

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УМР
_____ В.В.Криницин
« ____ » _____ 2008г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теплотехника» ОПД Ф.03

Специальность 280102 Безопасность технологических процессов и производств на воздушном транспорте

Факультет Механический
Кафедра Двигатели летательных аппаратов
Курс 2 Форма обучения очная Семестр 4
Всего часов 150, в том числе:
Объём учебных часов на дисциплину 100
Лекции 72
Лабораторные занятия 28
Самостоятельная работа 50
в том числе:
Контрольное домашнее задание №1, №2 28
Экзамен 4 семестр

Москва - 2008

Рабочая программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего и профессионального образования и

примерным учебным планом (выпуск 1, М.: Учебно-методическое объединение по образованию в области гражданской авиации, 2000).

Рабочую программу составили:

Шулекин В.Т., доцент, к.т.н.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры, протокол № 2 от 28 октября 2008 г.

Заведующий кафедрой Никонов В.В., проф., д.т.н.

Рабочая программа одобрена Методическим советом специальности 280102 Безопасность технологических процессов и производств на воздушном транспорте

Протокол № 2 от 29 октября 2008 г.

Председатель Методического совета Зубков Б.В., проф., д.т.н.

Рабочая программа согласована с Учебно-методическим Управлением (УМУ)

Начальник УМУ Логачев В.П., доц., к.т.н.

Рабочий учебный план

Семестр	Лекции час	Лабораторные занятия час	Контрольное домашнее задание № 1 и № 2	Экзамен	Консультации
4	72	28	Да	Да	да

1. Цели и задачи дисциплины.

Цель преподавания дисциплины состоит в изучении:

- термодинамических процессов, составляющих циклы современных и перспективных тепловых машин;
- основных закономерностей преобразования теплоты в работу в тепловых машинах;
- основных законов энергообмена в газовых потоках;
- принципов действия основных элементов авиационных двигателей.

2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

В результате изучения дисциплины «Теплотехника» инженер по специальности «Безопасность технологических процессов и производств на воздушном транспорте» должен

знать:

- термодинамические процессы, составляющие циклы тепловых машин;
- основные законы преобразования теплоты в работу в авиационных двигателях;
- современные методы анализа эффективности циклов тепловых машин;
- принципы работы основных элементов авиадвигателей;
- методы поиска и устранения неисправностей авиадвигателей на основе анализа их работы как тепловых машин.

владеть:

- методами расчёта основных показателей процессов, в которых осуществляется преобразование теплоты в работу;
- методами оценки безопасной работы и эффективности циклов тепловых установок;
- методами анализа топливной эффективности циклов тепловых двигателей при их эксплуатации;
- методами газодинамического расчета основных элементов авиадвигателей.

3. Содержание дисциплины.

3.1. Наименование разделов (подразделов) , объём часах. Содержание лекций, ссылки на литературу.

Раздел 1 . Основы термодинамики тепловых машин. 16 часов.

Лекция 1.1. Уравнение состояния реальных и идеальных газов. 4 часа.

Предмет курса теплотехники. Значение дисциплины «Теплотехника» в подготовке инженера-механика по безопасности технологических процессов и производств на воздушном транспорте и в обеспечении безопасности полетов летательных аппаратов гражданской авиации. Краткий исторический очерк. Роль отечественных учёных в развитии данной науки.

Краткая характеристика идеального и реального газа. Газовая постоянная для идеального газа и её роль при оценке эффективности использования отработавших ресурс авиадвигателей в других отраслях промышленности.

Уравнение состояния идеального газа в дифференциальной и интегральной формах. Понятие о деформационной и технической работах при взаимодействии рабочего тела с внешней средой. Уравнение состояния для реального газа.

Литература: [1]

Лекция 1.2. Теплоёмкость. Виды теплоёмкости. Теплоёмкость смеси газов. 2 часа.

Определение теплоёмкости рабочего тела. Понятие об удельной массовой, объёмной, мольной и других видах теплоёмкости и их практическое использование в авиационной и космической технике.

Зависимость теплоёмкости от температуры рабочего тела. Теплоёмкость смеси газов.

Литература: [1]

Лекция 1.3. Основные термодинамические процессы в авиадвигателях. 2 часа.

Первый и второй законы термодинамики. Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы и примеры их использования в авиационной и космической технике. Особенности преобразования теплоты в работу в названных процессах.

Литература: [1]

Лекция 1.4. Энергетические показатели термодинамических процессов. 2 часа.

Политропный процесс. Теплоёмкость политропного процесса. Энергетические показатели политропного процесса. Частные случаи политропных процессов.

Литература: [1]

Лекция 1.5. Циклы тепловых двигателей. 4 часа.

Цикл Н.Л.С. Карно (1824г.) – базовый цикл для тепловых двигателей. Энергетические показатели цикла Карно. Термический КПД цикла Карно.

