

## АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок»

Дисциплина «Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок» является частью программы специалитета «Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок (СУОС)» по направлению «24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей».

## **Цели и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является: – получение знаний по термогазодинамическим и энергетическим основам работы воздушно-реактивных двигателей различных типов и их узлов, организации совместной работы узлов, термодинамическим основам регулирования параметров функционирования ВРД и их эксплуатационным характеристикам; умений и навыков применения математического и физического моделирования для определения оптимальных параметров рабочего процесса авиационных двигателей методами численного эксперимента (вычислительными методами), расчета термогазодинамических, геометрических и кинематических параметров авиационных двигателей, построения эксплуатационных характеристик авиационных двигателей. Задачи учебной дисциплины: • формирование знаний – теоретических основ рабочих процессов в авиационных двигателях и энергетических установках различных типов; – методик и этапов проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов процессов в авиационных двигателях и энергетических установках; – о требованиях к составлению описаний принципов действия и устройства проектируемых авиационных двигателей и энергетических установок. • формирование умений – пользоваться современными вычислительными пакетами для моделирования рабочих процессов в авиационных двигателях и энергетических установках и их агрегатах; – проводить газодинамические, тепловые и прочностные расчёты авиационных двигателей и энергетических установок и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования; – составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий. формирование навыков – постановки и решения расчётно-теоретических и экспериментальных исследовательских задач; анализа и обобщения результатов моделирования при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при проектировании авиационных двигателей и энергетических установок; – проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов авиационных двигателей и энергетических установок и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования с применением современных программных средств и анализа полученных результатов для принятия технических решений; – составления описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с научно-техническим и технико-экономическим обоснованием принятых проектно-технических решений..

### Изучаемые объекты дисциплины

– воздушно-реактивные двигатели различных типов, принципы их работы; – среда, в которой эксплуатируются летательные аппараты; – история эволюционного развития авиационно-космической техники; – основы теории полета; – летательные аппараты и их энергетические комплексы; – силовые и энергетические установки летательных аппаратов.

### Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	9
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	138	66	72
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	78	46	32
- лабораторные работы (ЛР)	34	16	18
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18		18
- контроль самостоятельной работы (КСР)	8	4	4
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	150	78	72
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	72	36	36
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18		18
Общая трудоемкость дисциплины	360	180	180

