

## АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«Современные проблемы создания двигателей летательных аппаратов»

Дисциплина «Современные проблемы создания двигателей летательных аппаратов» является частью программы магистратуры «Суперкомпьютерные технологии проектирования двигателей летательных аппаратов» по направлению «24.04.05 Двигатели летательных аппаратов».

### Цели и задачи дисциплины

Цель – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области авиационного и ракетного двигателестроения. Задачи учебной дисциплины: • формирование знаний: – изучение тенденций развития и современных проблем в области создания двигателей летательных аппаратов; • формирование умений: – проведения самостоятельного анализа состояния научно-технической проблемы и возможных методов её решения в области создания двигателей летательных аппаратов; • формирование навыков: – разработки новых методов исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области создания двигателей летательных аппаратов на основе обобщения мирового опыта..

### Изучаемые объекты дисциплины

Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов..

### 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)	27	27
- лабораторные работы (ЛР)		
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	23	23
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
- контрольная работа		
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54
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
2-й семестр				
Электроракетные двигатели (ЭРД).	2	0	0	4
Принцип работы ЭРД. Область применения ЭРД. Краткая история создания ЭРД. Классификация ЭРД. Принципиальная схема ЭРД. Электротермические двигатели с газодинамическим ускорением рабочего тела. Схемные решения омического, электродугового и индукционного двигателей. Электромагнитные (плазменные) двигатели с электромагнитным ускорением рабочего тела. Схемные решения ионного с поверхностной и объёмной ионизацией, коллоидного двигателей. Электростатические двигатели с электростатическим ускорением рабочего тела. Схемные решения холловского, пинчевого импульсного и импульсного с бегущей волной. Рабочие тела ЭРД. Характерные значения некоторых параметров различных ЭРД. ЭРД и двигательных установки космических аппаратов. Параметры некоторых ЭРДУ. Физические процессы в холловских ускорителях (эффект Холла, сила Лоренца). Достоинства и недостатки ЭРД. Перспективы развития ЭРД. Научно-технические проблемы совершенствования ЭРД.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Выбор основных параметров твёрдотопливной ракеты.	2	0	2	4
Компоновка многоступенчатой ракеты. Техническое задание на проектирование ракеты. Выбор числа ступеней. Выбор аналога проектируемой ракеты с определением нагрузки на мидель и массы системы управления. Потребная конечная и идеальная скорости ракеты. Выбор твёрдого ракетного топлива, давлений в камерах сгорания и на срезах сопел. Определение $\mu_k$ . Определение стартовых масс ступеней ракеты. Определение диаметра ракеты и масс всех блоков ракеты. Определение длин всех блоков и полной длины ракеты. Определение тяговых и расходных характеристик ступеней ракеты. Определение времени работы двигателей ракеты. Программа выбора основных проектных параметров.				
Динамика полёта ракеты.	2	0	3	6
Классические задачи ракетодинамики. Форма записи аэродинамических сил и моментов при решении задач внешней баллистики. Основные участки траектории полета (активный, внеатмосферный участки и участок входа головной части ракеты в плотные слои атмосферы). Методы численного интегрирования уравнений полета. Методика расчёта активного участка траектории (структура системы уравнений движения ракеты). Метод Эйлера. Метод Рунге-Кутты. Баллистика головной части. Интеграл энергий и интеграл площадей. Оптимальный угол бросания. Оптимальная программа баллистической стрельбы. Программа максимальной дальности. Методика расчёта пассивного участка траектории ракеты. Угловая дальность. Определение дальности полета баллистической ракеты. Рассеивание головных частей. Влияние метода управления на ошибки начальных параметров движения головной части (понятие и геометрическая интерпретация -направления (вектора минимального				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
рассеивания). Программа минимального рассеивания. Способы уменьшения рассеивания.				
Динамика развития конструктивно-компоновочных и конструктивно-технологических схем РДТТ.	2	0	1	2
Динамика совершенствования конструктивно-компоновочных схем (ККС) (РДТТ) и его основных подсистем (корпусов и сопловых блоков). ККС крупногабаритных маршевого РДТТ 1-го, 2-го и 3- его поколений. Внедрение композитных материалов в конструкцию РДТТ. Сопло со сдвигаемыми каскадами. Материаловедческие проблемы совершенствования сопел с большой степенью расширения. Применение сопловых насадков из углерод-углерода конструкционного материала в отечественных ЖРД. Поиск рациональных конструктивно-технологических схем (КТС). Определяющие параметры КТС. Новые конструктивные схемы зарядов и уменьшение длины центральной части корпуса для повышения коэффициентов объемного заполнения корпуса. Применение удлиненных узлов стыковки (УУС). Основные составляющие повышения уровня технического совершенства РДТТ, связанные с развитием ККС, в сравнении с зарубежными аналогами. Показатель энергомассового совершенства РДТТ. Параметр эффективности силовой оболочки корпуса (СОК) и уровень достигнутых показателей совершенства РДТТ (параметр эффективности СОК, удельный импульс, коэффициент массового совершенства, коэффициент объемного заполнения) в РФ и за рубежом. Научно-технические проблемы совершенствования РДТТ.				
Орбитальное движение космического летательного аппарата.	2	0	1	3
Орбитальное движение космического летательного аппарата в центральном поле тяготения. Классификация невозмущенных траекторий на основе анализа интеграла энергий. Первый закон Кеплера.				

