

АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«Конструкция и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок»

Дисциплина «Конструкция 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 комплекса знаний, умений и навыков студента связанных с решением задач, проектирования, расчета, исследования и производства авиационных двигателей и энергетических установок. Задачи дисциплины формирование знаний: - методик проведения прочностных расчётов основных элементов авиационных двигателей и энергетических установок; - требований к конструкции и конструкцию основных узлов авиационных двигателей и энергетических установок; - современных методов проектирования основных узлов и элементов авиационных двигателей и энергетических установок; - передового опыта использования средств автоматизированного проектирования при разработке авиационных двигателей; - научной и технической терминологии в области авиационных двигателей и энергетических установок; - основных правил составления технических описаний основных узлов и элементов авиационных двигателей и энергетических установок. формирование умений: - проводить прочностные расчёты основных элементов авиационных двигателей и энергетических установок с использованием аналитических и численных методов; - обосновывать выбор конструктивных решений деталей и узлов авиационных двигателей, с точки зрения надежности двигателя; - разрабатывать описания и конструкторскую документацию основных узлов авиационных двигателей и энергетических установок; – формулировать профессиональным языком проблемы в области авиационных двигателей и энергетических установок; - составлять технические описания основных узлов и элементов авиационных двигателей и энергетических установок; формирование навыков: - проведения прочностных расчётов основных элементов авиационных двигателей и энергетических установок с использованием аналитических и численных методов с применением современных программных средств; - анализа полученных результатов для принятия технических решений; - разработки конструкции деталей, элементов и узлов авиационных двигателей и энергетических установок; - технического описания узлов и элементов авиационных двигателей и энергетических установок..

Изучаемые объекты дисциплины

- конструкция узлов и деталей газотурбинных двигателей; - методы оценки нагруженности деталей газотурбинных двигателей; - методы обеспечения статической прочности и циклического ресурса деталей газотурбинных двигателей; - методы исследования вибраций и обеспечения динамической прочности деталей и узлов газотурбинных двигателей..

Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		9	10
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	136	72	64
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	60	32	28
- лабораторные работы (ЛР)	68	36	32
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	8	4	4
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	188	72	116
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36		36
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)	36		36
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	360	144	216

