

## АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Газовая динамика двигателей летательных аппаратов»

Дисциплина «Газовая динамика двигателей летательных аппаратов» является частью программы магистратуры «Аэродинамика, гидродинамика и процессы теплообмена двигателей летательных аппаратов» по направлению «24.04.05 Двигатели летательных аппаратов».

#### **Цели и задачи дисциплины**

Целью дисциплины является формирование профессиональных компетенций, связанных с газодинамическими процессами, протекающими в основных частях и элементах двигателя ДЛА; формирование научно-технического мировоззрения на основе знания особенностей сложных технических систем; воспитание технической культуры. Задачи дисциплины: - изучение основ теории течения продуктов сгорания ракетных топлив (однофазных и двухфазных) в камере сгорания и в сопле; - ознакомление с современными подходами и методами в области моделирования газодинамических процессов; - формирование умения расчёта процессов газодинамики с использованием современных компьютерных программ; - формирование навыков построения математических моделей газодинамики элементов ракетного двигателя (камеры сгорания и сопла) и проверки их адекватности..

#### **Изучаемые объекты дисциплины**

– газодинамические потоки в элементах двигателя ДЛА: камере сгорания и сопле; – газодинамические процессы в ракетном двигателе; – методы анализа и оптимизации газодинамических процессов в ракетном двигателе; – методология проектирования камеры сгорания и сопла ракетного двигателя..

### Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	2
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	81	45	36
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	18	14
- лабораторные работы (ЛР)	43	25	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)	99	63	36
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	72	36	36
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18		18
Общая трудоемкость дисциплины	252	144	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
1-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
Основные понятия, определения и уравнения газовой динамики	9	12	0	31
<p>Введение.</p> <p>История развития ракетных двигателей.</p> <p>Основные элементы ракетного двигателя и газодинамические процессы, проходящие в них. Связь газодинамики с другими дисциплинами. Основные задачи газодинамики двигателей летательных аппаратов.</p> <p>Тема 1. Векторно-тензорный математический аппарат для описания сплошной среды</p> <p>Скалярные, векторные и тензорные величины и действия с ними. Векторные операторы и действия с ними. Поток вектора и теорема Остроградского-Гаусса. Циркуляция вектора и теорема Стокса. Полная, локальная и конвективные производные.</p> <p>Тема 2. Основные понятия и определения газодинамики</p> <p>Свойства жидкостей и газов. Сжимаемость. Сжимаемый и несжимаемый газ. Вязкость. Вязкий и невязкий газ. Сплошность среды. Элементарный объём, линии тока, трубка тока, элементарная струйка. Методы изучения движения газа (Лагранжев и Эйлеров подходы).</p> <p>Тема 3. Основные положения теории гидрогазодинамики</p> <p>Уравнение неразрывности. Уравнение движения невязкой (идеальной) жидкости (уравнение Эйлера). Тензор напряжений. Тензор вязких напряжений. Уравнение движения вязкой жидкости (уравнение Навье-Стокса). Уравнение энергии. Начальные и граничные условия. Критерии гидродинамического и теплового подобия. Стационарное и нестационарное (установившееся и неустановившееся), ламинарное и турбулентное, потенциальное и вихревое движения жидкости.</p>				
Термогазодинамика ракетного двигателя	9	13	0	32
<p>Тема 4. Термодинамика газовых потоков</p> <p>Первый закон термодинамики для газовых потоков. Энтальпия заторможенного потока.</p> <p>Статические и динамические параметры.</p> <p>Скорость звука. Истечение из суживающихся сопл. Переход через скорость звука. Сопло</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
Лавая. Характерные скорости и относительные параметры течения. Ударные волны. Прямые и косые скачки уплотнения. Тема 5. Одномерные течения газа Основные уравнения одномерного потока. Одномерные течения при различных воздействиях на поток. Закон обращения воздействия. Газодинамические функции. Расчёт газовых течений с помощью газодинамических функций. Приведение технических задач к одномерной схеме. Реактивная сила (тяги) ракетного двигателя. Расчёт тяги ракетного двигателя. Составляющие тяги. Место приложения тяги.				
ИТОГО по 1-му семестру	18	25	0	63
2-й семестр				
Газодинамика в камере сгорания ракетного двигателя	7	9	0	18
Тема 6. Осесимметричные течения газа Уравнения неразрывности, движения и энергии в цилиндрических координатах. Граничные условия. Осесимметричное установившееся движение. Потенциальное осесимметричное движение. Точные решения для осесимметричных закрученных потоков. Течение в цилиндрическом канале и конической трубе. Тема 7. Квазистационарный процесс течения газа в камере сгорания Камеры сгорания ракетного двигателя: изобарная, скоростная (предельный случай – камера с полутепловым соплом), с распределённым подводом рабочего тела (предельный случай – полурасходное сопло). Расчёт процесса течения продуктов сгорания в цилиндрическом канале заряда твёрдого топлива.				
Течение продуктов сгорания в сопле ракетного двигателя	7	9	0	18
Тема 8. Течение газа в соплах Модели течения газа в соплах: равновесное, неравновесное, химически замороженное. Изознтропность процесса расширения. Теоретические основы исследования параметров течения: модель вязкого нетеплопроводного газа. Тема 9. Двухфазные течения продуктов сгорания в РДТТ				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Особенности движения двухфазной смеси. Основные допущения и схема расчёта. Уравнения одномерного течения двухфазных продуктов сгорания в сопле. Механизм столкновения частиц. Дробление частиц. Коагуляция частиц. Двухфазные потери в сопле и их составляющие.				
ИТОГО по 2-му семестру	14	18	0	36
ИТОГО по дисциплине	32	43	0	99