**Уметь:** анализировать протекание рабочих процессов в соответствии с современными представлениями, применять существующие регламенты и стандарты при проектировании машин.

**Владеть:** современным физико-математическим аппаратом для проведения соответствующих работ, теоретических и экспериментальных исследований при совершенствовании техники.

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ТЕПЛОМАССООБМЕНА»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах/%)	Форма текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации	
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП/КР			
1	Предмет и задачи дисциплины «Основы тепломассообмена», основные понятия и определения.	4	1	2	2				5		1/ 25	
2	Теплопроводность. Закон Фурье. Градиент	4	2-3	6	4	4			5		2/ 14,3	

	температуры. Тепловой поток, плотность теплового потока. Коэффициент теплопроводности										
3	Дифференциальное уравнение теплопроводности	4	4	4	2			10		2/ 33	
4	Теплопроводность через плоскую однослойную и многослойную стенки. Теплопроводность через однослойную и многослойную цилиндрическую стенки	4	5-6	6	4	4		15		2/ 14,3	Рейтинг-контроль № 1
5	Пути интенсификации теплопередачи. Анализ коэффициента теплопередачи. Интенсификация теплопередачи за счет оребрения стенок.	4	7	2	2			20		2/ 50	
6	Критический диаметр тепловой изоляции. Типы теплообменных аппаратов и основы их расчета. Графики изменения температуры в прямоточном и противоточном теплообменниках	4	8-9	6	4	4		10		2/ 14,3	
7	Конвективный теплообмен. Основные свойства теплоносителя. Основное уравнение конвективного теплообмена.	4	10	4	2			10		2/ 33	
8	Основы теории подобия, вывод критерия Нуссельта. Критериальные уравне-	4	11-12	6	4			5		1/ 10	Рейтинг-контроль № 2



	<p>ния</p> <p>Коэффициент теплоотдачи и порядок его расчета.</p> <p>Конвекция при свободном движении газа. Конвекция при турбулентном и ламинарном движении жидкости в трубах.</p>									
9	<p>Теплопередача через плоскую и цилиндрическую однослойную и многослойную стенки.</p>	4	13	2	2	4		5	2/ 25	Рейтинг-контроль № 3
10	<p>Тепловое излучение. Основные понятия и определения. Законы теплового излучения Планка, Вина, Стефана-Больцмана и Кирхгофа. Экраны. Расчет снижения теплопередачи через один экран.</p> <p>Теплообмен при высоких скоростях движения газа</p>	4	4-15	6	4			9	2/20	
11	<p>Тепло и массоперенос во влажных телах</p> <p>Основные виды связи влаги с материалом</p>	4	16	4	2			5	2/33,3	
12	<p>Градиент влагосодержания и общий коэффициент диффузии (бародиффузия, суммарный массоперенос)</p>	4	17-18	6	4			9	2/20	
	<b>Итого:</b>	4	18	54	36	18		108	22/ 20,4	Экз. 36

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках намеченной стратегической технологии принята ориентация на тактические образовательные технологии, являющиеся конкретным способом достижения целей образования.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (групповых дискуссий, компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций, результатов работы студенческих исследовательских групп) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, в целом в учебном процессе предусмотрен в объёме не менее 20 процентов аудиторных занятий (по данной дисциплине – 20,4%).

При чтении лекций по темам используется метод изложения материала с использованием интерактивной формы проведения занятия.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУ- ДЕНТА**

В процессе изучения дисциплины используют различные методы контроля. На занятиях проводится перекрестный опрос студентов с целью выяснения, как они усвоили предыдущий материал. Если требуется дополнительное изложение, то для этого используются часы консультаций.

На практических занятиях студенты под руководством преподавателя самостоятельно решают задачи по всем изучаемым темам, чтобы выработать у студентов профессиональные компетенции.

Проводится рейтинг, который включает контроль самостоятельной работы студентов по освоению материала, прочитанного на лекциях, изученного на практических и лабораторных занятиях.

