

## АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«Теория и расчет двигателей и энергетических установок»

Дисциплина «Теория и расчет двигателей и энергетических установок» является частью программы магистратуры «Проектирование и конструкция авиационных двигателей и энергетических установок» 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 отчётов, 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 фак-торов 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 неустойчивых 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:	78	34	44		
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:					
- лекции (Л)				8	16
- лабораторные работы (ЛР)				8	18
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)				16	8
- контроль самостоятельной работы (КСР)				2	2
- контрольная работа					
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	102	38	64		
2. Промежуточная аттестация					
Экзамен	36		36		
Дифференцированный зачет					
Зачет	9	9			
Курсовой проект (КП)					
Курсовая работа (КР)	18		18		
Общая трудоемкость дисциплины	216	72	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
Совместная работа узлов в системе ТРД	4	4	8	23
<p>Тема 4. Совместная работа узлов на установившихся режимах работы ТРД</p> <p>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.</p> <p>Тема 5. Особенности совместной работы узлов на неустановившихся режимах работы ТРД</p> <p>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 полета. Особенности переходных процессов при запуске ТРД на стенде и в полете. Расчет потребной мощности пускового стартера при запуске ТРД на стенде.</p>				
Характеристика узлов ТРД	4	4	8	15
<p>Введение. Предмет и задачи дисциплины.</p> <p>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. Тема 1. Процессы, протекающие в воздухозаборниках ТРД</p> <p>Анализ основных параметров воздухозаборников. Влияние на режим работы дозвуковых входных устройств формы канала воздухозаборника 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
<p>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. Тема 2. 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. Тема 3. Выходные устройства ТРД Формирование комплексных требований к 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</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
реверса и девиации тяги.				
ИТОГО по 2-му семестру	8	8	16	38
3-й семестр				
Основы регулирования и эксплуатационные характеристики ТРД	6	6	4	20
<p>Тема 6. Термодинамические основы регулирования ТРД Физические модели регулирования силовых установок. Термодинамическая связь между регулируемыми 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. 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. Модуль 3.</p> <p>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. Тема 9. Двухвальные ТРД Необходимость применения двухвальных ТРД. Скольжение роторов и его влияние на газодинамическую устойчивость компрессора. Особенности совместной работы узлов двухвального ТРД.</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>Особенности программ регулирования и характеристик двухвальных ТРД.</p> <p>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>				
<p>Особенности совместной работы узлов и характеристик газотурбинных двигателей непрямой реакции и турбореактивных двигателей с форсажной камерой (ТРДФ)</p>	4	6	2	24
<p>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.</p>				
<p>Особенности совместной работы узлов и характеристик турбореактивных двигателей различных типов</p>	6	6	2	20
<p>Тема 9. Двухвальные ТРД Необходимость применения двухвальных ТРД. Скольжение роторов и его влияние на газодинамическую устойчивость компрессора. Особенности</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
совместной работы узлов двухвального ТРД. Особенности программ регулирования и характеристик двухвальных ТРД. Преимущества и недостатки двухвальных ТРД. 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.				
ИТОГО по 3-му семестру	16	18	8	64
ИТОГО по дисциплине	24	26	24	102