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
9-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
Конструкция основных узлов ГТД	32	36	0	72
<p>Введение. Роль и место дисциплины в системе подготовки специалиста по авиационным двигателям и энергетическим установкам. Структура дисциплины. Основные термины. Тема 1. Конструкция компрессоров ГТД Основные требования к конструкции компрессоров и проблемы, решаемые при их проектировании. Конструктивные схемы и классификация компрессоров. Роторы осевого компрессора: назначение, требования, условия работы и нагружения. Расположение роторов компрессоров относительно опор. Типы ро-торов компрессоров. Соединение элементов в роторах, центрирование, передача крутящего момента. Сварные роторы. Роторы одноступенчатых вентиляторов. Рабочие лопатки: условия работы и действующие нагрузки, основные требо-вания, основные элементы лопаток и их функциональное назначение, способы крепления к дискам (барабанам) роторов, конструкция хвостовиков, фиксация лопаток от продольных перемещений, бандажирование лопаток. Лопатки венти-ляторов: особенности конструкции, крепление к дискам, способы обеспечения жесткости сплошных и полых лопаток. Материалы, применяемые для основных элементов конструкции роторов: дисков (барабанов), лопаток, валов. Корпусы компрессоров: назначение, условия работы и нагружения, основные требования к ним. Конструкции корпусов и способы их изготовления. Корпусы опор ротора и способы передачи усилий, возникающих на опорах. Особенности конструкции корпусов одноступенчатых вентиляторов. Противообледенительные и противопомпажные устройства в осевых компрессорах. Конструкция направляющих аппаратов, их крепление к корпусу. Нагрузки, действующие на направляющие лопатки. Особенности конструкции входных направляющих аппаратов и спрямляющих аппаратов последних ступеней.</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>Материалы, применяемые для элементов конструкции корпусов и направляющих аппаратов. Перспективные материалы и технологии в изготовлении корпусов.</p> <p>Тема 2. Конструкция турбин ГТД.</p> <p>Основные требования к конструкции турбин и проблемы, решаемые при их проектировании. Конструктивные схемы и классификация газовых турбин.</p> <p>Роторы турбин: назначение, требования, условия работы и нагружения, типы роторов, расположение относительно опор. Основные способы соединения дисков с валом и дисков с дисками в роторах турбин. Диски рабочих колес, основные элементы, их функциональное назначение, конструктивное исполнение. Рабочие лопатки: условия работы и действующие нагрузки, основные требования, основные элементы лопаток и их функциональное назначение, способы крепления к дискам, конструкция хвостовиков, фиксация от продольных перемещений. Бандажирование лопаток, назначение, конструктивное исполнение бандажных полок.</p> <p>Корпуса турбин: назначение, условия работы и нагружения, основные требования к ним. Конструкция корпусов. Соединение основных частей корпусов между собой и с другими элементами конструкции. Корпуса опор роторов и способы передачи усилий, возникающих на опорах. Сопловые аппараты турбин, их крепление к корпусам. Условия работы и нагружения сопловых лопаток, конструкция сопловых лопаток первых и последующих ступеней турбины.</p> <p>Тепловое состояние элементов турбин. Температурное поле в поперечном сечении высокотемпературных охлаждаемых лопаток. Поля температур в лопатках и дисках на стационарных и нестационарных режимах работы двигателя. Охлаждение элементов турбин. Принципы организации систем охлаждения турбин. Требования к охлаждающему воздуху. Расход воздуха на охлаждение, его оптимизация. Подвод охлаждающего воздуха к элементам ротора и статора. Основные способы охлаждения лопаток. Способы формирования внутренних</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>поло-стей и каналов в лопатках, вывод охлаждающего воздуха в проточную часть. Теплозащитные покрытия лопаток. Материалы, применяемые для изготовления основных элементов турбин.</p> <p>Тема 3. Конструкция основных камер сгорания ГТД.</p> <p>Основные требования к конструкции основных камер сгорания ГТД и проблемы решаемые при их проектировании. Классификация камер сгорания по конструкции, направлению движения газов, способу подачи топлива, числу зон горения. Особенности рабочего процесса в камерах, обуславливающие ее конструкцию. Основные элементы конструкции камер сгорания, условия их работы и характер нагружения. Основные направления развития конструкции камер сгорания Пути снижения выброса вредных веществ.</p> <p>Основные элементы камер сгорания: диффузоры, стабилизаторы горения, жаровые трубы, корпусов. Топливные форсунки. Системы розжига камер сгорания. Материалы, применяемые для основных элементов конструкции камер сгорания. Перспективные жаростойкие материалы для жаровых труб. Охлаждение элементов камер сгорания. Дефекты камер сгорания, обусловленные недостатками конструкции.</p> <p>Тема 4. Конструкция форсажных камер. Назначение ФК. Основные требования к конструкции форсажных камер сгорания. Условия их работы и характер нагружения. Основные элементы форсажных камер: диффузоры, корпуса, системы стабилизации фронта пламени, системы подачи топлива в ФК. Охлаждение элементов ФК. Перспективы развития конструкции форсажных камер сгорания. Материалы для форсажных камер сгорания.</p> <p>Тема 5. Конструкция выходных устройств. Назначение ВУ. Типы реактивных сопел: дозвуковые и сверхзвуковые, регулируемые и нерегулируемые. Конструкция нерегулируемых дозвуковых реактивных сопел. Конструкция и крепление обтекателей. Конструкция и крепление смесителей.</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>Конструкция регулируемых сверхзвуковых сопел. Материалы, применяемые для сопел. Перспективы применения композиционных материалов для сопел.</p> <p>Устройства для реверса тяги, назначение и требования, предъявляемые к ним.</p> <p>Конструкция реверсивных устройств, расположенных до реактивного сопла и за ним. Условия их работы и нагружения. Механизм управления створками ре-версивного устройства.</p> <p>Выходные устройства наземных газотурбинных установок.</p> <p>Тема 6. Опоры роторов. Системы смазки</p> <p>Назначение опор роторов. Основные требования к опорам. Классификация опор ГТД. Основные элементы опор.</p> <p>Условия работы подшипников. Требования, предъявляемые к ним. Типы подшипников, применяемые в ГТД. Радиально-упорные шариковые подшипники. Конструктивное исполнение. Радиальные роликовые подшипники. Конструктивное исполнение. Специальные подшипники ГТД. Сепараторы подшипников качения. Обеспечение соосности сепаратора.</p> <p>Посадка подшипников на вал и в корпус. Смазка и охлаждение подшипников. Применяемые масла. Понятие о расчете теплового режима подшипников. Оценка потребного циркуляционного расхода масла. Уплотнение масляных полостей.</p> <p>Системы смазки ГТД. Требования. Типы систем смазки. Основные элементы систем смазки, их назначение.</p>				
ИТОГО по 9-му семестру	32	36	0	72
10-й семестр				
Статическая прочность элементов ГТД	14	16	0	64
<p>Тема 7. Статическая прочность рабочих лопаток компрессоров и турбин</p> <p>Расчетные схемы лопаток, нагрузки и условия работы. Модели поведения материала. Модели напряженного состояния.</p> <p>Расчет лопатки на статическую прочность на основе стержневой модели. Основные допущения. Напряжения растяжения от центробежных сил. Факто-ры, влияющие на напряжения растяжения. Изгибающие</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>моменты и напряжения изгиба от газодинамических сил, их распределение по сечению лопатки и по радиусу. Факторы, влияющие на напряжения изгиба от центробежных сил. Компенсация изгибающих моментов от газодинамических сил изгибающими моментами центробежных сил. Изгибающие моменты и напряжения изгиба от центробежных сил, их распределение по сечению и по радиусу. Изгибающие моменты, создаваемые центробежными силами, действующими на бандажную полку. Суммарные напряжения от растяжения и изгиба, их изменение в зависимости от режима работы двигателя. Предельные напряжения. Запас статической прочности лопаток. Основы методики оценки циклической долговечности рабочих лопаток.</p> <p>Особенности расчета неравномерно нагретых по сечению лопаток с учетом температурных напряжений. Особенности расчета лопаток вентилятора.</p> <p>Расчет крепления лопаток замками «елочного» типа и «ласточкин хвост».</p> <p>Тема 8. Статическая прочность дисков ГТД. Расчетные схемы дисков, нагрузки и условия работы. Модели поведения материала. Модели напряженного состояния.</p> <p>Система дифференциальных уравнений, описывающих осесимметричное плоско-напряженное состояние диска. Граничные условия. Решения в перемещениях и напряжениях, применение метода конечных разностей. Характер распределения компонент напряжений по радиусу диска. Влияние центрального отверстия на распределение напряжений.</p> <p>Понятие о расчете дисков, находящихся в упруго-пластическом состоянии. Влияние пластических деформаций на напряженное состояние диска. Автофретирование дисков. Запас прочности по напряжениям (по местной прочности). Запас прочности дисков по разрушающей частоте вращения (по несущей способности). Расчет дисков по разрушающей частоте вращения (по несущей способности). Запас по циклической</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
долговечности диска. Понятие о расчете дисков методом конечных элементов. Постановка и пути решения задачи оптимального проектирования дисков.				
Колебания и динамическая прочность ГТД	14	16	0	52
Тема 9. Колебания и сопротивление разрушению от многоциклового усталости лопаток и дисков компрессоров и турбин. Проблема обеспечения динамической прочности лопаток при проектировании и доводке авиационного ГТД. Собственные и вынужденные колебания лопаток. Формы колебания лопа-ток. Частоты собственных колебаний лопаток. Определение низшей частоты собственных колебаний энергетическим методом (метод Релея). Влияние кон-структивных и эксплуатационных факторов на частоты собственных колеба-ний. Источники возбуждения колебаний лопаток. Частоты, амплитуды возбуж-дающих сил, факторы, влияющие на них. Вращающийся срыв, как источник возбуждения колебаний. Резонансные колебания рабочих лопаток, резонанс-ные диаграммы. Отстройка от резонансных режимов. Демпфирование колебаний лопаток. Способы уменьшения вибрационных напряжений в лопатках. Аэроупругость элементов ГТД. Автоколебания лопаток. Экспериментальное исследование колебаний лопаток. Сопротивление разрушению от многоциклового усталости лопаток, запас усталостной прочности. Колебания дисков. Собственные формы колебаний, и собственные частоты колебаний дисков. Влияние эксплуатационных и конструктивных факторов на собственные частоты и формы колебаний дисков. Стоячая и бегущая волна. Резонансная диаграмма. Тема 10. Динамика роторов. Вибрации ГТД. Критическая частота вращения ротора. Уравнения динамики одномассового ротора. Поступательные и угловые перемещения. Виды прецессии. Особенности несимметричных роторов. Влияние гироскопического момента.				

