

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

| | |
|--|--|
| Направление/специальность подготовки | 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов |
| Специализация/профиль/программа подготовки | Цифровые технологии создания двигателей и энергетических установок |
| Уровень высшего образования | Бакалавриат |
| Форма обучения | Очная |
| Факультет | А Ракетно-космическая техника |
| Выпускающая кафедра | А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА |
| Кафедра-разработчик рабочей программы | А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА |

| КУРС | СЕМЕСТР | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ) | ЧАСЫ (по наличию видов занятий) | | | | | | | | | ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ |
|------|---------|---|---------------------------------|--------------------|--------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ | АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ | | | | САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА | | | | |
| | | | | ВСЕГО | ЛЕКЦИИ | ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ | ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ | ВСЕГО | КУРСОВОЙ ПРОЕКТ | КУРСОВАЯ РАБОТА | ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ | |
| 3 | 5 | 4 | 144 | 68 | 34 | 0 | 34 | 76 | 0 | 0 | 76 | ЭКЗ. |

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

24.03.05 Двигатели летательных аппаратов

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Тетерина Ирина Владимировна, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

ОПК-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники

ОПК-6 — Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития отрасли двигателестроения и энергетической техники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-1

знания:

Физическую сущность реактивного движения и законы сохранения массы, импульса и энергии в потоке рабочего тела. Основные термодинамические циклы двигателей ЛА. Уравнения газовой динамики и технической термодинамики для расчёта параметров потока в элементах двигателя. Взаимосвязь параметров рабочего тела;

умения:

Применять уравнения сохранения для анализа процессов сжатия, сгорания и расширения рабочего тела. Строить эпюры изменения параметров потока по тракту двигателя. Выполнять расчёт основных параметров двигателей ЛА. Определять характерные параметры и взаимосвязь характеристик двигателей в зависимости от условий полёта;

навыки:

Навык применения методов математического анализа при расчёте термодинамических процессов в двигателях. Навык работы с программными средствами математического моделирования (Matlab, Ansys Multiphysics) для решения задач газовой динамики.

ОПК-5

знания:

Классификацию современных двигателей ЛА и области их рационального применения. Методы численного моделирования (CFD) и их применение при проектировании элементов двигателей. Преимущества и ограничения различных типов двигателей в зависимости от назначения ЛА.;

умения:

Применять современные подходы к оценке характеристик реактивных систем (тяговооружённость, массовое совершенство). Обосновывать выбор типа двигателя и топлива для конкретных задач полёта. Выполнять расчёт удельной тяги и тяги ВРД/РД в зависимости от условий полёта и параметров в камере сгорания.;

навыки:

Навык применения современных программных комплексов (Ansys Multiphysics 2019, Matlab 2015a) для моделирования процессов в двигателях. Навык поиска, анализа и систематизации научно-технической информации по проблемам двигателестроения с использованием профессиональных баз данных и справочных систем.

ОПК-6

знания:

Теоретические основы принципов действия и их реализацию в двигателях летательных аппаратов.

Методы анализа эффективности и перспективы использования двигателей ЛА различного вида и назначения, иметь практические навыки расчёта параметров преобразования энергии в двигателях.

Законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы в двигателях.;

умения:

Разрабатывать физические схемы и математические модели энергетических систем различного принципа действия.

Разрешение математических моделей и физических схем двигателей, выделяя основные и второстепенные процессы, определять характерные параметры, взаимосвязь их характеристик.;

навыки:

Навык анализа процессов преобразования энергии в двигателях летательных аппаратов и их конструирования, разработки физических схем и математических моделей оценки основных параметров систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.05 Двигатели летательных аппаратов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, ТЕРМОДИНАМИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ДВИГАТЕЛЯХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ, ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА, ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

