



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
«Перенос энергии и массы, основы теплотехники и аэрогидродинамики»
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Программа академического бакалавриата

Направление 28.03.03 Наноматериалы

Профиль программы бакалавриата Конструкционные наноматериалы

Выпускающая кафедра бакалавр
Квалификация выпускника Механика композиционных материалов и конструкций

Форма обучения: очная

Курс: 3 **Семестр(-ы):** 5

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕТ

Часов по рабочему учебному плану: 108 ч

Виды контроля:

Экзамен: Зачёт: 5 Курсовой проект: - Курсовая работа: -

Пермь, 2016

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1. Термодинамика.

Раздел 1. Термодинамика.

Л – 6 ч, ПЗ – 10 ч, ЛР – 5 ч, СРС – 31 ч.

Тема 1. **Основные понятия и определения термодинамики.** Предмет и задачи дисциплины. Термодинамика и тепломассообмен – теоретические основы теплотехники. Этапы исторического развития. Значение дисциплины для последующего изучения специальных курсов и для практической деятельности. Связь со смежными дисциплинами. Термодинамическая система. Параметры состояния и единицы их измерения. Идеальный газ, уравнение состояния идеального газа. Газовая постоянная и ее физический смысл. Теплоёмкость рабочего тела. Смеси рабочих тел, способы задания, определение газовой постоянной и молярной массы смеси. Равновесные термодинамические процессы и их обратимость. Графическое изображение процессов. Рабочая и тепловая диаграммы.

Тема 2. **Первый закон термодинамики и его применение для анализа политропных процессов.** Сущность и уравнение первого закона термодинамики. Энергетические характеристики термодинамических систем: теплота, работа, внутренняя энергия, энтальпия. Понятие функции процесса и функции состояния. Математическая формулировка первого закона, правило знаков. Применение первого закона термодинамики для анализа политропных процессов. Уравнение политропы, показатель политропы, теплоемкость процесса. Энергетические характеристики политропных процессов. Частные случаи политропного процесса: изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы. P-V и T-S диаграммы политропных процессов.

Тема 3. **Циклические процессы. Второй закон термодинамики. Термодинамический анализ теплотехнических устройств.** Общие положения теории циклов. Циклы прямые и обратные. Термический к.п.д, холодильный и отопительный коэффициенты. Сущность второго закона термодинамики и его различные формулировки (Клаузиуса, Томсона, Больцмана, Стирлинга). Идеальный термодинамический цикл Карно и его к.п.д. Теорема Карно. Абсолютная температура. Интеграл Клаузиуса. Энтропия - параметр состояния, ее физический смысл, изменение в процессах. Изменение энтропии в термодинамических процессах. Принцип возрастания энтропии и физический смысл второго закона термодинамики. Тепловые диаграммы. *Компрессоры.* Классификация компрессоров и их применение. Рабочие процессы в одноступенчатом поршневом компрессоре и их изображение на индикаторной диаграмме. Работа идеального компрессора. Изображение процессов сжатия на термодинамических диаграммах. Реальный компрессор. Вредный объем и объемный к.п.д. компрессора. Многоступенчатое сжатие газа в компрессоре. *Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания.* Индикаторная диаграмма ДВС и переход к идеальному циклу. Цикл Тринклера. Параметры цикла и его термодинамическое исследование. Цикл Отто. Цикл Дизеля. Определение параметров состояния рабочего тела, термического к.п.д. циклов. Сравнение циклов при различных условиях. Эффективный к.п.д.

Модуль 2. Теория тепломассообмена.

Раздел 2. Теория тепломассообмена.

Л – 8 ч, ПЗ – 8 ч, ЛР – 9 ч, СРС – 32 ч.

