

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 06 » марта 20 23 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 проведенных 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, определенных 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. Дрегаллин, 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 |
|------------------------------|

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Современные проблемы создания двигателей летательных аппаратов»
Приложение к рабочей программе дисциплины

| | |
|--|---|
| Направление подготовки: | 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов |
| Направленность (профиль) образовательной программы: | Аэродинамика, гидродинамика и процессы теплообмена двигателей летательных аппаратов |
| Квалификация выпускника: | магистр |
| Выпускающая кафедра: | Ракетно-космическая техника и энергетические системы |
| Форма обучения: | Очная |
| Курс: 1 | Семестр: 2 |
| Трудоёмкость: | |
| Кредитов по рабочему учебному плану: | 3 ЗЕ |
| Часов по рабочему учебному плану: | 108 ч. |
| Форма промежуточной аттестации: | |
| Зачёт: | 2 семестр |

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (2-го семестра учебного плана) и разбито на 14 учебных модулей. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (таблица 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

| Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы) | Вид контроля | | | | | |
|---|--------------|--------|----------|-------|----------|-------|
| | Текущий | | Рубежный | | Итоговый | |
| | С | ТО | ОЛР | Т/КР | | Зачёт |
| Усвоенные знания | | | | | | |
| 3.1 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 гехнического и управленческого решения | С1-14 | ТО1-14 | | КР1-9 | | КЗ |
| 3.2 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 | С1-14 | ТО1-14 | | КР1-9 | | КЗ |

| | | | | | | |
|--|-------|--------|--|-------|--|-------------|
| З.3. Знает порядок и документацию, регламентирующую этапы разработки эскизных и технических проектов, технических заданий, конструкторской документацию в рамках создания альтернативных решений при создании (модернизации) двигателей летательных аппаратов, использующихся для различных целей | C1-14 | ТО1-14 | | КР1-9 | | КЗ |
| Освоенные умения | | | | | | |
| У.1 Умеет лаконично в логической последовательности анализировать состояние проблемы создания двигателей летательных аппаратов и технически грамотно обобщать результаты в процессе выступления | | | | | | ПЗ |
| У.2 Умеет осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований, проводя в том числе патентные исследования, выбирать методы и средства решения научно-исследовательских задач, касающихся проблем создания двигателей летательных аппаратов | | | | | | ПЗ |
| У.3. Умеет разрабатывать эскизные и технические проекты, технические задания, конструкторскую документацию на создание (модернизации) двигателей летательных аппаратов и их элементов с учётом ограничений, накладываемых на ресурсы реализации всех стадий проекта | | | | | | ПЗ |
| Приобретенные владения | | | | | | |
| В.1 Владеет навыками подготовки научных публикаций, научно-технических отчетов, обзоров по результатам выполненных исследований и разработок, определённых с соответствующим выданным техническим заданием | | | | | | КЗ зачёт |
| В.2 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 | | | | | | КЗ зачёт |
| В.3 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 | | | | | | КЗ зачёт |

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание (доклад); КЗ – комплексное задание дифференцированного зачета.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (таблица 1.1) проводится в форме

обсуждения выступлений (докладов) на семинарских занятиях по выбранным темам и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Лабораторные работы не запланированы.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 9 рубежных контрольных работ (КР) после освоения студентами соответствующих учебных модулей дисциплины.

Типовые вопросы первой КР (по модулям 2,3.4):

