

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 04 » февраля 20 ____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Современные проблемы создания двигателей летательных аппаратов
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов
(код и наименование направления)

Направленность: Аэродинамика, гидродинамика и процессы теплообмена двигателей летательных аппаратов
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. 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.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-1	ИД-1ОПК-1	Знает объём и структуру изложения научно-технической информации при устном изложении в докладе, при написании тезиса и научной статьи и выполнении научно-технического отчёта по проблеме создания двигателей летательных аппаратов, уровень достаточности предлагаемой информации для принятия технического, производственного и управленческого решения	Знает объём и структуру изложения научно-технической информации в научной статье, тезисах, научно-техническом отчёте и обзоре по результатам выполненных исследований и разработок, необходимом для принятия решений.	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-1	ИД-2ОПК-1	Умеет лаконично в логической последовательности анализировать состояние проблемы создания двигателей летательных аппаратов и технически грамотно обобщать результаты в процессе выступления	Умеет лаконично, логически последовательно и технически грамотно излагать мысли и результаты исследований, обобщать результаты проведённых исследований в виде выводов и заключений.	Доклад
ОПК-1	ИД-3ОПК-1	Владеет навыками подготовки научных публикаций, научно-технических отчетов, обзоров по результатам выполненных исследований и разработок, определённых соответствующим выданным техническим заданием.	Владеет навыками подготовки научных публикаций, научно-технических отчетов, обзоров по результатам выполненных исследований и разработок.	Зачет
ПКО-1	ИД-1ПКО-1	Знает информационные ресурсы для осуществления сбора научно-технической информации отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований, касающихся двигателей летательных аппаратов; подходы и методики обработки, анализа и систематизации различной научно-технической информации и формы её представления; методы и средства (аналитические, численные и экспериментальные) решения научно-исследовательских задач.	Знает информационные ресурсы для осуществления сбора научно-технической информации отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований, касающихся двигателей летательных аппаратов; подходы и методики обработки, анализа и систематизации научно-технической информации; методы и средства решения научно-исследовательских задач.	Индивидуальное задание
ПКО-1	ИД-2ПКО-1	Умеет осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по	Умеет осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		направлению исследований, проводя в том числе патентные исследования, выбирать методы и средства решения научно-исследовательских задач, касающихся проблем создания двигателей летательных аппаратов.	исследований, касающихся двигателей летательных аппаратов; выбирать методы и средства решения научно-исследовательских задач.	
ПКО-1	ИД-3ПКО-1	Владеет навыками сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований, касающихся двигателей летательных аппаратов; обоснованного выбора методов аналитического исследования, формирования экспериментальной ситуации и средств ее осуществления для решения научно-исследовательских задач в области ракетного двигателестроения.	Владеет навыками сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований, касающихся двигателей летательных аппаратов; выбора аналитических, численных и экспериментальных методов и средств решения научно-исследовательских задач.	Зачет
ПКО-4	ИД-1ПКО-4	Знает порядок и документацию, регламентирующую этапы разработки эскизных и технических проектов, технических заданий, конструкторской документации в рамках создания альтернативных решений при создании (модернизации) двигателей летательных аппаратов, используемых для различных целей.	Знает порядок и документацию, регламентирующую этапы разработки заданий на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, эскизных и технических проектов, технических заданий, конструкторской документации для создания (модернизации) двигателей летательных аппаратов.	Индивидуальное задание
ПКО-4	ИД-2ПКО-4	Умеет разрабатывать эскизные и технические проекты, технические задания, конструкторскую	Умеет разрабатывать эскизные и технические проекты, технические задания, задания на научно-исследовательские	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		документацию на создание (модернизации) двигателей летательных аппаратов и их элементов с учётом ограничений, накладываемых на ресурсы реализации всех стадий проекта.	и опытно-конструкторские работы, конструкторскую документацию на создание (модернизацию) двигателей летательных аппаратов и их элементов.	
ПКО-4	ИД-3ПКО-4	Владеет навыками разработки эскизных и технических проектов, технических заданий, конструкторской документации для создания (модернизации) двигателей летательных аппаратов и их элементов и методами научно-технического обоснования принятых решений.	Владеет навыками разработки эскизных и технических проектов, технических заданий, конструкторской документации (включая этап научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ) для создания (модернизации) двигателей летательных аппаратов и их элементов.	Зачет

3. 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	

4. 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				
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 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).				
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 γ_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				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Ракетные двигатели твёрдого топлива (РДТТ).	2	0	2	4
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 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.				
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.				
Жидкостные ракетные двигатели (ЖРД).	2	0	0	3