### Краткое содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
8-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Характеристика узлов ТРД.	16	4	0	22
<p>Тема 5. Процессы, протекающие в воздухозаборниках ТРД  Назначение воздухозаборников и требования, предъявляемые к ним. Основные параметры воздухозаборников. Дозвуковые входные устройства, режимы их работы и процессы, протекающие в них при различных формах канала и условиях на входе. Основы расчета и проектирования дозвуковых воздухозаборников. Воздухозаборники для сверхзвуковых скоростей полета, их классификация по виду торможения потока. Мероприятия по уменьшению потерь в сверхзвуковых входных устройствах. Режимы работы сверхзвуковых воздухозаборников. Совместная работа воздухозаборника и компрессора в системе двигателя. Запасы устойчивости сверхзвуковых воздухозаборников и их регулирование.</p> <p>Тема 6. Процессы, протекающие в основных камерах сгорания ТРД  Назначение камер сгорания и требования, предъявляемые к ним. Топлива для ТРД. Их распыливание, испарение, смешение и горение. Основы горения и некоторые термохимические соотношения. Форсунки, применяемые в камерах сгорания ТРД, теория их работы. Типы камер сгорания и рабочие процессы, протекающие в них. Течение газа и потери полного давления в элементах камер сгорания. Характеристики основных камер сгорания. Основы расчета и проектирования основных камер сгорания, определение их размеров. Критерии оценки работы камер сгорания по эмиссии вредных веществ. Перспективы развития камер сгорания. Меры по уменьшению дымления воздушно-реактивных двигателей и наличия токсичных примесей в продуктах сгорания.</p> <p>Тема 7. Выходные устройства ТРД  Назначение, состав и основные требования к выходным устройствам. Реактивные сопла, их назначение. Дозвуковое реактивное сопло, режимы его работы. Газодинамический расчет дозвукового сопла. Сверхзвуковое реактивное сопло, режимы его работы. Виды потерь в реактивных соплах и способы их уменьшения. Характеристики реактивных</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
сопел. Регулирование ре-активных сопел. Шум АД и методы борьбы с ним. Устройства для реверса и девиации тяги.				
Совместная работа узлов в системе ТРД	12	4	0	14
Тема 8. Совместная работа узлов на установившихся режимах работы ТРД Совместная работа узлов газогенератора и выходного устройства с регулируемым реактивным соплом и сопловым аппаратом турбины. Совместная работа компрессора, камеры сгорания и турбины на установившихся режимах. Вывод уравнения линии совместной работы (ЛСР) компрессора, камеры сгорания и турбины одновального ТРД. Влияние различных факторов на расположение линии совместной работы узлов ТРД с неизменной геометрией проточной части. Влияние регулирования компрессора на положение ЛСР. Технико-экономическое обоснование при расчете и первичном проектировании ТРД. Тема 9. Особенности совместной работы узлов на неустановившихся режимах работы ТРД Неустановившиеся режимы работы ТРД. Обеспечение переходных режимов и приемистости. Этапы запуска газотурбинного двигателя. Запуск газотурбинного двигателя на стенде и в полете. Необходимость применения для запуска стартеров. Принципы работы стартеров газотурбинного двигателя. Номенклатура основных режимов работы ТРД.				
Основы расчета ТРД	10	4	0	17
Тема 3. Зависимость удельных параметров ТРД от параметров рабочего процесса Влияние параметров рабочего процесса на удельные параметры ТРД. Зависимость удельной тяги и удельного расхода топлива от суммарной степени повышения давления, температуры газа перед турбиной и КПД процессов сжатия и расширения. Тема 4. Основные этапы расчета ТРД Понятие о свободной энергии ТРД. Выбор оптимальных параметров рабочего процесса ТРД. Термогазодинамический расчет параметров рабочего тела по тракту и основных параметров ТРД. Геометрический и				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
кинематиче-ский расчет ТРД. Первичное проектирование по результатам расчета, определение облика ТРД.				
Термодинамические циклы ТРД.	8	4	0	25
<p>Введение. Принцип создания тяги ТРД. Изменение параметров рабочего тела и превращения энергии по тракту ТРД. Основные параметры ТРД. Предмет и задачи дисциплины.</p> <p>Тема 1. Идеальный цикл ТРД</p> <p>Сущность второго закона термодинамики для тепловых машин. Условия и диаграммы идеального цикла с подводом тепла при постоянном давлении и его реализация в ТРД. Основные термодинамические процессы в цикле с подводом тепла при постоянном давлении, взаимосвязь параметров в характерных точках цикла применительно к работе ТРД.</p> <p>Работа и термический КПД идеального цикла, их зависимость от параметров рабочего процесса ТРД (суммарной степени повышения давления воздуха в двигателе и температуры газа перед турбиной). Особенности цикла со ступенчатым подводом тепла при постоянных давлениях.</p> <p>Тема 2. Реальный (действительный) цикл ТРД</p> <p>Потери, учитываемые в действительных (реальных) циклах. Диаграммы действительного цикла ТРД с подводом тепла при постоянном давлении в координатах <math>p</math> и <math>T</math> – <math>S</math> и их сравнение с диаграммами идеального цикла. Характеристика основных процессов действительного цикла. Внутренняя (индикаторная) и эффективная (полезная) работа действительного цикла ТРД.</p> <p>Эффективный, тяговый (полетный) и полный (экономический) коэффициенты полезного действия (КПД), их зависимость от основных параметров двигателя и условий полета.</p> <p>Энергетический баланс в ТРД.</p>				
ИТОГО по 8-му семестру	46	16	0	78
9-й семестр				
Особенности совместной работы узлов и характеристик двигателей прямой реакции	10	6	5	36
Тема 13. Двухвальные ТРД Необходимость применения двухвальных ТРД. Скольжение роторов и его влияние на				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
газодинамическую устойчивость компрессора. Особенности совместной работы узлов двухвального ТРД. Особенности программ регулирования и характеристик двухвальных ТРД. Преимущества и недостатки двухвальных ТРД. Тема 14. Турбореактивные двигатели двухконтурные (ТРДД) Схемы ТРДД и их основные параметры. Газодинамические преимущества ТРДД перед ТРД. Оптимальное распределение энергии между контурами. Зависимость удельных параметров ТРДД от степени двухконтурности и коэффициента распределения энергии. Влияние отбора воздуха из-за КВД и КНД на запас устойчивой работы и параметры ТРДД. Особенности законов регулирования ТРДД и ТРДД с форсажной камерой (ТРДФ). Особенности характеристик ТРДД. Тема 15. ТРД с форсажной камерой (ТРДФ) Назначение и способы форсирования тяги. Рабочий процесс в форсажных камерах. Понятие о неустойчивых режимах горения. Особенности характеристик ТРДФ.				
Эксплуатационные характеристики ТРД	10	6	5	26
Тема 10. Термодинамические основы регулирования ТРД Основные понятия из теории регулирования и управления силовыми установками. Регулируемые параметры и регулирующие факторы. Основные законы и программы регулирования ТРД и ТРД с форсажной камерой (ТРДФ). Сравнение различных программ регулирования при изменении скорости и высоты полета. Тема 11. Дроссельные характеристики ТРД Типы характеристик ТРД и их назначение. Дроссельные характеристики (ДХ) ТРД с нерегулируемой и регулируемой геометрией проточной части. Влияние на дроссельные характеристики программы регулирования ТРД, оптимальное дросселирование. Тема 12. Высотно-скоростные и климатические характеристики ТРД Скоростные характеристики (СХ) ТРД. Влияние на СХ высоты полета, степени				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
повышения давления в компрессоре, температуры газа перед турби-ной, программы регулирования двигателя. Высотные характеристики (ВХ) ТРД. Климатические характеристики ТРД. Методы получения характеристик ТРД. Приведение параметров ТРД к стандартным атмосферным условиям. Облас-ти эксплуатационных ограничений ТРД.				
Особенности совместной работы узлов и характеристик двигателей непрямой реакции	12	6	8	10
Тема 16. Турбовинтовые двигатели (ТВД) Принцип действия, схемы и основные параметры ТВД. Оптимальное распределение энергии между воздушным винтом и реактивным соплом, уравнение Стечкина. Зависимость удельных параметров от параметров рабочего процесса. Влияние отбора мощности на запас устойчивой работы и параметры ТВД. Дроссельные характеристики ТВД. Климатические характеристики ТВД. Высотно-скоростные характеристики ТВД. Тема 17. Турбовальные (ТВад) и вспомогательные газотурбинные двигатели (ГТД) Принцип действия, схемы и основные параметры ТВад. Зависимость удельных параметров от параметров рабочего процесса. Влияние отбора мощности на запас устойчивой работы и параметры ТВад. Дроссельные ха-рактеристики ТВад. Климатические характеристики ТВад. Назначение и особенности конструкции узлов вспомогательных ГТД.				
ИТОГО по 9-му семестру	32	18	18	72
ИТОГО по дисциплине	78	34	18	150