Циклы Н.А. Отто (1876г.), Р. Дизеля (1897г.) и их применение в поршневых двигателях внутреннего сгорания. Энергетические показатели циклов Отто и Дизеля. Оценка термодинамического совершенства циклов Отто и Дизеля.

Литература: [1]

Лекция 1.6. Циклы газотурбинных двигателей. 2 часа.

Цикл Брайтона газотурбинных двигателей, обеспечивший качественный скачок в развитии авиации. Энергетические показатели цикла Брайтона и оценка его термодинамического совершенства.

Регенеративные циклы. Оценка термодинамического совершенства регенеративных циклов авиационных ГТД.

Литература: [1]

Раздел 2. Уравнения движения газового потока. 4 часа.

Лекция 2.1. Уравнения движения газового потока. 2 часа.

Система основных уравнений движения для потока газа. Уравнение неразрывности. Уравнение сохранения энергии. Уравнение Бернулли. Уравнения Эйлера о количестве движения и о моменте количества движения. Примеры использования уравнений неразрывности, сохранения энергии, Бернулли, о количестве движения и о моменте количества движения.

Параметры заторможенного потока газа. Число M и λ для оценки движения газовых потоков. Газодинамические функции и их использование в термодинамических расчетах авиационных двигателей.

Литература: [3,4]

Лекция 2.2. Уравнения движения газового потока. 2 часа.

Параметры заторможенного потока газа. Число M и λ для оценки движения газовых потоков. Газодинамические функции и их использование в термодинамических расчетах авиационных двигателей.

Литература: [3,4]

Раздел 3. Рабочий процесс элементов авиационных ГТД. 16 часов.

Лекция 3.1. Схема и принцип действия элементарной ступени компрессора. 2 часа.

Классификация компрессоров авиационных ГТД. Организация рабочего процесса в осевой, центробежной и диагональной ступенях компрессора.

Графоаналитическое представление рабочего процесса осевой и центробежной ступеней и динамика его изменения в эксплуатации. Параметры заторможенного потока и их измерение в компрессорах авиационных ГТД. Основные КПД ступени и их влияние на топливную экономичность авиадвигателей. Литература: [4]

Лекция 3.2. Рабочий процесс многоступенчатых компрессоров. 2 часа.

Основные технико-экономические показатели компрессоров авиационных ГТД.

Особенности работы первых и последних ступеней осевого компрессора на нерасчётных режимах работы. Физическая сущность и причины возникновения неустойчивой работы компрессора, признаки её появления в эксплуатации и мероприятия для повышения области устойчивой работы компрессора.

Литература: [4]

Лекция 3.3. Схема и принцип действия ступени турбины. 2 часа.

Организация рабочего процесса в осевой и центростремительной ступенях турбины. Графоаналитическое представление рабочего процесса осевой ступени турбины и динамика его изменения в эксплуатации. Основные технико-экономические показатели ступени турбины.

Литература: [4]

Лекция 3.4. Схема и принцип действия камеры сгорания ГТД. 2 часа.

Организация рабочего процесса в камере сгорания авиационного ГТД. Подготовка топливо-воздушной смеси и оценка её качества. Особенности рабочего процесса в зоне горения.

Охлаждение деталей камеры сгорания. Схемы и эффективность систем охлаждения деталей камеры сгорания. Диагностика технического состояния камер сгорания ГТД.

Выделение вредных веществ при работе камер сгорания, их оценка и нормирование.

Литература: [3]

Лекция 3.5 . Входные и выходные устройства ГТД. 2 часа.

Организация рабочего процесса во входных и выходных устройствах ТРД, Основные технико-экономические показатели входных выходных устройств.

Особенности работы дозвуковых и сверхзвуковых сопел. Реверсирование тяги ТРД.

Литература: [3]

Лекция 3.6. Рабочий процесс ТРД. 2 часа.

Основные технико-экономические показатели газотурбинных двигателей гражданской авиации.

Работа цикла ТРД. Удельная тяга ТРД. Зависимость удельной тяги ТРД от параметров рабочего процесса.

Литература: [3]

Лекция 3.7. Рабочий процесс ТРДД. 2 часа.

Работа цикла ТРДД. Распределение работы цикла в ТРДД между контурами. Оценка эффективности ТРД, ТРДД как тепловой машины.

Тяговая работа ТРД, ТРДД. Оценка эффективности ТРД, ТРДД как движителя.

Полный (общий) КПД ТРД, ТРДД и его влияние на дальность полета воздушного судна.

Литература: [3]

Лекция 3.8. Рабочий процесс ТВД. 2 часа.

Особенности рабочего процесса ТВД. Понятие об эквивалентной мощности ТВД. Основные показатели ТВД. Влияние параметров рабочего процесса на удельную мощность и экономичность ТВД.