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>Эллиптическая орбита. Второй закон Кеплера. Основные соотношения эллиптической орбиты. Третий закон Кеплера. Гиперболическая траектория. Параболическая траектория. Космические маневры. Система координат для определения положения космического аппарата в пространстве. Импульсные маневры. Компланарные маневры. Импульсные маневры между эллиптическими орбитами и между круговыми орбитами. Пространственные маневры. Вход в атмосферу и посадка. Классификация траекторий входа. Оптимальное торможение при спуске с орбиты. Планирующий спуск в атмосфере. Особенности спуска на планету Марс. Посадка на Луну.</p>				
Космические энергоустановки (КЭУ).	2	0	0	2
<p>Назначение КЭУ. Структурная схема КЭУ. Источники энергии: механические, химические, ядерные изотопные, ядерные реакторные, солнечные, передача энергии на расстояние. Принципиальные схемы источников энергии и их характеристики. Преобразователи тепловой энергии в электрическую. Статические преобразователи тепловой энергии в электрическую (термоэмиссионные, термоэлектрические). Динамические преобразователи тепловой энергии в электрическую (газо- и паротурбинные преобразователи замкнутого типа, двигатель Стерлинга с электромашинным генератором). Характерные термодинамические циклы. Ядерная замкнутая криоэнергетическая установка мощностью 50 кВт для лунной станции.</p>				
Ракетные двигатели твёрдого топлива (РДТТ).	2	0	2	4
<p>Состав РДТТ. Достоинства и недостатки РДТТ. Баллистические и смесевые твёрдые ракетные топлива (ТРТ) и их сравнительная характеристика. Формы зарядов РДТТ и способы их крепления. Горение заряда ТРТ (прогрессивный, нейтральный и дегрессивный законы горения). Механизм горения ТРТ. Зависимость скорости горения твердого</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
топлива от основных факторов (давления, температуры заряда и скорости потока в камере сгорания двигателя). Тепловая защита корпуса РДТТ (пассивные и активные теплозащитные материалы). Классы РДТТ для космических систем и требования к ним и достигнутые уровни технических характеристик.				
Аэродинамика полёта ракеты.	2	0	3	6
Место аэродинамики в процессе разработки комплекса летательного аппарата. Аэродинамические силы и моменты. Принцип обращения движения. Физические причины возникновения аэродинамических сил. Основные системы координат, используемые в аэродинамике. Аэродинамические силы и моменты. Статическая устойчивость. Демпфирующий аэродинамический момент. Аэродинамические характеристики летательного аппарата. Аэродинамические коэффициенты корпуса летательного аппарата. Содержание и задачи аэродинамического расчета. Элементы компоновки ракеты и их характерные размеры (решётчатое крыло, носовой конус, корпус, трапециевидная консоль). Составляющие лобового сопротивления ракеты: волновое сопротивление носового конуса, донное сопротивление, волновое сопротивление оперения, сопротивление трения. Аэродинамические коэффициенты крыла. Подъемная сила крыла, теорема Жуковского. Нормальная сила и сопротивление плоской пластинки. Влияние формы крыла в плане на его аэродинамические коэффициенты. Центр давления крыла конечного размаха, средняя аэродинамическая хорда. Выбор оперения летательного аппарата. Общее содержание задачи и выбор оперения. Выбор оперения с трапециевидной консолью.				
Жидкостные ракетные двигатели. (ЖРД).	2	0	0	3
Область использования ЖРД, их преимущества и недостатки. ЖРД с вытеснительной системой подачи компонентов (газобаллонная, на основе жидкостных газогенераторов). ЖРД с				