### **6.1. Тесты к рейтинг- контролю №1 по дисциплине «Основы теплообмена»**

К разделу лекций прилагается необходимый набор **тестов**, в которых дано не менее трех ответов на поставленный вопрос. Студенту необходимо вначале внимательно прочитать вопрос, а затем найти правильный ответ. При этом необходимо быть особенно внимательным, так как некоторые тесты могут быть зачтены при нескольких положительных ответах. Для успешного ответа на поставленные вопросы, студенту будет необходимо использовать не только лекционный материал, но и прилагаемую литературу или материал интернета.

1.Какая из функций определяет одномерное нестационарное температурное поле?

- А.  $T = f(x, y, z)$     Б.  $T = f(x)$     В.  $T = f(x, \tau)$     Г.  $T = f(x, y, \tau)$

2.Что называется градиентом температуры?

А. Градиент температуры - это отношение изменения температуры к расстоянию между изотермами.

Б. Градиент температуры – это предел изменения отношения температуры  $\Delta T$  к расстоянию между изотермами.

В. Градиент температуры – это предел изменения отношения температуры  $\Delta T$  к расстоянию между изотермическими поверхностями  $\Delta n$  при условии, что  $\Delta n$  стремится к нулю.

3. Что означает знак минус в уравнении Фурье?

А. Теплота имеет направление противоположное градиенту температуры

Б. Вектор градиента температуры направлен в противоположную сторону вектора плотности теплового потока

В. Вектор плотности теплового потока меньше вектора градиента температуры на бесконечно малую величину.

4. Укажите одномерное нестационарное температурное поле

- А.  $T = f(x, y)$     Б.  $T = f(x)$     В.  $T = f(x, \tau)$

5. Укажите двухмерное стационарное температурное поле

- А.  $T = f(x, \tau)$     Б.  $T = f(x, y)$     В.  $T = f(x, z)$

6. Укажите уравнение плотности теплового потока

$$- \lambda \operatorname{grad} T$$

- А.  $dQ_\tau = -\lambda dF d\tau \operatorname{grad} T$     Б.  $\Phi$     В.

$$q = -\lambda \operatorname{grad} T$$

7. Укажите уравнение, по которому определяется величина теплового потока, проходящего через однослойную плоскую стенку.

- А.  $\Phi = (\Delta T 2 \pi \lambda_1) / \ln(r_1/r_2)$     Б.  $\Phi = \lambda A (T_{сТ1} - T_{сТ2}) / \delta$     В.  $\Phi = (4\pi \lambda \Delta T) / (1/r_1 - 1/r_2)$

8. Укажите общее выражение, определяющее градиент температуры

- А.  $\operatorname{grad} T = \lim (\Delta T / \Delta n)$     Б.  $\operatorname{grad} T = \lim (\Delta T / \Delta n)$

( $\Delta n \rightarrow 0$ )

- В.  $\operatorname{grad} T = dT/dx$     Г. ( $\operatorname{grad} T$ ) =  $dT/dY$

9. Укажите зависимость, называемую законом Фурье для теплопроводности.

А.  $\Phi = -\lambda dA \text{ grad } T$ ; Б.  $q = -\lambda \text{ grad } T$ ; В.  $q_n = -\lambda \cos\varphi (\Delta T / \Delta n)$ ; Г.  $dQ_\tau = -\lambda dA d\tau (\Delta T / \Delta n)$

**10. Укажите зависимость, по которой определяют тепловой поток через трёхслойную плоскую стенку**

А.

Б.

В.

**11. Укажите зависимость, по которой определяют тепловой поток через трёхслойную цилиндрическую стенку**

А.

Б.

В.

**12. Укажите зависимость, по которой определяют тепловой поток через многослойную цилиндрическую стенку**

А.

Б.

В.

13. Укажите зависимость, по которой определяют тепловой поток через шаровую поверхность

А.

Б.

В.

14. По какой из формул определяется средняя площадь поверхности шаровой стенки произвольной формы

А.

Б.

В.

15. Какое математическое выражение называют оператором Лапласа?