Влияние температуры, давления и влажности наружного воздуха на технико-экономические показатели ТВД.

Литература: [3]

Раздел 4 . Теплопроводность . 8 часов.

Лекция 4.1. Общие положения теории теплопроводности.

Дифференциальное уравнение теплопроводности . 2 часа.

Номенклатура основных видов теплообмена и массообмена. Основные понятия теплопроводности. Основной закон теплопроводности.

Дифференциальное уравнение теплопроводности. Основные составляющие данного уравнения и их качественный анализ.

Теплопроводность веществ. Влияние температуры и давления на теплопроводность веществ.

Литература: [2]

Лекция 4.2. Уравнение теплопроводности в различных формах. 2 часа.

Общий вид уравнения в декартовой, полярной и сферической системах координат.

Условия однозначности для решения дифференциального уравнения теплопроводности.

Литература: [2]

Лекция 4.3. Теплопроводность плоской и многослойной стенки. 2 часа.

Теплопроводность плоской стенки при постоянном и переменном коэффициенте теплопроводности. Примеры расчета.

Теплопроводность многослойной плоской стенки. Влияние коэффициента теплопроводности на изменение температуры в многослойной стенке.

Примеры расчета.

Литература: [2]

Лекция 4.4. Теплопроводность в телах цилиндрической и сферической формах. 2 часа.

Контактное термическое сопротивление. Примеры расчета.

Теплопроводность неограниченного цилиндра. Влияние переменного коэффициента теплопроводности на изменение температуры в многослойных стенках цилиндра. Примеры расчета.

Теплопроводность шаровой стенки. Примеры расчета.

Литература: [2]

Раздел 5. Конвективный теплообмен. 12 часов.

Лекция 5.1. Общие понятия и определения. 2 часа.

Общие понятия и определения конвективного теплообмена.

Динамический и тепловой пограничные слои. Распределение скорости, давления, плотности и температуры в пограничном слое.

Система основных уравнений конвективного теплообмена.

Литература: [2]

Лекция 5.2. Система уравнений конвективного теплообмена. 2 часа.

Уравнение теплопроводности Фурье-Кирхгофа. Уравнение движения Навье-Стокса. Уравнение сплошности (неразрывности). Уравнение переноса тепла. Краевые условия. Частные случаи системы уравнений конвективного теплообмена.

Литература: [2]

Лекция 5.3. Основы теории подобия. 2 часа.

Геометрическое, динамическое и тепловое подобие. Первая, вторая и третья теоремы подобия. Примеры их использования.

Литература: [2]

Лекция 5.4. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена при вынужденном движении теплоносителя. 2 часа.

Стационарное вынужденное течение изотермической вязкой двух подобных потоков жидкости при отсутствии силы тяжести.

Стационарное вынужденное течение неизотермической вязкой двух подобных потоков жидкости при отсутствии силы тяжести.

Стационарное свободное течение неизотермической вязкой двух подобных потоков жидкости или газа.

Литература: [2]

Лекция 5.5. Критерии подобия и их физический смысл.

Критериальные уравнения. 2 часа.

Критерии Рейнольдса, Эйлера, Прандтля, Нуссельта, Пекле и их физический смысл.

Критериальные уравнения. Критериальное уравнение теплоотдачи при вынужденном движении теплоносителя.

Литература: [2]

Лекция 5.6. Теплоотдача при вынужденном и свободном движении теплоносителя. 2 часа.

Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя при обтекании шара.

Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя при обтекании одиночной трубы и пучка труб.

Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя внутри трубы.

Теплоотдача при естественной конвекции.

Литература: [2]

Раздел 6. Сложный теплообмен (теплопередача). 6 часа.

Лекция 6.1. Теплопередача между двумя теплоносителями через разделяющую их стенку. 2 часа.

Теплопередача между двумя жидкостями через разделяющую их стенку. Примеры расчета. Интенсификация теплопередачи.

Литература: [2]

Лекция 6.2. Теплопроводность круглых плоских ребер. 2 часа.

Теплопроводность стержня конечной длины. Теплопроводность круглых плоских ребер. Примеры расчета.

Литература: [2]

Лекция 6.3. Теплообменные аппараты. 2 часа.

Типы теплообменных аппаратов. Расчетные уравнения для теплообменных аппаратов. Алгоритм расчета теплообменных аппаратов.

Литература: [2]

Раздел 7. Теплообмен и массообмен при кипении жидкости. 2 часа.

Лекция 7.1. Теплообмен и массообмен при кипении жидкости. 2 часа.

Процесс парообразования. Основные понятия и определения. Основные термодинамические процессы водяного пара. Расчет теплоотдачи при кипении жидкости. Расчет теплоотдачи при конденсации пара.

Литература: [2]

Раздел 8. Влажный воздух. 2 часа.