1. Что задаётся техническим заданием на проектирование РДТТ?
2. Как скажется на облике ракеты с РДТТ уменьшение нагрузки на мидель?
3. Чем определяется асимптота на графике «зависимость конечной скорости ракеты от дальности полёта»?
4. Какие факторы обуславливают потери скорости ракеты в полёте?
5. Назовите два вида твёрдых ракетных топлив. Какое из них обеспечивает лучшие энергетические характеристики?
6. При каких условиях определяется стандартный импульс топлива.
7. Что характеризует коэффициент весового совершенства. Какими тенденциями развития ракетно-космической техники он определяется?
8. Чем обусловлен выбор коэффициента энерговооружённости?
9. Какая зависимость тяги двигателя от времени его работы предпочтительна для баллистических ракет и почему?
10. Как добиваются постоянства площади поверхности горения по времени работы РДТТ?
11. Что из себя представляют баллистические и смесевые твёрдые ракетные топлива?
12. Процессы в какой зоне определяют скорость горения твёрдого ракетного топлива (ТРТ)?
13. От каких параметров зависит скорость горения ТРТ?
14. Какая цель преследуется при проектировании поверхности горения твёрдотопливного заряда при нейтральном законе горения?
15. Каким требованиям должно отвечать сопло Лаваля ракетного двигателя?
16. Как меняются термодинамические параметры (температура, давление, плотность) и скорость потока продуктов сгорания по длине сопла?
17. Назовите основные типы теплозащитных покрытий, применяемых в РДТТ.
18. Для чего в конструкцию заряда РДТТ вводят резиновые манжеты?
19. Что такое СОК и какие уровни СОК достигнуты в настоящее время?
20. Какие основные тенденции технического совершенства РДТТ?
21. Назовите достоинства и недостатки РДТТ.

Типовые вопросы второй КР (модуль 5):

1. Какие основные направления использования ЖРД?
2. В чём состоит преимущество использования ЖРД с вытеснительной системой подачи топливных компонентов?
3. С чем связано преимущество ЖРД с турбонасосной системой подачи компонентов топлива?
4. Чем выгодна система с дожиганием продуктов сгорания?
5. Чем вызвано появление комплекса требований к компоненту топлива ЖРД - «хорошие охлаждающие способности (свойства)»?
6. Какую величину составляет предельный пустотный импульс для жидких ракетных топлив и для каких компонентов?
7. Назовите перспективные топливные композиции для ЖРД?
8. Что понимается под стехиометрическим соотношением компонентов топлива?
9. При каком значении коэффициента избытка окислителя реализуются самые высокие энергетические показатели топливной композиции?
10. Какие требования предъявляются к температуре и давлению в камере сгорания, молекулярному массе продуктов сгорания, коэффициенту адиабаты и далению на срезе сопла с позиции получения максимальной скорости истечения?
11. Чем вызваны разные схемы расположения сечений ввода охлаждающего компонента в «зарубашечное» пространство?
12. Перечислите основные способы охлаждения камеры сгорания (КС) ЖРД.
13. Какую роль играют проставки оболочек КС?
14. Назовите основные характерные зоны протекания процессов в КС ЖРД.
15. Какие требования предъявляются к длине КС ЖРД?
16. Какие виды форсунок ЖРД Вы знаете?
17. Какую роль играет величина угла распыла 2α для обеспечения работоспособности камеры сгорания?
18. Какие требования предъявляются к схеме распределения форсунок на форсуночной головке?
19. Какие процессы могут происходить при использовании криогенного охладителя в «зарубашечном» пространстве?
20. В чём суть процедуры расчёта регенеративного охлаждения КС, предложенной В.М. Иевлевым?
21. Какие параметры являются исходными для расчёта ТНА?
22. Перечислите основные прочностные расчёты при проектировании ЖРД.
23. Назовите основные тенденции развития ЖРД.
24. Назовите достоинства и недостатки применения ЖРД.

Типовые вопросы третьей КР (модуль 6):

1. В чём состоит принцип работы ЯРД?
2. Каково предназначение ЯРД для космических исследований?
3. Чем вызван спад в исследованиях ЯРД в 80-х годах XX столетия?
4. Какие два подхода реализуются для использования ядерной энергии для освоения космоса?

5. В чём состоит существенное ограничение использования ядерной энергии в конструкции ЯРД?
6. Какое рабочее тело для ЯРД является лучшим и почему?
7. В чём состоит принцип работы твёрдофазного ЯРД?
8. Назовите преимущества и недостатки ЯРД.
9. Какова задача современного этапа развития ЯРД?

