



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  
«ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА»**

Основная образовательная программа подготовки бакалавров  
Направление **151600.62 «Прикладная механика»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Профиль подготовки бакалавра

**«Компьютерная биомеханика»**

Квалификация (степень) выпускника

**бакалавр**

Специальное звание выпускника

**бакалавр-инженер**

Выпускающая кафедра:

**«Теоретическая механика и биомеханика»**

Форма обучения:

**очная**

Курс: **3.**

Семестр(ы): **5**

Трудоёмкость:

- кредитов по рабочему учебному плану:

**4 ЗЕ**

- часов по рабочему учебному плану:

**144 ч**

Вид контроля:

**Дифференцированный зачет 5 семестр**

**Пермь  
2014**

## 4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

**Введение.** Л – 1 ч.

Предмет и задачи дисциплины. Термодинамика и теплопередача – теоретические основы теплотехники. Этапы исторического развития. Значение дисциплины для последующего изучения специальных курсов и для практической деятельности. Связь со смежными дисциплинами.

### Модуль 1. Термодинамика.

#### Раздел 1. Термодинамика.

Л – 7 ч, ЛР - 18 ч, СРС – 40 ч.

**Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики.** 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. Эквивалентность теплоты и работы. Определение работы для газового потока и неподвижного газа. Математическая формулировка первого закона для газового потока и неподвижного газа, правило знаков. Равновесные термодинамические процессы и их графическое изображение в P-V диаграмме. Работа расширения-сжатия. Обратимые и необратимые процессы. Круговые термодинамические процессы (циклы). Первый закон термодинамики для цикла. 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. Статистический характер второго закона термодинамики. Термодинамическая вероятность. Уравнение Больцмана. Фундаментальный характер второго закона термодинамики. Иллюстрация второго закона термодинамики на примерах. 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. *Циклы газотурбинных установок.* Схемы газотурбинных установок. Замкнутые и разомкнутые циклы. Циклы с изобарным (цикл Брайтона) и изохорным подводом теплоты. Определение параметров состояния рабочего тела. Расчет термического к.п.д. циклов. Анализ эффективности ГТУ. Оптимальная степень повышения давле-

ния для получения максимальной цикловой работы. Регенерация теплоты. Циклы с многоступенчатым подводом и отводом теплоты. *Идеальные обратные циклы*. Цикл воздушной холодильной установки. Определение холодильного коэффициента. Цикл паровой компрессорной холодильной установки. Тепловой насос и его отопительный коэффициент.

## **Модуль 2. Теплопередача.**

### **Раздел 2. Теплопередача.**

Л – 11 ч, ЛР - 14 ч, СРС – 48 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. Термическое сопротивление контакта, методика оценки контактных сопротивлений. Тепловая изоляция. 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). 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. Аппроксимация граничных условий. Принципы построения алгоритмов расчета.

**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. Тепло массообменные 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.

**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
1	Тема 1	Определение температурной зависимости теплоемкости жидкости
2	Тема 1	Определение параметров влажного воздуха
3	Тема 2	Исследование политропных процессов
4	Тема 3	Исследование работы компрессора
5	Тема 4	Определение коэффициента теплопроводности твердого тела методом трубы
6	Тема 5	Исследование теплоотдачи при свободном движении воздуха
7	Тема 6	Исследование теплового излучения твердого тела

### 4.4 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 4.3 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
1	Подготовка к лабораторным работам	6
	Изучение теоретического материала	3
2	Подготовка к лабораторным работам	3
	Изучение теоретического материала	5
3	Подготовка к лабораторным работам	3
	Изучение теоретического материала	20
4	Подготовка к лабораторным работам	3
	Изучение теоретического материала	15
5	Подготовка к лабораторным работам	3
	Изучение теоретического материала	15
6	Подготовка к лабораторным работам	3
	Изучение теоретического материала	3
7	Изучение теоретического материала	6
	Итого: в ч / в ЗЕ	88 / 2,44

#### 4.4.1. Изучение теоретического материала

Вопросы для самостоятельного изучения:

Тема 1. 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. Эквивалентность теплоты и работы. Определение работы для газового потока и неподвижного газа. Математическая формулировка первого закона для газового потока и неподвижного газа, правило знаков. Равновесные термодинамические процессы и их графическое изображение в P-V диаграмме. Работа расширения-сжатия. Обратимые и необратимые процессы. Круговые термодинамические процессы (циклы). Первый закон термодинамики для цикла. 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. *Циклы газотурбинных установок.* Схемы газотурбинных установок. Замкнутые и разомкнутые циклы. Циклы с изобарным (цикл Брайтона) и изохорным подводом теплоты. Определение параметров состояния рабочего тела. Расчет термического к.п.д. циклов. Анализ эффективности ГТУ. Оптимальная степень повышения давления для получения максимальной цикловой работы. Регенерация теплоты. Циклы с многоступенчатым подводом и отводом теплоты. *Идеальные обратные циклы.* Цикл воздушной холодильной установки. Определение холодильного коэффициента. Цикл паровой компрессорной холодильной установки. Тепловой насос и его отопительный коэффициент.

Тема 4. Теплопроводность и теплопередача при стационарном режиме и граничных условиях первого и третьего рода. Термическое сопротивление контакта, методика оценки контактных сопротивлений. Тепловая изоляция. 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). 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. Аппроксимация граничных условий. Принципы построения алгоритмов расчета.

Тема 5. 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. 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.

### **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.