



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

Механико-технологический факультет

Кафедра «Сварочное производство и технология конструкционных материалов»

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе  
д-р техн. наук, проф.

\_\_\_\_\_ Н. В. Лобов  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ  
«ТЕПЛОПЕРЕДАЧА»**

Основная образовательная программа подготовки бакалавров  
Специальность **160700.62 «Двигатели летательных аппаратов»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Профиль подготовки бакалавра: 01 «Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок»,**

**Квалификация выпускника: бакалавр**

**Специальное звание выпускника: бакалавр-инженер**

**Выпускающая кафедра: «Авиационные двигатели» (АД)**

**Форма обучения: очная**

**Курсы: 2,3. Семестры: 4,5**

**Трудоёмкость:**

- кредитов по рабочему учебному плану: 6 ЗЕ  
- часов по рабочему учебному плану: 216 ч

**Виды контроля:**

Экзамен: 5 семестр. Зачёт: 4 семестр.

**Пермь  
2015**

## 4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

### Модуль 1. Основные положения теории теплопередачи. Теплопроводность.

#### Раздел 1. Основные положения теории теплопередачи. Теплопроводность.

Л – 11 ч, ЛР - 22 ч, СРС – 32 ч.

Тема 1. **Основные понятия и определения.** Теория теплопередачи как специальная теплотехническая дисциплина, этапы исторического развития. Значение дисциплины для последующего изучения специальных курсов и для практической деятельности. Способы распространения теплоты: теплопроводность, конвекция, излучение, их сравнительный анализ. Теплоотдача и теплопередача. Интенсификация процессов теплообмена. Тепловой поток, плотность теплового потока. Температурное поле, температурный градиент.

Тема 2. **Основные законы и уравнения теории теплопроводности.** Теплопроводность, как механизм передачи теплоты в твердом теле. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности, его физический смысл. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Коэффициент температуропроводности. Условия однозначности: геометрические, теплофизические, краевые. Тепловые граничные условия.

Тема 3. **Решение задач стационарной теплопроводности.** Теплопроводность плоской и цилиндрической стенки при граничных условиях первого и третьего рода. Термическое сопротивление контакта, методика оценки контактных сопротивлений. Теплопроводность при наличии внутренних тепловых источников.

Тема 4. **Решение задач нестационарной теплопроводности.** Теплопроводность при нестационарном режиме. Безразмерная формулировка краевой задачи теплопроводности. Критерии Био и Фурье, их физический смысл. Расчет времени нагрева и охлаждения тел. Метод регулярного теплового режима.

### Модуль 2. Теплопередача через стенки. Численные методы решения задач.

#### Раздел 2. Теплопередача через стенки. Численные методы решения задач.

Л – 7 ч, ЛР - 14 ч, СРС – 22 ч.

Тема 5. **Теплопередача через стенки.** Определение явления теплопередачи. Коэффициент теплопередачи. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки при стационарном режиме. Тепловая изоляция. Критический диаметр тепловой изоляции. Теплопередача через ребристые стенки. Коэффициент эффективности ребер. Теплопередача через стенки при нестационарном режиме.

Тема 6. **Численные методы решения задач.** Основы численных методов расчета температурных полей (метод конечных разностей). Явная и неявная схемы аппроксимации. Устойчивость и сходимости численного решения. Ошибки дискретизации разностных схем. Прямые и итерационные методы решения сеточных уравнений. Применение метода сеток для стационарных и нестационарных задач теплопроводности и теплопередачи. Аппроксимация граничных условий. Принципы построения алгоритмов расчета.

### Модуль 3. Конвективный и лучистый теплообмен.

#### Раздел 3. Конвективный и лучистый теплообмен.

Л – 11 ч, ЛР - 12 ч, СРС – 27 ч.

Тема 7. **Конвективный теплообмен.** Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Свободная и вынужденная конвекция. Ламинарный и турбулентный режим течения. Математическая постановка и пути решения краевой задачи конвективного теплообмена. Дифференциальные уравнения переноса тепловой энергии, сплошности, теплоотдачи в пограничном слое, движения (Навье-Стокса).

Тема 8. **Применение теории подобия для решения задач конвективного теплообмена.** Основы теории подобия. Определяемый и определяющие критерии подобия. Виды уравнений подобия конвективного теплообмена. Определяющая температура и определяющий размер. Методы осреднения температуры теплоносителей. Теоремы теории подобия, кон-

станты, индикаторы, числа подобия, их свойства, определяющие и определяемые числа подобия. Приложение теории подобия - теория физического эксперимента, моделирование, математический эксперимент. Критериальные уравнения теплоотдачи при свободном и вынужденном движении среды. Отдельные задачи конвективного теплообмена в однофазной среде. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах и каналах. Теплоотдача при свободном движении теплоносителя. Внешнее обтекание тел простой формы. Конвективный теплообмен в замкнутом объеме.