А.  $\frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial x^2}$

Б.  $\nabla^2$

С.  $\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}$

16. Укажите дифференциальное уравнение теплопроводности для трехмерного нестационарного температурного поля без внутренних источников теплоты

А.  $\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}$

Б.  $\frac{\partial t}{\partial \tau} = \alpha \nabla^2 \frac{q_v}{c\rho}$

С.  $\frac{\partial t}{\partial \tau} = \alpha \nabla^2 T$



А.  $Pr = 1$     Б.  $Pr > 1$     В.  $Pr < 1$     Г.  $Pr = 0$

**5. Какую размерность имеет коэффициент теплоотдачи ?**

А.  $Вт/М^2$     Б.  $Вт/(М К)$     В.  $Вт/ (М^2 К)$

**6. Укажите коэффициент теплопередачи**

А.  $K$                       Б.  $\lambda$                       С.  $A$

**7. Укажите уравнение Ньютона – Рихмана**

А.

Б.

В.

**8. Укажите уравнение теплового потока, передаваемого теплопередачей через одно-  
слойную плоскую стенку**

А.

Б.

В.

**9. Укажите уравнение коэффициента теплопередачи через однослойную плоскую  
стенку**

А.

Б.

В.





**19. В случае турбулентного движения жидкости толщина динамического пограничного слоя на поверхности канала**

- А. Не изменяется                      Б. Уменьшается                      В. Возрастает

**20. Каким критерием определяется характер движения жидкости?**

- А. Критерием Прандтля;      Б. Критерием Рейнольдса; В. Критерием Нуссельта.

**Тесты к рейтинг- контролю №3 по дисциплине «Основы теплообмена»**

**1. Какое из критериальных уравнений необходимо применять при свободном движении среды?**

- А.  $Nu = f(Re, Pr, Gr)$       Б.  $Nu = f(Re, Pr)$                       В.  $Nu = f(Pr, Gr)$

**2. Что характеризует собой критерий Нуссельта?**

- А. Соотношение подъемной силы и силы молекулярного трения  
Б. Физические свойства теплоносителя  
В. Конвективный теплообмен между теплоносителем и твердым телом  
Г. Соотношение между силами давления и силами инерции.

**3. Каким выражением определяется коэффициент поглощения?**

- А.  $R = Q_R/Q$                       Б.  $A = Q_A/Q$                       В.  $D = Q_D/Q$

**4. Какой теплообменный аппарат имеет наибольший КПД ?**

- А. Прямоточного тока      Б. Противоточного тока      В. Поперечного тока

**5. Укажите уравнения для расчета теплообменных аппаратов.**

Choisissez une:

- А.  $Q = K A \Delta T$                       Б.  $Q = m \Delta h$                       В.  $dQ_t = -\lambda dA dt \text{ grad} T$

**6. Укажите закон Стефана-Больцмана для лучистого потока, распределяемого между двумя пластинами .**

- А.  $Q = C_{\text{прив.}} [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4] F$ ;      Б.  $E_0 = (C_1 \lambda^{-5}) / (e - 1)$ ;  
В.  $E_\varphi = E_n \cos \varphi$ ;      Г.  $E_\varphi = E_n \cos \varphi$

**7. Укажите закон Вина .**

- А.  $E_0 = C_0 (T/100)^4$       В.  $\lambda_{\text{max}} = 2,9/T$       С.  $\varepsilon = C/C_0$

**8. По какому уравнению определяется степень черноты тела?**

- А.    Б.  $E_0 = C_0 (T/100)^4$                       С.  $E_\varphi = E_n \cos \varphi$

**9. Во сколько раз уменьшится поток лучистой энергии между двумя телами при установке одного экрана между ними при условии равенства их степени черноты**

А. В два раза                      Б. В три раза                      В. В четыре раза

**10. При каком значении критерия Рейнольдса одиночная труба омывается безотрывно набегающим потоком жидкости**

А.  $Re > 10$       Б.  $Re < 5$                       В.  $Re = 2320$

**11. В каком сечении вдоль вертикальной трубы в случае свободного ламинарного движения потока значение коэффициента теплоотдачи будет наибольшим?**

А. В верхнем сечении                      Б. В среднем сечении                      В. В нижнем сечении

**12. Какой параметр является определяющим при расчете величины  $\alpha$  горизонтальной трубы при свободном движении воздуха?**

А. Длина                      Б. Диаметр                      В. Температура

**13. Что называется кипением?**

А. Процесс парообразования, при котором внутри жидкости образуются новые свободные поверхности раздела жидкой и паровой фаз.

