

## АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«Теория и расчет двигателей и энергетических установок»

Дисциплина «Теория и расчет двигателей и энергетических установок» является частью программы магистратуры «Проектирование и конструкция двигателей и энергетических установок летательных аппаратов» по направлению «24.04.05 Двигатели летательных аппаратов».

### **Цели и задачи дисциплины**

Цель учебной дисциплины: – углублённое изучение рабочих процессов воздушно-реактивных двигателей для расчета их параметров и эксплуатационных характеристик, технико-экономического обоснования проектных решений и документального оформления результатов расчетов и экспериментальных исследований. В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет, углубляет и демонстрирует следующие общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции: • Использование на практике умений и навыков в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом; • Способность осуществлять подготовку научно-технических отчетов, обзоров и публикаций по результатам выполненных исследований и разработок ; • Способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности; • Способность проводить технические расчёты по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа проектируемых изделий и конструкций. Задачи учебной дисциплины: • изучение газодинамического и геометрического проектирования узлов газотурбинных двигателей, способов оптимизации их совместной работы и регулирования, физического моделирования влияния различных факторов на эксплуатационные характеристики газотурбинных двигателей; правил и способов получения, обработки, анализа и оформления научно-технической информации; • формирование умения использовать физические и математические модели для расчета и проектирования узлов, оптимизации характеристик авиационных двигателей; технико-экономического обоснования параметров рабочего процесса газогенератора при расчете и проектировании газотурбинных двигателей; создавать отчеты по результатам проведенных исследований; • формирование навыков применения математического и физического моделирования для определения оптимальных параметров рабочего процесса, газодинамического проектирования узлов, учета влияния внешних и внутренних факторов при построении эксплуатационных характеристик газотурбинных двигателей; документального оформления результатов расчетов и экспериментальных исследований..

### Изучаемые объекты дисциплины

– отдельные узлы газотурбинных двигателей (ГТД), их характеристики, факторы, влияющие на характеристики узлов ГТД; – термодинамические циклы, критерии оценки потерь энергии в ГТД; – ГТД различных типов и схем, особенности совместной работы их узлов на установившихся и неуставившихся режимах; – основы теории регулирования ГТД; – эксплуатационные характеристики ГТД, факторы, влияющие на характеристики ГТД; – модели для анализа процессов в двигателях летательных аппаратов (ЛА) и оценки их газодинамической устойчивости; – экспериментальное и математическое моделирование процессов ГТД..

### Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах				
		Номер семестра				
		2	3			
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	116	72	44			
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:						
- лекции (Л)				40	24	16
- лабораторные работы (ЛР)				36	18	18
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)				34	26	8
- контроль самостоятельной работы (КСР)				6	4	2
- контрольная работа						
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	136	72	64			
2. Промежуточная аттестация						
Экзамен	36		36			
Дифференцированный зачет						
Зачет	9	9				
Курсовой проект (КП)						
Курсовая работа (КР)	18		18			
Общая трудоемкость дисциплины	288	144	144			

