



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»**

Основная образовательная программа подготовки бакалавров
Направление **141100.62 «Энергетическое машиностроение»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Профили подготовки бакалавра: «Газотурбинные, паротурбинные
установки и двигатели»,
«Автоматизированные гидравлические
и пневматические системы и агрегаты»

Квалификация (степень) выпускника
Специальное звание выпускника

бакалавр

бакалавр-инженер

Выпускающая кафедра:

«Ракетно-космическая техника и
энергетические системы» (РКТЭС)

Форма обучения:

очная

Курс: 2.

Семестр: 4

Трудоёмкость:

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

Виды контроля:

Экзамен: 4 семестр Зачёт: - Курсовой проект: - Курсовая работа: 4 семестр

**Пермь
2014**

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1. Основные законы термодинамики.

Раздел 1. Основные законы термодинамики.

Л – 5 ч, ПЗ – 6 ч, ЛР - 6 ч, СРС – 24 ч.

Тема 1. **Рабочее тело и его параметры.** Предмет и задачи курса термодинамики и ее метод. Исторические сведения о развитии термодинамики. Законы термодинамики. Термодинамическая система, окружающая среда и взаимодействие между ними. Термодинамическое равновесие и термодинамический процесс. Рабочее тело. Реальный газ и модель идеального газа. Основные параметры состояния. Законы идеального газа. Уравнения состояния для идеального и реального газов (Клапейрона-Клаузиуса и Ван-Дер-Ваальса). Тепловые свойства рабочих тел, газовая постоянная. Теплоемкость газов, ее виды и взаимосвязь между ними. Зависимость теплоемкости от температуры и давления. Истинная и средняя теплоемкости. Теплоемкость как функция процесса. Изохорная и изобарная теплоемкости, уравнение Майера. Внутренняя энергия и энтальпия газа. Смеси идеальных газов. Способы задания смеси газов, закон Дальтона. Определение плотности смеси, кажущейся относительной молярной массы и газовой постоянной. Теплоемкость смеси газов.

Тема 2. **Первый закон термодинамики.** Сущность и уравнение первого закона термодинамики. Слагаемые первого закона: внутренняя энергия, работа и теплота. 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, определение работы и теплоты. Теплоемкость процесса. Частные случаи политропного процесса: изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы. P-V диаграмма политропных процессов.

Тема 3. **Второй закон термодинамики.** Различные формулировки второго закона термодинамики. Прямые и обратные циклы и их эффективность. Идеальный термодинамический цикл Карно и его к.п.д. Теорема Карно. Абсолютная температура. Отрицательные абсолютные температуры и их получение. Энтропия - параметр состояния. Энтропия - мера беспорядка и мера качества энергии. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах. Принцип возрастания энтропии и физический смысл второго закона термодинамики. Эксергия и максимальная работа. Статистический характер второго закона термодинамики. Термодинамическая вероятность. Уравнение Больцмана. Фундаментальный характер второго закона термодинамики. Иллюстрация второго закона термодинамики на примерах. Тепловые диаграммы T-S и I-S. Изображение процессов на тепловых диаграммах.

Модуль 2. Энергетические установки и другие теплотехнические устройства.

Раздел 2. Энергетические установки и другие теплотехнические устройства.

Л – 5 ч, ПЗ – 26 ч, ЛР - 4 ч, СРС – 63 ч.

Тема 4. **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.

Тема 5. **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 6. **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.

Модуль 3. Теория теплообмена.

Раздел 3. Теория теплообмена.

Л – 4 ч, ПЗ – 4 ч, ЛР - 8 ч, СРС – 21 ч.

Тема 7. **Теплопроводность и теплопередача.** 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. Тепловая изоляция. Теплопроводность при нестационарном режиме.

Тема 8. **Конвективный и лучистый теплообмен.** Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Свободная и вынужденная конвекция. Ламинарный и турбулентный режим течения. Математическая постановка и пути решения краевой задачи конвективного теплообмена. Основы теории подобия. 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. Интенсификация теплообмена. 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.