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>турбонасосной системой подачи компонентов (без дожигания и с дожиганием продуктов сгорания).</p> <p>Стехиометрическое соотношение компонентов и коэффициент избытка окислителя.</p> <p>Зависимость температуры в камере сгорания ЖРД от коэффициента избытка окислителя.</p> <p>Скорость истечения продуктов сгорания из сопла Лавалья и требования к их термодинамическим характеристикам.</p> <p>Камеры сгорания ЖРД. Способы и схемы охлаждения стенок камер сгорания ЖРД.</p> <p>Распределение нагрузок по длине камеры сгорания при её наружном охлаждении. Узлы завеса охлаждения камеры сгорания. Процессы в камере сгорания ЖРД. Время пребывания и приведённая длина камеры сгорания ЖРД.</p> <p>Форсунки ЖРД (струйная, центробежная (с тангенциальным входом, со шнековым завихрителем) ). Геометрическая характеристика форсунки. Распределение форсунок на форсуночной головке камеры сгорания.</p> <p>Состав ТНА и его основные характеристики.</p> <p>Научно-технические проблемы совершенствования ЖРД.</p>				
Экологические проблемы ракетно-космической деятельности.	2	0	2	5
<p>Глобальное влияние ракетно-космической техники на околоземное пространство.</p> <p>Воздействие при старте и на начальном этапе полета. Влияние на озоновый слой и ионосферу.</p> <p>Проблема выбора трасс выведения и районов падения отработавших ступеней ракетносителей. Потребные площади районов падения отработавших ступеней.</p> <p>Парниковый эффект.</p> <p>Технические проблемы снижения засорения околоземного пространства космическим мусором. Концепция ликвидации межконтинентальных баллистических ракет.</p> <p>Технические аспекты ликвидации/утилизации твёрдого ракетного топлива и зарядов, элементов конструкций ракетных двигателей твёрдого топлива (РДТТ), выполненных из композиционных</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
материалов. Экологические аспекты ликвидации межконтинентальных баллистических ракет.				
Разработка планов и программ организации инновационной ракетно-космической деятельности.	1	0	9	9
Введение в разработку планов и программ организации инновационной деятельности. Классификация проектов. Участники проекта. Предпроектные исследования. Методы поиска проектных решений (метод мозговой атаки, метод эвристических приёмов, морфологический анализ и синтез решений и др.). Структура знаний управления проектами. Управление содержанием, интеграцией, стоимостью, коммуникациями, качеством, рисками, сроками, человеческими ресурсами, закупками и заинтересованными сторонами проекта. Цели, задачи и мероприятия Федеральной космической программы России на 2006-2015 годы. Космическая программа США - космос как фактор обеспечения национальной безопасности. Космическая стратегия США и основные цели военно-космической политики США. Постулаты информационно-космической составляющей глобального лидерства США. Коммерциализация космической деятельности и государственные программы. Взаимодействие ведущих координаторов разработки новых технологий военных и гражданских ведомств. Основные положения нового технического подхода в освоении космоса, предложенного Комиссия Августина. Новые идеи и способы путешествий в космосе. Астероидная проблема.				
Основы ракетодинамики.	2	0	0	2