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>Демпфирование колебаний ротора. Влияние податливости опор на критические частоты вращения ротора. Конструкция и принцип действия упруго-демпферных опор.</p> <p>Ротор с распределенными параметрами. Особенности колебаний системы ротор-корпус. Источники возмущающих сил и спектр вибрации.</p> <p>Параметры вибрации и единицы изменения. Статистические характеристики вибрации. Измерение и нормирование вибрации. Балансировка роторов.</p> <p>Изменение вибрации под действием внешних и внутренних факторов.</p> <p>Мониторинг вибрации двигателя. Вибродиагностика.</p> <p>Тема 11. Прочность, устойчивость и колебания корпусов.</p> <p>Расчетные схемы корпусов. Расчет напряжений в корпусах двигателя. Расчетные режимы. Общие и местные напряжения. Критерии прочности. Расчет напряжений в оболочках.</p> <p>Статические испытания корпусов газотурбинных двигателей (ГТД).</p> <p>Понятие о расчетах оболочек на устойчивость. Формы колебаний оболочек. Частоты собственных колебаний оболочек. Факторы, влияющие на частоту собственных колебаний. Источники возбуждения колебаний оболочек. Частоты возбуждающих сил. Резонансные колебания оболочек. Методы отстройки от опасных резонансных колебаний.</p> <p>Расчет элементов подвески. Локализация разрушений.</p>				
ИТОГО по 10-му семестру	28	32	0	116
ИТОГО по дисциплине	60	68	0	188