

АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«Теория и расчет лопаточных машин»

Дисциплина «Теория и расчет лопаточных машин» 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

Цель: Формирование комплекса знаний о газодинамических процессах в лопа-точных машинах авиационного двигателя – компрессоре и турбине, теоретических основах их работы, характеристиках и регулировании; умений и навыков расчёта и проектирования этих узлов двигателя, подготовки отчётов по результатам проектирования. Задачи: • формирование знаний – требований к параметрам компрессоров и турбин авиационных ГТД; – газодинамических и прочностных требований к устройству и конструкции лопаточных машин и их элементов, методов и способов их обеспечения, конструктивные ограничения; – принципов работы лопаточных машин и системы основных расчётных уравнений; – теоретических основ протекания рабочего процесса компрессоров и турбин авиационных ГТД; – основ теории пространственного течения в лопаточных машинах и их элементах; – причин неустойчивой работы компрессоров и мероприятий по обеспечению газодинамической устойчивости; – характеристик лопаточных машин; – устройства лопаточных машин, назначения и теоретических основ функционирования основных конструктивных элементов; – теоретических основ формирования проточной части лопаточных машин, лопаточных решёток и профилей пера лопаток; – основы базовых методик и последовательности выполнения основных расчётов лопаточных машин; – требований к оформлению научно-технических отчётов; • формирование умений – использовать современные программы и пакеты для выполнения расчётов и оформления отчётов; – анализировать технико-экономическое совершенство компрессоров и турбин авиационных ГТД; – выполнять проектировочные и поверочные расчёты лопаточных машин; – оценивать нагруженность, тепловое и прочностное состояние основных элементов лопаточных машин; – выбирать материалы, отвечающие требованиям прочности; – формулировать условия обеспечения работоспособности лопаточных машин и их элементов; – формировать геометрический облик проточной части лопаточных машин и их элементов; – объяснить назначение основных конструктивных элементов и обосновать их необходимый состав; – создавать отчёты с грамотным описанием хода выполнения работ, обоснованием принимаемых решений и анализом полученных результатов; • формирование навыков – навыками постановки и решения расчётно-теоретических и экспериментальных исследовательских задач; – анализа и принятия обоснованных расчётных и проектных решений при разработке компрессоров и турбин авиационных ГТД; – выполнения расчётов параметров рабочего процесса и течения рабочего тела в авиационных лопаточных машинах; – построения профилей, решёток профилей и пера лопаток ком-прессоров и турбин авиационных ГТД с использованием общего программного обеспечения и средств автоматизированного проектирования; – оформления отчётов о результатах исследования, расчёта и проектирования лопаточных машин и их элементов..

Изучаемые объекты дисциплины

– термогазодинамические процессы, протекающие в лопаточных машинах авиационных двигателей; – характеристики компрессоров и газовых турбин; – методы регулирования лопаточных машин..

Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	54	18
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	48	34	14
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	6	2	4
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	54	18
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет	9		9
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18		18
Общая трудоемкость дисциплины	180	144	36

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
7-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
Раздел 1. Основные понятия, определения и принципы работы	14	3	0	15
<p>Введение</p> <p>Назначение и области применения лопаточных машин.</p> <p>Классификация лопаточных машин: по степени повышения давления, по числу ступеней, по количеству валов, по форме проточной части, по принципу работы. Преимущества и недостатки различных схем.</p> <p>Тема 1. Основные геометрические параметры лопаточных машин и их элементов</p> <p>Базовые понятия: ступень, элементарная ступень, профиль, решётка профилей.</p> <p>Размерные и безразмерные диаметральные параметры.</p> <p>Геометрические параметры профиля: средняя линия и кривизна профиля, толщина профиля и входной/выходной кромок, углы заострения кромок, угол изгиба профиля, ребро атаки и обтекания, хорда. Безразмерные параметры профиля.</p> <p>Тема 2. Основные принципы работы элементарной ступени</p> <p>Два этапа преобразования энергии: кинетическая энергия колеса – кинетическая энергия потока – потенциальная энергия потока (и наоборот). Необходимость поворота потока (изгиба профилей лопаток).</p> <p>Кинематическая степень реактивности.</p> <p>Активные, активно-реактивные и реактивные лопаточные машины. Изменение параметров потока вдоль ступени. Треугольники скоростей при степени реактивности 0, 0.5, 1.</p> <p>Тема 3. Термодинамика процессов сжатия-расширения</p> <p>Применение основных уравнений течения газов в расчётах лопаточных машин. Изображение процессов сжатия-расширения в $p-v$ и $T-S$ координатах. Изображение термодинамических процессов в ступени компрессора и турбины в $p-v$ и $T-S$ координатах при разных значениях степени реактивности.</p>				
Потери в решетке и ступени. КПД лопаточных машин	4	5	0	5