Структура дисциплины. Формы отчётности и контроля. Рекомендуемая литература. Классификация ракет (ракетных двигателей). Области применения различных ракетных двигателей (по Е. Зенгеру). Уравнения движения точки переменной массы (уравнение И.М. Мещерского). Формула К.Э. Циолковского для идеальной скорости многоступенчатой ракеты. Конечная 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
<p>ракеты в конце активного участка траектории. Зависимость дальности полёта от конечной скорости ракеты. Энергетические характеристики твёрдых и жидких ракетных топлив. Требования к твёрдым и жидким ракетным топливам. Коэффициент весового совершенства РДТТ. Удельная прочность некоторых конструкционных материалов. Удельные тяги электроракетных двигателей. Гражданское применение РДТТ. Направления взаимодействия Минобороны и Минобрнауки РФ по созданию научно-технического задела для перспективной техники (информация ЦНИИ МО РФ).</p>				
Ядерные ракетные двигатели (ЯРД).	2	0	0	2
<p>Типы, состав и области применения ЯРД. Краткая история создания ЯРД. Информация президента России В.В. Путина о крылатой ракете с ЯРД «Буревестник» (Федеральное собрание 1 марта 2018 года). Применение ЯРД в качестве источников энергии. Классификация ЯРД и схемные решения. Рабочие тела ЯРД. Источники ядерной энергии: изотопные горючие, реакции ядерного синтеза и деления. ЯРД, использующие тепловую энергию (твёрдофазные, газофазные с магнитным и газодинамическим удержанием ядерного горючего, радиоизотопные). ЯРД, использующие кинетическую энергию рабочего тела (радиоизотопный «парус», аннигиляционные, ядерно-импульсные). Преимущества и недостатки ЯРД. Ядерная энергодвигательная установка мегаваттного класса (ЯЭДУ). Организация капельного охлаждения космических ядерных двигателей. Научно-технические проблемы совершенствования ЯРД.</p>				
Современные и перспективные твердые и жидкие ракетные топлива.	2	0	0	2
<p>Классификация твёрдых ракетных топлив. Требования к твёрдым ракетным топливам. Баллиститные и смесевые твёрдые ракетные топлива, состав и баллистические характеристики. Недостатки существующих твёрдых ракетных топлив и тенденции их</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>совершенствования. Создание топлив, обладающих лучшими экологическими характеристиками продуктов сгорания. Тенденции повышения эффективности твердотопливных энергоустановок для космических систем на основе совершенствования твердых топлив (повышение энергетических характеристик, расширение диапазона значений баллистических характеристик, повышение стойкости к воздействию факторов космического пространства, снижение стоимости топлив и зарядов, повышение экологической безопасности, создание низкотемпературных топлив для РДТТ с глубоким регулированием тяги и многократным включением). Влияние ионизирующих излучений и вакуума на свойства твердых ракетных топлив. Требования к свойствам низкотемпературных смесевых твердых ракетных топлив для регулируемых РДТТ. Классификация жидких ракетных топлив.</p> <p>Требования к жидким ракетным топливам. Кислородно-метановое топливо. Высокоэнергетичные топлива на основе жидких ракетных топлив (жидкий водород, шугообразный водород, жидкий фтор), смешанные ракетные топлива (гибридные топлива), трёхкомпонентные и многокомпонентные смешанные ракетные топлива. Высокоэнергетичные топлива на основе зелей, гелей и суспензий.</p>				
ИТОГО по 2-му семестру	27	0	23	54
ИТОГО по дисциплине	27	0	23	54