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>Область использования ЖРД, их преимущества и недостатки. ЖРД с вытеснительной системой подачи компонентов (газобаллонная, на основе жидкостных газогенераторов). ЖРД с турбонасосной системой подачи компонентов (без дожигания и с дожиганием продуктов сгорания).</p> <p>Стехиометрическое соотношение компонентов и коэффициент избытка окислителя. Зависимость температуры в камере сгорания ЖРД от коэффициента избытка окислителя. Скорость истечения продуктов сгорания из сопла Лавала и требования к их термодинамическим характеристикам.</p> <p>Камеры сгорания ЖРД. Способы и схемы охлаждения стенок камер сгорания ЖРД. Распределение нагрузок по длине камеры сгорания при её наружном охлаждении. Узлы завеса охлаждения камеры сгорания.</p> <p>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>				
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.</p> <p>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).</p> <p>ЯРД, использующие кинетическую энергию рабочего тела (радиоизотопный «парус», аннигиляционные, ядерно-импульсные).</p> <p>Преимущества и недостатки ЯРД. Ядерная энергодвигательная установка мегаваттного класса (ЯЭДУ). Организация капельного охлаждения космических ядерных двигателей.</p> <p>Научно-технические проблемы совершенствования</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
ЯРД.				
Электроракетные двигатели (ЭРД).	2	0	0	4
<p>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.</p>				
Аэродинамика полёта ракеты.	2	0	3	6
<p>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, трапецевидная 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</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
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 трапецевидной консолью.				
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 рассеивания). Программа минимального рассеивания. Способы уменьшения рассеивания.				
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. 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.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
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.				
Космические энергоустановки (КЭУ).	2	0	0	2
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.				
Современные и перспективные твердые и жидкие ракетные топлива.	2	0	0	2
Классификация твёрдых ракетных топлив. Требования к твёрдым ракетным топливам. Баллититные и смесевые твёрдые ракетные топлива, состав и баллистические характеристики. Недостатки существующих твёрдых ракетных топлив и тенденции их 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.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
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 золь, гелей и суспензий.				
Экологические проблемы ракетно-космической деятельности.	2	0	2	5
Глобальное влияние ракетно-космической техники на околоземное пространство. Воздействие при старте и на начальном этапе полета. Влияние на озоновый слой и ионосферу. Проблема выбора трасс выведения и районов падения отработавших ступеней ракетносителей. Потребные площади районов падения отработавших ступеней. Парниковый эффект. Технические проблемы снижения засорения околоземного пространства космическим мусором. Концепция ликвидации межконтинентальных баллистических ракет. Технические аспекты ликвидации/утилизации твёрдого ракетного топлива и зарядов, элементов конструкций ракетных двигателей твёрдого топлива (РДТТ), выполненных из композиционных 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 программа России на 2006-2015 годы. Космическая программа США - космос как фактор обеспечения национальной безопасности. Космическая стратегия США и основные цели				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
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.				
ИТОГО по 2-му семестру	27	0	23	54
ИТОГО по дисциплине	27	0	23	54

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Выбор основных параметров твердотопливной ракеты и определение основных параметров ракетных двигателей на твердом топливе с использованием программы «RBX» (2 ч.).
2	Проектная оценка параметров ракетного двигателя твердого топлива (3 ч.).
3	Выбор оперения ракеты и определение аэродинамической силы лобового сопротивления ракеты (3 час.).
4	Выбор оперения ракеты и определение аэродинамической силы лобового сопротивления ракеты (3 час.).
5	Расчёт дальности полёта ракеты (2 час.).
6	Проблема и проекты утилизации космического мусора (семинар, 2 час.)
7	Проекты создания возвращаемых транспортных космических аппаратов (семинар, 2 час.).
8	Проекты создания ракет для доставки и разведения мини-спутников (семинар, 2 час.).
9	Проблемы коммерциализации ракетно-космической деятельности (семинар, 2 час.).
10	Защита индивидуальных заданий (семинар, 3 час.).

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить к подготовке выступлений на семинарских (практических) занятиях, выполнению отчетов и сообщений по индивидуальному заданию, и отчёту по сквозному проектированию летательного аппарата на основе расчётов, выполненных по отдельным этапам его проектирования.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Алемасов В. Е. Теория ракетных двигателей : учебник для вузов / В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегалин, А. П. Тишин. - М.: Машиностроение, 1989.	28
2	Добровольский М.В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования : учебник для вузов / М.В.Добровольский. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006.	15
3	Методология научных исследований в авиа- и ракетостроении : учебное пособие для вузов / В. И. Круглов [и др.]. - Москва: Логос, 2011.	13

4	Технические и экологические аспекты ликвидации твёрдотопливных межконтинентальных баллистических ракет : коллективная монография / М. И. Соколовский [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2009.	4
5	Управление инновационными проектами : учебное пособие / В. Л. Попов [и др.]. - Москва: ИНФРА-М, 2007.	52
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Аэродинамика летательных аппаратов : учебник для вузов / Г. А. Колесников, В. К. Марков, А. А. Михайлюк. - Москва: Машиностроение, 1993.	13
2.2. Периодические издания		
1	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. В. Ю. Петрова ; Р. В. Бульбовича. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012 -.	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Дорофеев, А.А. Ядерные ракетные двигатели и энергетические установки. Введение в теорию, расчет и проектирование : учебное пособие	https://e.lanbook.com/book/106396	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Технические и экологические аспекты ликвидации твёрдотопливных межконтинентальных баллистических ракет : коллективная монография / М. И. Соколовский [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2009.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2967	сеть Интернет; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Бульбович Р. В. Выбор оперения и определение коэффициентов сопротивления ракеты : учебно-методическое пособие. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2018.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6164	сеть Интернет; свободный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Бульбович Р. В. Выбор сопла ракетного двигателя на заданное значение тяги на расчетном режиме : учебно-методическое пособие. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2018.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6165	сеть Интернет; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Бульбович Р. В. Проектная оценка параметров ракетного двигателя твердого топлива : учебно-методическое пособие / Р. В. Бульбович, В. В. Павлоградский. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2019.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6963	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Springer Nature e-books	http://link.springer.com/ http://jwww.springerprotocols.com/ http://materials.springer.com/ http://zbmath.org/ http://npg.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	http://www.diss.rsl.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	компьютер	1
Лекция	проектор	1
Практическое занятие	компьютеры	12

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