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 4. Потери в решетке и ступени. КПД лопаточных машин</p> <p>Профильные потери. Пограничный слой и потери на трение. Потери на отрыв потока от поверхности профиля. Кромочные потери. Волновые потери.</p> <p>Вторичные потери. Потери в парном вихре. Потери от перетеканий в радиальном зазоре (концевые потери).</p> <p>Потери от утечек. Механические потери. Дополнительные потери в тур-бине: потери охлаждения, потери с выходной скоростью.</p> <p>КПД компрессора. Теоретический, затраченный и полезный напоры. Адиабатный КПД и КПД по параметрам торможения.</p> <p>КПД турбины. Адиабатный КПД и его значение для авиационных турбин. Окружной (мощностной) КПД.</p>				
Многоступенчатые лопаточные машины	6	0	0	15
<p>Тема 5. Особенности течения в лопаточных решетках турбин и в многоступенчатых турбинах</p> <p>Изменение давления и скорости вдоль обводов профиля.</p> <p>Особенности изменения параметров потока вдоль многоступенчатых турбин. Турбины со ступенями скорости и со ступенями давления.</p> <p>Парциальные турбины. Оптимальное число ступеней в многоступенчатых турбинах.</p> <p>Тема 6. Многоступенчатые лопаточные машины</p> <p>Необходимость применения многоступенчатых лопаточных машин. Предельные величины напоров (теплоперепадов) и работ одной ступени.</p> <p>Особенности термодинамики многоступенчатых лопаточных машин.</p> <p>Тепловое сопротивление в компрессорах.</p> <p>Возврат тепла в турбинах. КПД многоступенчатых машин в сравнении с КПД ступени, анализ с помощью p-v и T-S диаграмм.</p> <p>Распределение вдоль турбины степени реактивности, КПД ступени, работ, осевых скоростей, высот лопаток.</p>				
Характеристики и особенности работы	10	10	0	19

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>компрессоров</p> <p>Тема 7. Характеристики и неустойчивая работа осевого компрессора</p> <p>Работа компрессора на нерасчетных режимах:</p> <ul style="list-style-type: none"> – зависимость КПД от расхода воздуха (осевой скорости); – зависимость работы ступени осевого и центробежного компрессоров от расхода воздуха (осевой скорости); – зависимость степени повышения давления осевых и центробежных компрессоров от расхода воздуха (осевой скорости). <p>Влияние частоты вращения ротора на характер протекания характеристик.</p> <p>Внешние признаки и физическая сущность явления помпажа. Механизмы возникновения помпажа в различных условиях: на запуске, при малой частоте вращения ротора, при высокой частоте вращения ротора, во время приемистости и т.п. Вращающийся срыв.</p> <p>Способы регулирования компрессоров.</p> <p>Промежуточный перепуск воздуха. Изменение угла установки лопаток. Применение двухвальной схемы (изменение частоты вращения).</p> <p>Тема 8. Особенности течения в центробежных компрессорах</p> <p>Основные элементы проточной части компрессора. Входные устройства. Течение воздуха в рабочем колесе. Типы рабочих колес и область их применения.</p>				
ИТОГО по 7-му семестру	34	18	0	54
8-й семестр				
Характеристики турбины. Совместная работа турбины и компрессора	2	0	0	0
Тема 11. Характеристики турбины. Совместная работа турбины и компрессора				
Понятие о работе ступени при изменившихся параметрах процесса. По-добные режимы работы турбины. Характеристики турбины. Совместная работа турбины и компрессора.				
Выбор параметров, пространственное моделирование и совместная работа лопаточных машин	12	0	0	18
Тема 9. Выбор геометрических и кинематических параметров				

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>Атакоустойчивость и оптимальные углы атаки. Влияние радиуса (толщины) входной кромки на атакоустойчивость, лобовое и волновое сопротивление, прочность и долговечность. Влияние радиуса (толщины) выходной кромки на прочность, ресурс и кромочные потери. Выбор максимальной толщины профиля и ее положения, их зависимость от скорости набегающего потока и кривизны профиля. Влияние формы обводов "корыта" и "спинки" на качество обтекания профиля, безотрывность обтекания и теплообмен с потоком. Угол установки профиля и связь с ним максимальной кривизны профиля и ее положения. Оптимальная и конструктивная густота решетки. Оптимальное отношение окружной скорости вращения колеса и скорости истечения из соплового аппарата турбины. Выбор прочих геометрических и кинематических параметров.</p> <p>Тема 10. Профилирование лопаток по высоте Закон постоянной циркуляции, отрицательная реактивность у корня лопатки. Закон постоянной реактивности, особенности профилирования первой ступени компрессора без ВНА. Закон постоянного угла выхода из соплового аппарата ступени турбины. Построение профилей лопаток осевого компрессора. Особенности построения сверхзвуковых профилей и лопаток. Построение профилей лопаток турбины. Общие принципы построения «длинных» лопаток компрессоров и турбин.</p>				
ИТОГО по 8-му семестру	14	0	0	18
ИТОГО по дисциплине	48	18	0	72