Лекция 8.1. Влажный воздух. 2 часа.

Основные понятия и определения для влажного воздуха. Определение газовой постоянной влажного воздуха. Расчет энергетических показателей влажного воздуха. Влияние влажного воздуха на технико-экономические показатели авиационных двигателей.

Литература: [2]

Раздел 9. Тепловое излучение. 2 часа.

Лекция 9.1. Тепловое излучение. 2 часа.

Абсолютно черное, белое и прозрачное тело. Законы теплового излучения. Примеры расчета.

Литература: [2]

Раздел 10. Основы массообмена. 4 часа.

Лекция 10.1. Основы массообмена. 4 часа.

Основные законы массообмена. Дифференциальные уравнения массопередачи. Критериальные уравнения массопередачи. Примеры расчета.

Литература: [2]

3.2. Перечень лабораторных работ (занятий), и их объём в часах.

ЛБ-1 Определение теплоёмкости воздуха. 4 часа.

Литература: [6]

ЛБ-2 Приборы для измерения параметров потока. 4 часа.

Литература: [6]

ЛБ-3 Исследование газовых процессов в элементах авиационных ГТД. 4 часа.

Литература: [6]

ЛБ-4 Течение газа в элементах авиационных ГТД. 4 часа.

Литература: [6]

ЛБ-5 Тяга турбореактивного двигателя. 4 часа.

Литература: [6]

ЛБ-6 Определение коэффициента теплопроводности латунного стержня. 4 часа.

Литература: [6]

ЛБ-7 Определение коэффициента теплоотдачи в условиях естественной конвекции. 4 часа.

Литература: [6]

3.3. Контрольное домашнее задание № 1.

Тема: Исследование авиационного ГТД с регенерацией тепла. 28 часов.

Задача имеет комплексный характер. Знания и умения приобретаются при расчете и анализе:

- адиабатических процессов сжатия воздуха в компрессоре и расширения его в турбине ГТД;

- изобарных процессов подвода теплоты в камере сгорания ГТД и в теплообменном аппарате (по воздушной стороне);
- изобарных процессов охлаждения выхлопных газов в атмосфере и в теплообменном аппарате (по газовой стороне);
- энергетических показателей цикла Брайтона и его эффективности;
- влияния степени регенерации на экономию топлива.

Литература: [6]

Контрольное домашнее задание № 2.

Тема: Расчет системы обогрева или вентиляции (в зависимости от варианта задания) ангара для хранения и технического обслуживания воздушных судов

Задача имеет комплексный характер. Знания и умения приобретаются при расчете и анализе:

- теплоотдачи от горячей жидкости к стенкам трубопровода, теплопроводности через стенки трубопровода, теплоотдачи от наружной поверхности трубопровода к воздуху в ангаре;
- работы системы вентиляции ангара и агрегатов этой системы ;
- теплообменного аппарата системы вентиляции.

Литература: [7]

3.4. Перечень тематики самостоятельной работы студента.

3.4.1. Подготовка к лекциям.

3.4.2. Подготовка к лабораторным работам.

3.4.3. Контрольные вопросы (фонд контрольных заданий).

4. Рекомендуемая литература.

№ п/п	Автор	Наименование, издательство, год издания
1.	Шулекин В.Т.	Основная литература: Теплотехника. Часть 1.Тексты лекций. М.:МГТУГА, 2007. 148с.
2.	Шулекин В.Т.	Гидрогазодинамика и тепло-массообмен, часть 2. Конс-пект лекций. Учебное пособие (для студентов специальности 280102 всех форм обучения). М.:МГТУ ГА,2001. 96с.
3.	Казанджан П.К. Тихонов Н.Д. Шулекин В.Т.	Дополнительная литература: Теория авиационных двигателей. Рабочий процесс и эксплуатационные характеристики газотурбинных двигателей. Учебник для вузов /Под ред. Н.Д.Тихонова. М.:Транспорт,2000. 287с.
4.	Казанджан П.К. Тихонов Н.Д.	Теория авиационных двигателей. Теория лопаточных машин. Учебник для студентов вузов по специальности «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей». 2-е изд., перераб. и доп. М.:Машиностроение,1995. 320с.
5.	Шулекин В.Т.	Основы теории и конструирования авиационных двигателей. М.:МГТУГА, 1994. 140с.
6.	Шулекин В.Т.	Учебно-методическая литература: а) для лабораторных работ Теплотехника. Лабораторный практикум для студентов 2 курса специальности 280102 дневного обучения. М.:МГТУГА, 2006.88с .
7.	Шулекин В.Т.	б) для контрольных работ Теплотехника. Пособие к выполнению контрольных работ №1 и №2 для студентов 2 курса специальности 280102 дневного обучения. М.:МГТУ ГА,2003.32с.