Тема 4. **Механизмы передачи теплоты, теплопроводность.** Способы распространения теплоты: теплопроводность, конвекция, излучение, их сравнительный анализ. Теплоотдача и теплопередача. Интенсификация процессов теплообмена. Тепловой поток, плотность теплового потока. Температурное поле, температурный градиент. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности: геометрические, теплофизические, краевые. Тепловые граничные условия. Теплопроводность и теплопередача при стационарном режиме и граничных условиях первого и третьего рода. 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. Основы численных методов расчета температурных полей (метод конечных разностей).

Тема 5. 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). 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, константы, 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 6. 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. Защита от теплового излучения. Сложный теплообмен. Моделирование сложного теплообмена граничными условиями третьего рода.

Тема 7. Основы массообмена. Теплообменные аппараты. Основы массообмена. Закон Фика. Формулы для потоков массы. Коэффициенты массопереноса. Теплообменные устройства. 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.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	Тема 1	Расчет газовых постоянных, теплоемкостей и параметров состояния идеальных газов и газовых смесей.
2	Тема 2	Применение первого закона термодинамики для расчета рабочих процессов в идеальных газах
3	Тема 2	Термодинамический расчет и анализ политропных процессов
4	Тема 3	Расчет прямых и обратных циклов, изображение циклов на термодинамических диаграммах
5	Тема 3	Расчет одноступенчатого и многоступенчатого компрессоров
6	Тема 4	Расчет теплопроводности плоской и цилиндрической стенки при стационарном режиме
7	Тема 4	Расчет и анализ теплопередачи через многослойную стенку. Выбор тепловой изоляции
8	Тема 5	Решение задач конвективного теплообмена при свободном и вынужденном движении среды
9	Тема 6	Решение задачи лучистого теплообмена между нагретыми телами при наличии экранов

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1	Тема 2	Исследование политропных процессов
2	Тема 3	Исследование работы компрессора
3	Тема 4	Определение коэффициента теплопроводности твердого тела методом трубы
4	Тема 5	Исследование теплоотдачи при свободном движении воздуха

4.4 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 4.3 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	Подготовка к практическим занятиям	3
	Изучение теоретического материала	2
2	Подготовка к лабораторным работам	3
	Подготовка к практическим занятиям	6
	Изучение теоретического материала	4
3	Подготовка к лабораторным работам	3
	Подготовка к практическим занятиям	6
	Изучение теоретического материала	4
4	Подготовка к лабораторным работам	3
	Подготовка к практическим занятиям	6
	Изучение теоретического материала	4
5	Подготовка к лабораторным работам	3
	Подготовка к практическим занятиям	3
	Изучение теоретического материала	4
6	Подготовка к практическим занятиям	3
	Изучение теоретического материала	2
7	Изучение теоретического материала	4
	Итого: в ч / в ЗЕ	63 / 1,75

4.4.1. Изучение теоретического материала

Вопросы для самостоятельного изучения:

Тема 1. Смеси рабочих тел, способы задания, определение газовой постоянной и молярной массы смеси.

Тема 2. Частные случаи политропного процесса: изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы. P-V и T-S диаграммы политропных процессов.

Тема 3. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Индикаторная диаграмма ДВС и переход к идеальному циклу. Цикл Тринклера. Параметры цикла и его термодинамическое исследование. Цикл Отто. Цикл Дизеля. Определение параметров состояния рабочего тела, термического к.п.д. циклов. Сравнение циклов при различных условиях. Эффективный к.п.д.

Тема 4. 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.

Тема 5. 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 6. Защита от теплового излучения. Сложный теплообмен. Моделирование сложного теплообмена граничными условиями третьего рода.

Тема 7. Основы массообмена. Закон Фика. Формулы для потоков массы. Коэффициенты массопереноса. Тепломассообменные устройства. Назначение, классификация и схемы теплообменных аппаратов. Конструктивные особенности теплообменников рекуперативного, регенеративного и смесительного 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.

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, при защите всех тем, предусмотренных для самостоятельной работы студентов.

2) Экзамен

Не предусмотрен.