

АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«Тепломассообмен в двигателях летательных аппаратов»

Дисциплина «Тепломассообмен в двигателях летательных аппаратов» является частью программы магистратуры «Суперкомпьютерные технологии проектирования двигателей летательных аппаратов» по направлению «24.04.05 Двигатели летательных аппаратов».

Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является формирование профессиональных компетенций, связанных с приобретением навыков и умений по математическому моделированию тепловых и газодинамических процессов в ракетных двигателях, формирование научно-технического мировоззрения на основе знания особенностей сложных технических систем, воспитание технической культуры. Задачи дисциплины: – ознакомление с современными подходами и методами в области моделирования тепловых и газодинамических процессов; – изучение методологии расчёта тепломассообмена в ракетных двигателях; – формирование умения расчёта процессов тепломассообмена с использованием современных компьютерных программ; – формирование навыков построения математических моделей процессов тепломассообмена в ракетных двигателях и проверки их адекватности..

Изучаемые объекты дисциплины

– процессы тепломассообмена в ламинарном и турбулентном пограничном слое; – методы расчёта динамического, теплового и диффузионного пограничных слоёв; – математическое моделирование процессов тепломассообмена в ракетных двигателях..

Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	16	16	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	16	16	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	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	СРС
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
Определение тепловых потоков в ракетном двигателе	6	12	2	27
<p>Тема 8. Конвективный теплообмен в камере сгорания. Эффективная температура газа в пограничном слое. Коэффициент восстановления полной температуры. Расчёт коэффициента теплоотдачи и плотности теплового потока. Теплообмен при вдуве газа в погранслои.</p> <p>Тема 9. Конвективный теплообмен в сопле. Расчёт коэффициента теплоотдачи. Радиус сопряжения камеры сгорания и сопла. Сравнение тепловых потоков в камере сгорания, критическом и выходном сечениях сопла.</p> <p>Тема 10. Лучистый теплообмен в камере сгорания и сопле. Уравнение Стефана-Больцмана. Постоянная Стефана-Больцмана. Эффективная (приведённая степень черноты). Степень черноты газа. Длина пути луча в газе и в запылённом пространстве. Анализ лучистого теплообмена в гомогенных и гетерогенных средах.</p>				
Основы теории тепломассообмена	12	4	14	27
<p>Введение. История развития ракетных двигателей. Основные элементы ракетного двигателя, теплофизические и диффузионные процессы, проходящие в них. Связь тепломассообмена с другими дисциплинами. Основные задачи теории тепломассообмена.</p> <p>Тема 1. Законы переноса импульса, теплоты и вещества. Перенос импульса, теплоты и вещества – следствие скоростной, температурной и концентрационной неравновесности термодинамической системы. Закон Ньютона о вязком трении в жидкости. Закон теплопроводности Фурье. Закон диффузии Фика. Коэффициенты переноса: вязкости (динамический и конвективный), теплопроводности (температуропроводности), диффузии. Единство физических процессов переноса импульса, тепла, вещества. Критерии (числа) Прандтля, Шмидта (диффузионного числа)</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>Прандтля), Льюиса-Семёнова. Тема 2. Виды тепломассообмена. Виды тепломассообмена: теплопроводность (кондукция), конвекция (свободная и вынужденная), излучение (лучистый или радиационный теплообмен). Сложный теплообмен. Виды массообмена: диффузия и конвекция. Механизм переноса тепла теплопроводностью и вещества диффузией (микродвижение атомов и молекул). Механизм переноса тепла и вещества конвекцией (макродвижение). Перенос тепла излучением (возбуждение атомов и молекул, излучение квантов – электромагнитные волны). Тепломассообмен между твёрдой поверхностью и движущейся вдоль неё жидкостью (газом). Закон теплообмена Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи (теплопередачи). Коэффициент массоотдачи (массопередачи). Тема 3. Уравнения теплопроводности и диффузии. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Уравнения Фурье, Пуассона, Лапласа. Мощность теплового источника (стока). Примеры тепловых источников (стоков). Дифференциальное уравнение диффузии. Мощность источника (стока) вещества. Примеры источников (стоков) вещества. Начальные и граничные условия. Тема 4. Основы теории конвективного тепломассообмена. Уравнение неразрывности (сплошности). Уравнения движения невязкой жидкости (уравнение Эйлера) и вязкой жидкости (уравнение Навье-Стокса). Уравнение энергии. Уравнение диффузии. Начальные и граничные условия. Обезразмеривание уравнений движения, энергии и диффузии. Критерии гомохронности: гидродинамической (число Струхалея), тепловой (число Фурье), диффузионный (диффузионное число гомохронности). Критерии гидродинамического (число Рейнольдса), теплового (число Пекле) и диффузионного (диффузионное число Пекле) подобия. Связь между числами Рейнольдса и Пекле, Рейнольдса и диффузионного Пекле.</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 5. Понятие о пограничном слое. Анализ обезразмеренного уравнения Навье-Стокса. Две области течения: пограничный слой (тонкий слой, прилегающий к твёрдой поверхности), где силы вязкости существенны и основной поток (внешний поток), где вязкостью можно пренебречь. Схема погранслоя на плоской пластине. Условная толщина пограничного слоя. Анализ обезразмеренных уравнений теплопроводности и диффузии. Гидродинамический (динамический), тепловой и диффузионный пограничные слои. Схема слоёв. Отношение толщин динамического и теплового, динамического и диффузионного, теплового и диффузионного погранслоёв.</p> <p>Тема 6. Уравнения пограничного слоя. Вывод системы дифференциальных уравнений пограничного слоя (уравнения Прандтля). Дифференциальные уравнения погранслоя в случае течения жидкости с теплообменом со стенкой. Дифференциальные уравнения погранслоя в случае течения жидкости с массообменом со стенкой. Оценка толщин динамического, теплового и диффузионного пограничных слоёв. Критерий теплового подобия (число) Стентона. Толщина потери энергии. Диффузионный критерий подобия (диффузионное число) Стентона. Критерии теплового (число Нуссельта) и диффузионного (диффузионное число Нуссельта) подобия. Связь между числами Стентона и Нуссельта, диффузионными числами Стентона и Нуссельта.</p> <p>Тема 7. Расчёт трения и тепломассообмена в пограничном слое на плоской пластине. Ламинарный пограничный слой на плоской пластине. Связь между трением, теплопроводностью и диффузией. Тройная аналогия. Переход ламинарного погранслоя в турбулентный (схема перехода). Ламинарный подслей. Турбулентный перенос импульса, тепла и вещества. Связь турбулентного переноса с пульсациями скорости (гипотеза Буссинеска), температуры, концентраций. Дополнительная вязкость, теплопроводность и диффузия при турбулентном движении.</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
Теория пути смешения. Связь величины пульсации с путём смешения. Коэффициенты турбулентного переноса (вязкости, теплопроводности, диффузии). Гипотеза Прандтля для турбулентного погранслоя: пропорциональность пути смешения расстоянию от стенки. Расчёт характерных толщин, коэффициентов трения и тепломассопередачи в турбулентном погранслое.				
ИТОГО по 2-му семестру	18	16	16	54
ИТОГО по дисциплине	18	16	16	54