### 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	
2-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	16	14	36
<p>Введение. Предмет и задачи дисциплины. Первое уравнение Эйлера как основа для создания тяги ТРД. Энергетические преобразования и параметры потока вдоль тракта ТРД. Анализ основных параметров ТРД. Действительный (реальный) цикл ТРД, критерии оценки потерь энергии в цикле.</p> <p>Тема 1. Процессы, протекающие в воздухозаборниках ТРД</p> <p>Анализ основных параметров воздухозаборников. Влияние на режим работы дозвуковых входных устройств формы канала воздухозаборника и параметров полета. Основы газодинамического проектирования дозвуковых воздухозаборников. Оценка потерь энергии в сверхзвуковых воздухозаборниках, разработка мероприятий по их снижению. Анализ режимов работы сверхзвуковых воздухозаборников при изменении параметров полета и режима работы двигателя. Обеспечение совместной работы воздухозаборника и компрессора в системе ТРД. Влияние программ регулирования сверхзвуковых воздухозаборников на их запас устойчивости.</p> <p>Тема 2. Процессы, протекающие в основных камерах сгорания ТРД</p> <p>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 3. Выходные устройства ТРД</p> <p>Формирование комплексных требований к</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
выходным устройствам и их основным узлам. Основы газодинамического и геометрического проектирования дозвукового сопла. Анализ влияния режима работы двигателя и параметров полета на режим работы дозвукового и сверхзвукового сопла. Группы потерь энергии в сверхзвуковом сопле, комплексные критерии их оценки. Порядок построения характеристик сверхзвукового сопла. Выбор способа регулирования классического и инжекторного реактивного сопла. Зависимость уровня шума реактивного сопла от параметров двигателя и перспективные методы его снижения. Выбор устройства для реверса и девиации тяги.				
Совместная работа узлов в системе ТРД	8	2	12	36
Тема 4. Совместная работа узлов на установившихся режимах работы ТРД Физическая модель совместной работы узлов газогенератора и выходного устройства с регулируемым реактивным соплом и сопловым аппаратом турбины. Физическая модель совместной работы основных узлов газогенератора на установившихся режимах. Математическая модель и ее решение для линии совместной работы (ЛСР) основных узлов газогенератора одновального ТРД. Функциональные воздействия на положение линии совместной работы узлов ТРД с нерегулируемой проточной частью. Зависимость положения ЛСР относительно границы газодинамической устойчивости (ГГУ) от способов регулирования компрессора. Техничко-экономическое обоснование параметров рабочего процесса газогенератора при расчете и первичном проектировании ТРД. Тема 5. Особенности совместной работы узлов на неустановившихся режимах работы ТРД Физическая модель совместной работы узлов газогенератора на неустановившихся режимах работы ТРД. Оптимизация переходных процессов для обеспечения максимальной приемистости при допустимом запасе газодинамической устойчивости узлов газогенератора в зависимости от условий				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
полета. Особенности переходных процессов при запуске ТРД на стенде и в полете. Расчет потребной мощности пускового стартера при запуске ТРД на стенде.				
ИТОГО по 2-му семестру	24	18	26	72
3-й семестр				
Основы регулирования и эксплуатационные характеристики ТРД	8	0	4	24
<p>Тема 6. Термодинамические основы регулирования ТРД Физические модели регулирования силовых установок. Термодинамическая связь между регулируемым параметрами и регулируемыми факторами. Сравнительный анализ различных программ регулирования при изменении параметров полета. Разработка комбинированных программ регулирования с ограничениями и без ограничений для реализации основных законов регулирования.</p> <p>Тема 7. Дроссельные характеристики ТРД Физическое моделирование влияния на протекание дроссельных характеристик ТРД регулирования геометрии проточной части и программы регулирования ТРД. Оптимизация процесса дросселирования ТРД.</p> <p>Тема 8. Высотно-скоростные и климатические характеристики ТРД Физическое моделирование влияния на высотно-скоростные характеристики ТРД параметров рабочего процесса газогенератора и программы регулирования двигателя. Математическое моделирование процесса изменения величины основных параметров ТРД в зависимости от климатических параметров атмосферы Приближенные аналитические методы получения характеристик ТРД. Способы приведения параметров ТРД к стандартным атмосферным условиям.</p> <p>Модуль 3. Особенности совместной работы узлов и характеристик турбореактивных двигателей различных типов Раздел 4. Особенности совместной работы узлов и характеристик турбореактивных двигателей различных типов Л – 8 ч, ПЗ – 4 ч, ЛР – 12 ч, СРС – 40 ч.</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
<p>Тема 9. Двухвальные ТРД Необходимость применения двухвальных ТРД. Скольжение роторов и его влияние на газодинамическую устойчивость компрессора. Особенности совместной работы узлов двухвального ТРД. Особенности программ регулирования и характеристик двухвальных ТРД. Преимущества и недостатки двухвальных ТРД.</p> <p>Тема 10. 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.</p>				
Особенности совместной работы узлов и характеристик турбореактивных двигателей различных типов	4	12	4	40
<p>Тема 9. Двухвальные ТРД Необходимость применения двухвальных ТРД. Скольжение роторов и его влияние на газодинамическую устойчивость компрессора. Особенности совместной работы узлов двухвального ТРД. Особенности программ регулирования и характеристик двухвальных ТРД. Преимущества и недостатки двухвальных ТРД.</p> <p>Тема 10. 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</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
ТРДД с форсажной камерой (ТРДФ). Особенности характеристик ТРДД.				
Особенности совместной работы узлов и характеристик газотурбинных двигателей непрямой реакции и турбореактивных двигателей с форсажной камерой (ТРДФ)	4	6	0	0
Тема 11. Турбовинтовые, турбовальные и вспомогательные газотурбинные двигатели (ГТД) Принцип действия, схемы и основные параметры ТВД и ТВаД. 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 и ТВаД. Дроссельные характеристики ТВД и ТВаД. Климатические характеристики ТВД и ТВаД. Высотно-скоростные характеристики ТВД. Особенности конструкции узлов вспомогательных ГТД. Тема 12. ТРД с форсажной камерой (ТРДФ) Назначение и способы форсирования тяги. Рабочий процесс в форсажных камерах. Понятие о неустойчивых режимах горения. Особенности характеристик ТРДФ.				
ИТОГО по 3-му семестру	16	18	8	64
ИТОГО по дисциплине	40	36	34	136