Б. Процесс парообразования, при котором внутри жидкости, нагретой выше температуры насыщения образуются новые свободные поверхности раздела жидкой и паровой фаз.

В. Процесс парообразования, при котором внутри жидкости, находящейся при атмосферном давлении образуются новые свободные поверхности раздела жидкой и паровой фаз.

**14. Условие кипения на твердой поверхности**

А. Кипение на твердой поверхности теплообмена возникает тогда, когда температура поверхности теплообмена выше температуры кипящей жидкости, нагретой выше температуры насыщения при данном давлении.

Б. Кипение на твердой поверхности теплообмена возникает тогда, когда температура поверхности теплообмена ниже температуры кипящей жидкости, нагретой выше температуры насыщения при данном давлении.

В. Кипение на твердой поверхности теплообмена возникает тогда, когда температура поверхности теплообмена ниже температуры кипящей жидкости, нагретой ниже температуры насыщения при данном давлении.

**15. Что называется диффузией?**

А. Самопроизвольный процесс проникновения молекул одного вещества в другое в направлении установления внутри тел равновесной концентрации

Б. Процесс проникновения молекул одного вещества в другое в направлении установления внутри тел различной концентрации

В. Самопроизвольный процесс проникновения молекул одного вещества в другое в направлении установления внутри тел равновесного давления

**16. Что называется массообменом?**

- А. Переход вещества из одной фазы в другую посредством молярной диффузии
- Б. Переход вещества из одной фазы в другую посредством молекулярной и молярной диффузии
- В. Переход вещества из одной фазы в другую посредством молярной диффузии

### 17. Сформулировать закон Фика

- А. Плотность диффузионного потока вещества (количество вещества, диффундирующего в единицу времени через единицу площади из концентрационной поверхности) прямо пропорциональна градиенту концентраций.
- Б. . Плотность диффузионного потока вещества (количество вещества, диффундирующего в единицу времени через единицу площади из концентрационной поверхности) обратно пропорциональна градиенту концентраций.
- В. Плотность диффузионного потока вещества (количество вещества, диффундирующего в единицу времени через единицу площади из концентрационной поверхности) прямо не зависит от градиента концентраций.

### 18. Каким образом может быть удалена из вещества химически связанная влага?

- А. Только путем интенсивного прокаливания, которое обычно связано с изменением структуры вещества.
- Б. Только путем прокаливания, которое не связано с изменением структуры вещества.
- В. Только путем интенсивного прокаливания, которое обычно связано с изменением формы вещества.

### 19. Что характеризует критерий Лыкова?

- А. Гомохронность полей переноса теплоты и массы вещества
- Б. Интенсивность поля влажности по сравнению с интенсивностью температурного поля.
- В. Зависимость влажности тела от его температуры

### 20. Что называется коэффициентом эффективности ребра?

- А. Отношение количества теплоты  $Q_p$ , передаваемое поверхностью ребер в окружающую среду к теплоте, которую эта поверхность могла бы передать при постоянной температуре, равной у основания ребер.
- Б. Отношение количества теплоты  $Q_p$ , передаваемое поверхностью ребер в окружающую среду к теплоте, которую эта поверхность могла бы передать при постоянной температуре, равной в середине ребер.
- В. Отношение количества теплоты  $Q_p$ , передаваемое поверхностью ребер в окружающую среду к теплоте, которую эта поверхность могла бы передать при постоянной температуре, равной у вершин ребер.

Предложение по распределению баллов рейтинг- контроля (студенты по окончании изучения курса сдают экзамен).

№ п/п	Наименование мероприятий	Баллы (не более)
1	Посещение занятий (за все время обучения)	5
2	Рейтинг-контроль 1	10
3	Рейтинг-контроль 2	10
4	Рейтинг-контроль 3	15
4	Равномерность выполнения лабораторных работ в течение семестра (не более 5 баллов за каждую л. р.), с. р. с.	15
5	Дополнительные баллы (в случае защиты в срок лабораторных работ).	5

ИТОГО:

60

## 6.2. Рекомендации по самостоятельной работе студентов

### **Общая схема самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа заключается в изучении содержания тем курса по конспектам, учебникам и дополнительной литературе, подготовке к выполнению лабораторных работ, работа в течение семестра над лекционным курсом, к рубежным контролям, защите лабораторных работ и к экзамену. На лекциях преподаватель излагает основной материал по теме занятия, детально объясняет вопросы, вызвавшие у студентов затруднения, указывает на разделы, которые студенты должны освоить самостоятельно и дает рекомендации по их изучению. На лабораторных занятиях студенты выполняют лабораторные работы и на примере реальных явлений и процессов закрепляют пройденный материал. Самостоятельная работа может включать в себя практику подготовки рефератов, презентаций и докладов по ним. Тематика рефератов должна иметь проблемный и профессионально ориентированный характер, требующий самостоятельной творческой работы студента.

