



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
«ТЕРМОДИНАМИКА»**

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

Курс: 2. Семестр: 3

Трудоёмкость:

- кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ
- часов по рабочему учебному плану: 144 ч

Виды контроля:

Экзамен: - 3 семестр Курсовой проект: - Курсовая работа: 3 семестр

Пермь
2015

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1. Основные законы термодинамики.

Раздел 1. Основные законы термодинамики.

Л – 9 ч, ЛР - 13 ч, СРС – 19 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. Расчет и анализ циклов тепловых двигателей и других теплотехнических устройств.

Раздел 2. Расчет и анализ циклов тепловых двигателей и других теплотехнических устройств.

Л – 15 ч, ЛР - 15 ч, СРС – 35 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.

Тема 7. Циклы паросиловых установок. Водяной пар. Основные параметры воды и водяного пара. Теплота парообразования. Диаграммы состояния водяного пара $P - V$, $T - S$, $I - S$. Таблицы водяного пара. Цикл Ренкина. Определение термического к.п.д. и работы цикла. Регенеративный цикл ПСУ. Анализ эффективности циклов. Бинарные процессы и бинарные циклы. Схема установки и тепловая диаграмма цикла. Кратность рабочего тела. Определение термического к.п.д. цикла. Парогазовые установки (ПГУ). Изображение циклов ПГУ на тепловой диаграмме. Цикл МГД-генератора.

Тема 8. Идеальные обратные циклы. Цикл воздушной холодильной установки. Определение холодильного коэффициента. Цикл паровой компрессорной холодильной установки. Тепловой насос и его отопительный коэффициент.

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 2	Исследование политропных процессов
3	Тема 4	Исследование работы компрессора
4	Тема 7	Определение параметров влажного воздуха
5	Тема 7	Определение скрытой теплоты парообразования

4.4 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 4.3 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к лабораторным работам	3
2	Изучение теоретического материала	4
	Подготовка к лабораторным работам	3
3	Изучение теоретического материала	4
4	Изучение теоретического материала	3
	Подготовка к лабораторным работам	3
5	Изучение теоретического материала	3
6	Подготовка курсовой работы	18
7	Изучение теоретического материала	3
	Подготовка к лабораторным работам	6
8	Изучение теоретического материала	3
	Итого: в ч / в ЗЕ	54 / 1,5

4.4.1. Изучение теоретического материала

Вопросы для самостоятельного изучения:

Тема 1. 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. Математическая формулировка первого закона для газового потока, правило знаков. Равновесные термодинамические процессы и их графическое изображение в P-V диаграмме. 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. 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.

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

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

Тема 7. Бинарные процессы и бинарные циклы. Схема установки и тепловая диаграмма цикла. Кратность рабочего тела. Определение термического к.п.д. цикла. Парогазовые установки (ПГУ). Изображение циклов ПГУ на тепловой диаграмме. Цикл МГД-генератора.

Тема 8. Тепловой насос и его отопительный коэффициент.

4.4.2 Курсовая работа

Тема типовой курсовой работы «Расчет и анализ идеального цикла теплового двигателя».

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;
- расчет термодинамических функций;
- 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.