



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
«___» _____ 2014 г.

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

Основная образовательная программа подготовки специалистов
Специальность **160700.65 «Проектирование авиационных и ракетных
двигателей»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Специализации подготовки
специалиста: **«Проектирование авиационных двигате-
лей и энергетических установок»,
«Проектирование ракетных двигателей
твёрдого топлива»**

Квалификация выпускника: **специалист**

Специальное звание выпускника: **инженер**

Выпускающие кафедры: **«Авиационные двигатели» (АД) ,
«Ракетно-космическая техника и
энергетические системы» (РКТЭС)**

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
2014**

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 - 20 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

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы	Кол-во часов
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	4
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	90 / 2,5

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.