**Тема 9. Теплообмен излучением.** Физическая сущность лучистого теплообмена, виды потоков излучения и радиационные характеристики тел. Основные законы теплового излучения (Планка, Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгофа). Лучистый теплообмен между телами, разделенными прозрачной средой. Лучистый теплообмен при наличии экрана. Защита от теплового излучения. Сложный теплообмен. Моделирование сложного теплообмена граничными условиями третьего рода.

#### **Модуль 4. Теплообменные аппараты.**

##### **Раздел 4. Теплообменные аппараты.**

Л – 7 ч, ЛР - 4 ч, СРС – 9 ч.

**Тема 10. Основы массообмена.** Основы массообмена. Закон Фика. Формулы для потоков массы. Коэффициенты массопереноса. Тепломассообменные устройства.

**Тема 11. Теплообменные аппараты.** Назначение, классификация и схемы теплообменных аппаратов. Конструктивные особенности теплообменников рекуперативного, регенеративного и смешительного типов. Основные принципы теплового расчета теплообменников. Прямой и проверочный расчеты рекуперативного теплообменника. Определение среднего температурного перепада и коэффициента теплопередачи, основные расчетные соотношения, определение температуры теплоносителя на выходе из теплообменника, расчет поверхности теплообмена.

**Заключение.** Л – 1 ч.

Применение теплоты в отрасли. Первичные и вторичные энергетические ресурсы, перспективы их использования. Основные направления экономии энергоресурсов.

### **4.3 Перечень тем лабораторных работ**

Таблица 4.2 – Темы лабораторных работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Номер темы дисциплины</b>	<b>Наименование темы лабораторной работы</b>	<b>Кол-во часов</b>
1	Тема 2	Определение коэффициента теплопроводности твердого тела методом трубы	4
2	Тема 3	Исследование теплопроводности многослойной плоской стенки при стационарном режиме	4
3	Тема 3	Исследование теплопроводности цилиндрической стенки при стационарном режиме	4
4	Тема 3	Исследование теплопроводности при стационарном режиме и наличии внутренних источников тепла	4
5	Тема 4	Исследование теплопроводности тел простой формы при нестационарном режиме	6
6	Тема 5	Исследование теплопередачи через плоскую стенку при стационарном режиме	4
7	Тема 5	Исследование теплопередачи через цилиндрическую стенку при стационарном режиме. Выбор тепловой изоляции	4
8	Тема 6	Применение метода сеток для решения задач теплопроводности и теплопередачи	6

9	Тема 8	Исследование теплоотдачи при свободном движении воздуха	4
10	Тема 8	Исследование теплоотдачи при вынужденном движении среды	4
11	Тема 9	Исследование теплового излучения твердого тела	4
12	Тема 11	Расчет теплообменных аппаратов	4

#### 4.4 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 4.3 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
2	Изучение теоретического материала	5
	Подготовка к лабораторным работам	3
3	Изучение теоретического материала	7
	Подготовка к лабораторным работам	9
4	Изучение теоретического материала	5
	Подготовка к лабораторным работам	3
5	Изучение теоретического материала	5
	Подготовка к лабораторным работам	6
6	Изучение теоретического материала	5
	Подготовка к лабораторным работам	6
7	Изучение теоретического материала	6
8	Изучение теоретического материала	6
	Подготовка к лабораторным работам	6
9	Изучение теоретического материала	6
	Подготовка к лабораторным работам	3
11	Изучение теоретического материала	6
	Подготовка к лабораторным работам	3
	Итого: в ч / в ЗЕ	<b>90 / 2,5</b>

##### 4.4.1. Изучение теоретического материала

Вопросы для самостоятельного изучения:

Тема 2. Условия однозначности: геометрические, теплофизические, краевые. Тепловые граничные условия.

Тема 3. Теплопроводность плоской и цилиндрической стенки при граничных условиях третьего рода.

Тема 4. Расчет времени нагрева и охлаждения тел. Метод регулярного теплового режима.

Тема 5. Теплопередача через ребристые стенки. Коэффициент эффективности ребер. Теплопередача через стенки при нестационарном режиме.

Тема 6. Устойчивость и сходимость численного решения. Ошибки дискретизации разностных схем. Прямые и итерационные методы решения сеточных уравнений.

Тема 7. Дифференциальные уравнения сплошности, движения (Навье-Стокса).

Тема 8. Отдельные задачи конвективного теплообмена в однофазной среде. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах и каналах. Внешнее обтекание тел простой формы. Конвективный теплообмен в замкнутом объеме.

Тема 9. Лучистый теплообмен при наличии экрана. Защита от теплового излучения. Сложный теплообмен. Моделирование сложного теплообмена граничными условиями третьего рода.

Тема 11. Определение среднего температурного перепада и коэффициента теплопередачи, основные расчетные соотношения, определение температуры теплоносителя на выходе из теплообменника, расчет поверхности теплообмена.

### **6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций**

#### **1) Зачёт**

Зачёт по дисциплине выставляется по итогам проведённого текущего и промежуточного контроля, при выполнении и защите всех лабораторных работ.

#### **2) Экзамен**

Экзамен по дисциплине проводится устно или письменно по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание.

Экзаменационная оценка выставляется с учётом результатов рубежной аттестации.