Типовые вопросы четвёртой КР (модуль 7):

1. Какие виды энергии используют ЭРД?
2. Область каких полётов в космос способны обеспечить ЭРД?
3. Назовите три основных вида ЭРД.
4. Назовите основные системы ЭРД.
5. Зачем нужна нейтрализующая система?
6. Что используется в качестве источника энергии для ЭРД?
7. Какие удельные пустотные тяги способны обеспечить ЭРД?
8. Какими способами вырабатывается тепловая энергия в электротермическом ЭРД?
9. Какие виды ионизации используются в электростатических ЭРД?
10. Какие вещества используются в качестве рабочих тел ЭРД? Почему возможно использование высокомолекулярных соединений, например, фторопласта?
11. Как коэффициент полезного действия ЭРД связан с энергией ионизации рабочего тела?
12. Какие типы ЭРД требуют больших электрических напряжений, а какие – больших токов?
13. Назовите 5 основных групп электроракетных двигательных установок (ЭРДУ).
14. Какие требования выдвигаются к перспективным ЭРДУ?
15. В чём состоит эффект Холла?
16. Какие составляющие включает сила Лоренца?
17. Для решения каких целей применяются ЭРД в настоящее время?
18. Назовите достоинства и недостатки применения ЭРД.

Типовые вопросы пятой КР (модуль 8):

1. Каковы физические причины возникновения аэродинамических сил?
2. За счёт чего возникает аэродинамический момент?
3. Что происходит за точкой С при обтекании профиля потоком, если не возникает кризис течения?
4. Что означает отрицательный коэффициент давления?
5. За счёт чего при обтекании профиля крыла возникает подъёмная сила?
6. Когда возникает демпфирующий момент?
7. В какой системе координат определяют компоненты аэродинамической силы? Назовите их.
8. Опишите связанную систему осей координат.
9. Что такое центр давления?

10. Где должен находиться центр давления для статически устойчивого ЛА? Какие технические решения для этого принимают?
11. Назовите основные элементы аэродинамической компоновки ЛА.
12. В чём состоит преимущество применения решетчатых стабилизаторов?
13. Какие составляющие аэродинамического сопротивления входят в коэффициент лобового аэродинамического сопротивления ЛА?
14. Как $c_{xв ок}$ зависит от числа Маха?
15. Чем вызвано донное сопротивление ЛА?
16. Какие эффекты наблюдаются при обтекании тонкого профиля сверхзвуковым потоком при наличии угла атаки?
17. Какую поправку вносит коэффициент k_k ?
18. Из чего складывается $c_{x тр}$ ЛА?

Типовые вопросы шестой КР (модуль 9):

1. Из каких участков траектории складывается дальность полёта ракеты?
2. Какие задачи баллистики решаются на активном участке траектории?
3. Какие параметры полёта ракеты должны быть выдержаны в конце активного участка траектории (АУТ)?
4. Чем опасен для конструкции ракеты участок входа в плотные слои атмосферы?
5. Сколько степеней свободы имеет ракета, как движущееся тело?
6. Какие уравнения входят в систему уравнений движения ракеты на АУТ?
7. Что связывают динамические уравнения, описывающие вращательное движение вокруг центра масс ракеты?
8. Зачем в систему уравнений движения ракеты включается уравнение, описывающее изменение высоты полёта?
9. Зачем в систему уравнений движения ракеты включается уравнение, описывающее изменение её массы?
10. В каком поле гравитации рассчитывается движение на пассивном участке траектории?
11. На какие движения ракеты накладываются идеальные связи?
12. Что такое угловая дальность?

Типовые вопросы седьмой КР (модуль 10):

1. Что понимается под манёвром космического летательного аппарата (КЛА)?
2. Почему рассматриваемые манёвры называются импульсными?
3. Какой манёвр называется пространственным?
4. Что такое полуэллипс Гомана?
5. Что такое перицентр траектории КЛА?
6. Чему равны затраты характеристической скорости на манёвр КЛА в общем случае?
7. На какой географической широте должен находиться космодром для минимизации затрат характеристической скорости при выводе спутника на геостационарную орбиту?