Дисциплина составлена таким образом, что студенты изучают на первых лекциях основные положения, касающиеся общих вопросов термодинамики. Основное внимание здесь должно быть уделено изучению основных законов, параметров термодинамических систем. Параллельно с чтением этого объема лекций проводятся и лабораторные работы, основные задачи которых изложены в специальном методическом

указании для лабораторных работ. Поэтому дисциплина является основной базой для успешного изучения последующих предметов. Следующие разделы лекционного цикла имеет решающее значение. Здесь необходимо обратить внимание на основы расчёта процессов в термодинамических системах. Так как эти темы обычно слабо понимаются большинством студентов, необходимо хорошо представлять расчётные схемы.

Лабораторные работы проводятся в специально оборудованной аудитории, где есть все необходимые установки для практического изучения всех термодинамических процессов. Для успешного их выполнения студенты изучают предварительно порядок проведения каждой лабораторной работы самостоятельно перед каждым занятием, сдают зачет и только после этого допускаются к работе. Выполнение и подготовку к лабораторным работам контролируется преподавателем перед каждым занятием.

### **Вопросы для самостоятельной работы студентов**

1. Теплопередача. Температурное поле. Градиент температуры.
2. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.
3. Теплопроводность через однослойную плоскую стенку
4. Теплопроводность через многослойную плоскую стенку
5. Теплопроводность через одно и многослойную цилиндрическую стенку
6. Теплопроводность через шаровую поверхность
7. Теплопроводность тел производной формы
8. Дифференциальные уравнения теплопроводности
9. Теплопередача через плоскую одно и многослойную стенки
10. Теплопередача через многослойную стенку при граничных условиях третьего рода

### **Контрольные вопросы к экзаменам**

1. Теплопередача. Температурное поле. Градиент температуры.
2. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.
3. Теплопроводность через однослойную плоскую стенку
4. Теплопроводность через многослойную плоскую стенку
5. Теплопроводность через одно и многослойную цилиндрическую стенку
6. Теплопроводность через шаровую поверхность
7. Теплопроводность тел производной формы
8. Дифференциальные уравнения теплопроводности

9. Теплопередача через плоскую одно и многослойную стенки
10. Теплопередача через многослойную стенку при граничных условиях третьего рода
11. Интенсификация теплопередачи за счет оребрения стенок
12. Теплопередача через шаровую поверхность при граничных условиях 3-го рода
13. Теплопередача прямого ребра переменного сечения
14. Конвективный теплообмен. Основные свойства теплоносителя
15. Пограничный слой. Критерий Прандтля
16. Уравнение конвективного теплообмена. Коэффициент теплоотдачи
17. Основы теории подобия. Вывод критерия Нуссельта
18. Критериальные уравнения
19. Конвекция при ламинарном течении жидкости в трубах
20. Конвекция при турбулентном течении жидкости в трубах
21. Теплообмен при поперечном омывании одиночной трубы
22. Основные понятия теплового излучения
23. Законы излучения: Планка, Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгоффа, Ламберта
24. Экраны. Расчет снижения теплопередачи через один экран
25. Типы теплообменных аппаратов и основы их расчета
26. Определения среднего логарифмического температурного напора
27. Теплообмен жидких металлов
28. Теплообмен при высоких скоростях движения газа
29. Конвекция при свободном движении газа
30. Теплообмен при кипении. Минимальный радиус пузырька
31. Теплообмен при конденсации
32. Тепло и массоперенос во влажных телах
33. Основные виды связи влаги с материалом
34. Градиент влагосодержания и общий коэффициент диффузии (бародиффузия, суммарный массоперенос)
35. Критический диаметр цилиндрической стенки

