

## АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Моделирование процессов тепломассообмена»

Дисциплина «Моделирование процессов тепломассообмена» является частью программы магистратуры «Проектирование и конструкция авиационных двигателей и энергетических установок» по направлению «24.04.05 Двигатели летательных аппаратов».

#### **Цели и задачи дисциплины**

1.1 Цель учебной дисциплины: Формирование системы знаний, умений и навыков для профессиональной научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности в области теплового проектирования газотурбинных двигателей (ГТД), разработке и применении математических моделей процессов тепломассообмена в компрессорах, камерах сгорания и турбинах ГТД. В процессе изучения данной дисциплины студент осваивает следующие профессиональные компетенции: - способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности;- способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности; - способностью проводить технические расчёты по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектируемых изделий и конструкций;.

#### **Изучаемые объекты дисциплины**

Задачи учебной дисциплины: • изучение теории и особенностей взаимодействия газа и рабочих поверхностей в компрессорах, камерах сгорания и турбинах турбореактивных двигателей; знакомство с методами и подходами к математическому описанию физических процессов в системе движущийся газ-поверхность, в том числе нестационарных; • формирование умения проведения расчетов теплового взаимодействия движущегося газа и рабочих поверхностей компрессоров, камер сгорания и турбин ГТД; выбора наиболее подходящих математических аппроксимаций реальных физических процессов в компрессорах, камерах сгорания и турбинах газотурбинных двигателя для решения конкретных задач; • формирование навыков применения математического моделирования для определения оптимальных геометрических параметров рабочих поверхностей тракта ГТД; применения математического моделирования для разработки систем охлаждения деталей ГТД..

### Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	14	14	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

### 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
4-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
Охлаждение горячих деталей двигателя	4	6	0	22
Тема 10. Эффективность охлаждения. Критерий эффективности оребрения в схеме конвективного охлаждения. Лобовое натекание как средство интенсификации охлаждения. Зависимость толщины пограничного слоя (теплого потока) от угла натекания на поверхность. Применение дефлекторов. Пленочное охлаждение. Форма струи охлаждающего воздуха. Факторы, влияющие на эффективность пленочного охлаждения (коэффициент вдува и т.д.). Методы повышения эффективности пленочного охлаждения (форма выходного устройства). Тема 11. Пространственное течение в межлопаточных каналах турбин и его влияние на интенсивность теплоотдачи. Особенности пространственных течений в межлопаточных каналах турбин, обуславливаемых поперечным градиентом давления. Канальный и подковообразный вихри и их взаимодействие. Интерпретация поперечного течения как компоненты лобового натекания. Дрейф горячих пятен потока в межлопаточном канале на поверхности лопатки. Тема 12. Особенности течения во внутренних вращающихся каналах. Силы, действующие на поток. Кориолисовы ускорение и сила. Появление поперечного градиента давления и компоненты лобового натекания. Распределение толщины пограничного слоя в канале при течении вверх и вниз на внутренних поверхностях корыта и спинки лопатки.				
Тепловые нагрузки в газотурбинном двигателе.	5	6	0	24
Введение: Предмет и цель изучения курса «Моделирование процессов теплообмена». Тепловой двигатель как источник тепла. Главное противоречие теплового двигателя, обуславливающее проблему его проектирования. Ограничения по несущей способности конструкционных материалов при высоких температурах. Задача теплового проектирования газотурбинного двигателя. Тема 1. Основные понятия термодинамики. Термодинамические состояние и переход (вынужденный и самопроизвольный).				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Температура и ее термодинамическое определение. Принцип энергии, определяющий уровень изменения состояния. Теплота и работа. Первый закон термодинамики для движущегося газа. Принцип энтропии, определяющий направление самопроизвольного перехода от неравновесного к равновесному состоянию. Формула Больцмана. Второй закон термодинамики. Тема 2. Тепловые нагрузки в газотурбинном двигателе. Конструкционные материалы и рабочие жидкости, применяемые в ГТД, и допустимые для них уровни температур. Термоциклические нагрузки, их физическая природа и связь с ресурсом работы деталей. Тема 3. Источники тепла в газотурбинном двигателе. Тепловой эффект реакции окисления топлива и его выражение через закон Гесса. Адиабатическое сжатие воздуха в компрессоре и соответствующее повышение температуры по первому закону термодинамики. Фазовое превращение воды. Вязкая диссипация кинетической энергии, превращение ее в тепло.				
Физические основы переноса тепла от газа к стенке.	5	6	0	26
Тема 4. Пограничный слой Закон теплопроводности Фурье и понятие пограничного слоя движущейся жидкости. Уравнение движения жидкости и гидродинамические критерии Рейнольдса и Струхала. Фундаментальная зависимость толщины пограничного слоя от продольной координаты и числа Рейнольдса основного потока. Ламинарный и турбулентный пограничный слои и критерии перехода. Профили скорости ламинарного и турбулентного пограничного слоя. Критерий реламинизации пограничного слоя. Зависимость толщины пограничного слоя от числа Рейнольдса в пограничном слое. Функциональная зависимость толщины пограничного слоя от определяющих переменных. Тема 5. Теплопроводность и радиационный (фотонный) теплообмен. Теплопроводность в твердых телах и при распространении пламени в топливовоздушных смесях. Скорость				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
распространения пламени в ламинарном и турбулентном потоках. Организация горения в камере сгорания и генерация температурной неоднородности потока и повышенной турбулентности. Радиационный перенос энергии от пламени к стенке жаровой трубы. Тема 6. Турбулентность Пульсации скорости потока. Масштаб турбулентности. Уравнение движения плоско-параллельного турбулентного потока. Напряжения Рейнольдса, турбулентная вязкость.				
ИТОГО по 4-му семестру	14	18	0	72
ИТОГО по дисциплине	14	18	0	72