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	Термодинамический анализ политропных процессов
3	Тема 3	Расчет прямых и обратных циклов, изображение циклов на термодинамических диаграммах
4	Тема 4	Расчет одноступенчатого компрессора
5	Тема 4	Расчет многоступенчатого компрессора
6	Тема 5	Расчет циклов поршневых двигателей внутреннего сгорания
7	Тема 7	Расчет теплопроводности плоской и цилиндрической стенки при стационарном режиме
8	Тема 7	Расчет и анализ теплопередачи через многослойную стенку. Выбор тепловой изоляции
9	Тема 8	Решение задач конвективного теплообмена при свободном и вынужденном движении среды

10	Тема 6	Расчет цикла газотурбинного двигателя (ГТД): определение параметров состояния и термодинамических свойств рабочего тела (4 часа)
11	Тема 6	Расчет цикла ГТД: определение параметров цикла в характерных точках (4 часа)
12	Тема 6	Расчет цикла ГТД: определение энергетических характеристик и к.п.д. цикла (4 часа)
13	Тема 6	Расчет цикла ГТД: построение цикла на рабочей и тепловой диаграммах (4 часа)
14	Тема 6	Расчет цикла ГТД: анализ эффективности цикла (2 часа)

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1	Тема 1	Определение параметров влажного воздуха
2	Тема 2	Исследование политропных процессов
3	Тема 4	Исследование работы компрессора
4	Тема 7	Определение коэффициента теплопроводности твердого тела методом трубы
5	Тема 8	Исследование теплоотдачи при свободном движении воздуха

4.5 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 4.4 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
1	Подготовка к практическим занятиям	3
	Подготовка к лабораторным работам	3
	Изучение теоретического материала	3
2	Подготовка к практическим занятиям	3
	Подготовка к лабораторным работам	3
	Изучение теоретического материала	3
3	Подготовка к практическим занятиям	3
	Изучение теоретического материала	3
4	Подготовка к практическим занятиям	6
	Подготовка к лабораторным работам	3
	Изучение теоретического материала	3
5	Подготовка к практическим занятиям	3
	Изучение теоретического материала	3
6	Подготовка к практическим занятиям	24
	Изучение теоретического материала	3

	Подготовка курсовой работы	18
7	Подготовка к практическим занятиям	6
	Подготовка к лабораторным работам	3
	Изучение теоретического материала	3
8	Подготовка к практическим занятиям	3
	Подготовка к лабораторным работам	3
	Изучение теоретического материала	3
	Итого: в ч / в 3Е	108 / 3

4.5.1. Изучение теоретического материала

Вопросы для самостоятельного изучения:

Тема 1. Теплоемкость газов, ее виды и взаимосвязь между ними. Зависимость теплоемкости от температуры и давления. Истинная и средняя теплоемкости. Теплоемкость как функция процесса. Изохорная и изобарная теплоемкости, уравнение Майера. Внутренняя энергия и энтальпия газа. Смеси идеальных газов. Способы задания смеси газов, закон Дальтона. Определение плотности смеси, кажущейся относительной молярной массы и газовой постоянной. Теплоемкость смеси газов.

Тема 2. 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 диаграмма политропных процессов.

Тема 3. Идеальный термодинамический цикл Карно и его к.п.д. Теорема Карно. Абсолютная температура. Отрицательные абсолютные температуры и их получение. Эксергия и максимальная работа. Статистический характер второго закона термодинамики. Термодинамическая вероятность. Уравнение Больцмана. Фундаментальный характер второго закона термодинамики. Иллюстрация второго закона термодинамики на примерах.

Тема 4. Реальный компрессор. Вредный объем и объемный к.п.д. компрессора. Многоступенчатое сжатие газа в компрессоре.

Тема 5. Цикл Отто. Цикл Дизеля. Определение параметров состояния рабочего тела, термического к.п.д. циклов. Сравнение циклов при различных условиях. Эффективный к.п.д.

Тема 6. Циклы с изохорным подводом теплоты. Определение параметров состояния рабочего тела. Расчет термического к.п.д. Анализ эффективности ГТУ. Оптимальная степень повышения давления для получения максимальной цикловой работы. Регенерация теплоты. Циклы с многоступенчатым подводом и отводом теплоты.

Тема 7. Теплопроводность и теплопередача при стационарном режиме и граничных условиях первого и третьего рода. Тепловая изоляция. Теплопроводность при нестационарном режиме.

Тема 8. 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. Интенсификация теплообмена. Лучистый теплообмен между телами, разделенными прозрачной средой. Защита от теплового излучения. Сложный теплообмен. Моделирование сложного теплообмена граничными условиями третьего рода.

4.5.2 Курсовая работа

Тема типовой курсовой работы «Расчет цикла газотурбинного двигателя (ГТД)». В курсовой работе предусматривается выполнение следующих расчетов:

- проведение предварительных расчетов по определению параметров рабочего тела и цикла;
- определение термодинамических параметров в характерных точках цикла;
- изображение цикла на рабочей и тепловой диаграммах;
- определение работы цикла и термического к.п.д.;
- оценка влияния различных параметров на показатели цикла.

Выполненные расчеты представляются для защиты в виде расчетно-пояснительной записки объемом 10-15 страниц.

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Зачёт

Не предусмотрен.

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.