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) основная литература

1. В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк, Теплотехника [Электронный ресурс]

Учебное пособие, Абрис, 2012, <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200445.html>

2. В. И. Ляшков, Теоретические основы теплотехники [Электронный ресурс]. Учебное пособие для ВУЗов, 2012. Абрис. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200513.html>

3. Теплотехника: учебник для студ. Высш.учеб. заведений /М.Г. Шатров, И.Е. Иванов, С.А. Пришвин и др.; под ред. М.Г. Шатрова. – 2-е изд., испр. – Издательский центр «Академия», 2012, – 288 с. – (Сер. Бакалавриат), «Библиотех»<http://vlsu.bibliotech.ru/>

#### б) дополнительная литература

1. В.М. Басуров, Абаляев А.Ю.Б27 Сборник задач по технической термодинамике и тепломассообмену / Владим. гос.ун-т; Владимир, 45 с, ISBN 5-89368-488-5. (Электронная версия). ВлГУ, 2014. <http://e.lib.vlsu.ru/>

2. Теплотехника: Учеб. для вузов/ В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер и др.; Под ред. В.Н. Луканина. – М.; Высш. шк., 2009.- 671 с.:ил.«Библиотех».<http://vlsu.bibliotech.ru/>

3.В.М. Басуров, В.Ф.Гуськов. Теплотехника: Практикум/ Владим. гос. ун-т; сост.: Владимир, 2013, 72 с. (Электронная версия). ВлГУ <http://e.lib.vlsu.ru/>.

4. В.М.Басуров,В.Ф. Гуськов. Техническая термодинамика и теория теплообмена: Методические, указания к выполнению контрольных работ / Владим. гос. ун-т; сост.: Владимир, 2012, 28 с. (Электронная версия). ВлГУ <http://e.lib.vlsu.ru/>.

#### в) периодические издания

1. Ежемесячный теоретический и научно-практический журнал «Теплоэнергетика»

#### г) интернет – ресурсы

1. [www.twirpx.com](http://www.twirpx.com). 2.kodges.ru 3.[book-gu.ru](http://book-gu.ru)>energetika/termodinamika

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

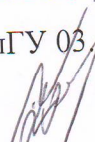
Занятия по дисциплине проводятся в компьютерном классе и лаборатории, оборудованной экспериментальными установками для проведения всех запланированных лабораторных работ, описание которых приведено в Практикуме: В.М. Басуров, В.Ф.Гуськов. Теплотехника: Практикум/ Владим. гос. ун-т; сост.: Владимир, 2013. 72 с. (Электронная версия). Имеются в наличии все необходимые теплотехнические диаграммы.

Технические средства включают:

1. Установка для определения коэффициентов теплопроводности материалов.
2. Установка для определения коэффициента теплоотдачи.
3. Установка для определения коэффициента теплопередачи

4. Установка по изучению степени черноты реального тела методом сравнения с эталоном.




Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта ВО по направлению 13.03.13 «Энергетическое машиностроение», утвержденному приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1083 от 01. 10. 2015 года, применительно к учебному плану направления 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» (уровень высшего образования бакалавриат), утвержденному ректором ВлГУ 03.11.2015 г.  
Рабочую программу составил доцент кафедры ТД и ЭУ, к.т.н.  В.М. Басуров

Рецензент

(представитель работодателя) главный специалист ООО «ЗИП «КТЗ» г. Владимир

д.т.н.

 А.Р. Кульчицкий

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Тепловые двигатели и энергетические установки»

10.11.2015г., протокол № 9

Зав. кафедрой  В.Ф. Гуськов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» (квалификация бакалавр)

11.11.2015г. протокол № 6

Председатель комиссии  В.Ф. Гуськов

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 2016/2017 учебный год

Протокол заседания кафедры № 21 от 6.09.2016 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
*[Signature]*

Рабочая программа одобрена на 2017/2018 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 05.09.17 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
*[Signature]*

Рабочая программа одобрена на 2018/2019 учебный год

Протокол заседания кафедры № 24 от 04.09.18 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
*[Signature]*

Рабочая программа одобрена на 2019/2020 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.19 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
*[Signature]*

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_