Типовые вопросы восьмой КР (модуль 11):

1. Какие задачи решают космические энергоустановки (КЭУ)?
2. Какие источники энергии на борту КЛА Вы знаете?
3. Каков наибольший срок службы электрохимической КЭУ?
4. Какие рабочие тела требует электрохимический генератор (ЭХГ)?
5. Какую роль играет азот в ЭХГ?
6. Назовите виды солнечных КЭУ.
7. Что лежит в основе радиоизотопных КЭУ?
8. Что лежит в основе ядерного реактора?
9. Каков должен быть коэффициент размножения нейтронов для стабильной работы ядерного реактора?
10. Как осуществляется сброс паразитного тепла ядерной энергетической установки в космосе?
11. С какого реактора началась история ЯЭУ?
12. Что лежит в основе статического термоэлектронного преобразователя тепловой энергии в электрическую?
13. В чём суть работы полупроводникового термоэлектрического преобразователя (ТЭЛП)?
14. Назовите основные пути совершенствования КЭУ на основе радиоизотопных генераторов.
15. Что включает в себя динамический преобразователь тепловой энергии в электрическую? Назовите преимущества ЗГТУ.

Типовые вопросы девятой КР (модуль 13):

1. Каковы составляющие экологического воздействия ракетно-космической техники (РКТ)?
2. Какова доля выброса токсичных веществ в атмосферу от РКТ всего мира?
3. Почему старт РДТТ опасен с позиции экологии?
4. Опасно ли влияние РКТ на ионосферу?
5. Как осуществляется выбор трасс выведения космических аппаратов и какие дополнительные требования предъявляются к носителям?
6. Какие меры принимаются для предотвращения проливов компонентов топлива ракет в атмосферу?
7. Каков кардинальный выход устранения токсичного воздействия компонентов топлива ЖРД на атмосферу?
8. Насколько велик вклад РКТ в формировании парникового эффекта?
9. В чем состоит «каскадный» эффект и какие объекты «космического мусора» опасны для космических аппаратов (КА)?
10. Какие меры принимаются для уменьшения катастроф, связанных со столкновением КА с «космическим мусором»?
11. Какие кардинальные меры должны быть предприняты для решения проблемы засорения околоземного космического пространства?
12. Назовите предлагаемые способы борьбы с космическим мусором?

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3. Выполнение расчётно-графической работы

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется расчётно-графическая работа с индивидуальным заданием для каждого студента.

Целью расчётно-графической работы являются следующие этапы:

1. Определение облика многоступенчатой твёрдотопливной ракеты в соответствии с заданным техническим заданием по дальности полёта и массе полезной нагрузки.

2. Проведение внутриваллистического расчёта для двигателя первой ступени твёрдотопливной ракеты (проектирование твёрдотопливного заряда).

3. Проектирование сопла Лавалья для двигателя первой ступени твёрдотопливной ракеты.

4. Выбор оперения ракеты и определение аэродинамических коэффициентов.

5. Расчёт траектории ракеты и определение дальности полёта.

6. Написание пояснительной записки по расчётно-графической работе.

Исходные данные для выполнения расчётно-графической работы задаются в соответствии с вариантом (выдается преподавателем) расчётной работы.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты расчётно-графической работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешные выступления с докладами по порученным темам, защита расчётно-графической работы и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений. Обязательным условием прохождения промежуточной аттестации является выполнение расчётно-графической работы.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровень сформированности всех заявленных компетенций.

2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Классификация ракетных двигателей (область применения, преимущества и недостатки).
2. Конструкция и основные характеристики РДТТ.
3. Динамика развития конструктивно-компоновочных и конструктивно-технологических схем РДТТ.
4. Конструкция и основные характеристики ЖРД.
5. Современные и перспективные твёрдые и жидкие ракетные топлива.
6. Конструкция и основные характеристики ЯРД.
7. Конструкция и основные характеристики ЭРД.
8. Космические энергоустановки.
9. Экологические проблемы ракетно-космической деятельности.
10. Космические программы Российской Федерации и США.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Методика проектирования твёрдопливной баллистической ракеты
2. Выбор твёрдого ракетного топлива для РДТТ.
3. Методика выбора и профилирования сопла РДТТ.
4. Методика выбора оперения ракеты и определения аэродинамических коэффициентов.
5. Методика определения траектории ракеты и дальности полёта ракеты.

2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.