| КУРС | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме | | | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % | | |
|----------------------------|---------|--|-------|---------------------------------------|--------|----------------------|----------------------------------|----------------------------|-------|-------|
| | | | | ВСЕГО | Лекции | Практические занятия | | ОПК-1 | ОПК-5 | ОПК-6 |
| 3 | 5 | Раздел 1. Двигатели летательных аппаратов: определение, принципы действия и конструктивные схемы. 1.1. Физические основы реактивного движения. 1.2. Классификационные признаки и типы двигательных установок. 1.3. Ключевые технические и тягово-топливные характеристики. | 22 | 6 | 4 | 2 | 16 | 10 | 10 | 10 |
| 3 | 5 | Раздел 2. Воздушно-реактивные двигательные установки: классификация, устройство и рабочие процессы. 2.1. Прямоточные воздушно-реактивные двигатели. Принцип действия и области применения. 2.2. Пульсирующие ВРД. Особенности рабочего цикла и конструктивные решения. 2.3. Турбокомпрессорные турбореактивные двигатели. Схема, термодинамический цикл, характеристики. 2.4. Турбовинтовые двигатели. Компоновка, передаточные механизмы, эффективность на дозвуковых скоростях. 2.5. Методы совершенствования тягово-экономических характеристик ВРД. Понятие кризиса тяги и способы его преодоления. | 28 | 14 | 8 | 6 | 14 | 15 | 15 | 15 |
| 3 | 5 | Раздел 3. Химические ракетные двигатели: классификация, устройство и рабочие процессы. 3.1. Жидкостные ракетные двигатели (ЖРД). Схемы подачи компонентов, организация смесеобразования и горения. 3.2. Твёрдотопливные ракетные двигатели (РДТТ). Конструкция заряда, баллистика горения, управление вектором тяги. 3.3. Гибридные ракетные двигатели. Принципы работы, преимущества и ограничения комбинированных схем. | 20 | 12 | 6 | 6 | 8 | 15 | 15 | 15 |
| 3 | 5 | Раздел 4. Электрические и перспективные ракетные двигатели: физические основы и конструктивные реализации. 4.1. Электротермические и ядерные ракетные двигатели. Принципы нагрева рабочего тела, энергетические балансы. 4.2. Электромагнитные ускорители (МПД-двигатели, плазменные ускорители). Механизм ускорения плазмы, КПД, ресурс. 4.3. Электростатические (ионные) двигатели. Принцип действия, системы нейтрализации, применение в КА. | 16 | 8 | 6 | 2 | 8 | 15 | 10 | 15 |
| 3 | 5 | Раздел 5. Интегральные характеристики реактивных систем: оценка и анализ. 5.1. Система технико-тактических и энергетических характеристик реактивной системы. 5.2. Методы расчётной оценки и верификации параметров реактивной системы на этапах проектирования. | 14 | 6 | 4 | 2 | 8 | 15 | 15 | 15 |
| 3 | 5 | Раздел 6. Конструктивно-расчётные основы проектирования ракетных двигателей. 6.1. Методика предварительной оценки геометрических параметров камер сгорания ЖРД и РДТТ. 6.2. Расчёт и профилирование сверхзвуковых сопел: метод характеристик, условия оптимального расширения. | 24 | 10 | 4 | 6 | 14 | 15 | 15 | 15 |
| 3 | 5 | Раздел 7. Цифровые технологии в двигателестроении. CAD/CAE-системы в двигателестроении. CFD-моделирование рабочих процессов (ANSYS, LOGOS и другие). | 20 | 12 | 2 | 10 | 8 | 15 | 20 | 15 |
| Всего за 5 семестр | | | 144 | 68 | 34 | 34 | 76 | 100 | 100 | 100 |
| Всего по дисциплине | | | 144 | 68 | 34 | 34 | 76 | 100 | 100 | 100 |

3.2. Аудиторный практикум

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Тема практического занятия | Объем, ауд. часов |
|-------|---|--|-------------------|
| 1 | Раздел 1. Двигатели летательных аппаратов: определение, принципы действия и конструктивные схемы. | Сравнительный расчет параметров идеальных циклов для различных типов двигателей | 2 |
| 2 | Раздел 2. Воздушно-реактивные двигательные установки: классификация, устройство и рабочие процессы. | Решение прикладных задач. Течение газа в каналах. Анализ горения углеводородных топлив | 6 |
| 3 | Раздел 3. Химические ракетные двигатели: классификация, устройство и рабочие процессы. | Решение прикладных задач. Расчет внутрикамерных параметров РДТТ и ЖРД. | 6 |

| | | | |
|---------------------------|--|--|-----------|
| 4 | Раздел 4. Электрические и перспективные ракетные двигатели: физические основы и конструктивные реализации. | Расчёт удельной тяги и тяги ускорителей в зависимости от их типа и рабочего тела | 2 |
| 5 | Раздел 5. Интегральные характеристики реактивных систем: оценка и анализ. | Расчёт основных характеристик реактивной системы в зависимости от её назначения | 2 |
| 6 | Раздел 6. Конструктивно-расчётные основы проектирования ракетных двигателей. | Расчёт основных размеров ракетного двигателя в зависимости от его типа и назначения | 6 |
| 7 | Раздел 7. Цифровые технологии в двигателестроении. | Решение прикладных задач. Вычислительное моделирование тепломассообменных процессов с использованием CFD: газодинамика, теплообмен, горение, двухфазные течения, турбулентность и т.д. | 10 |
| Всего за 5 семестр | | | 34 |

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Содержание учебного задания | Объем, часов |
|---------------------------|--|--|--------------|
| 1 | Раздел 1. Двигатели летательных аппаратов: определение, принципы действия и конструктивные схемы. | Подготовка реферата | 12 |
| 2 | | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | 4 |
| 3 | Раздел 2. Воздушно-реактивные двигательные установки: классификация, устройство и рабочие процессы. | Разработка ДЗ. Оценка основных характеристик и элементы конструкции турбокомпрессорного воздушно-реактивного двигателя | 14 |
| 4 | Раздел 3. Химические ракетные двигатели: классификация, устройство и рабочие процессы. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | 8 |
| 5 | Раздел 4. Электрические и перспективные ракетные двигатели: физические основы и конструктивные реализации. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | 8 |
| 6 | Раздел 5. Интегральные характеристики реактивных систем: оценка и анализ. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | 8 |
| 7 | Раздел 6. Конструктивно-расчётные основы проектирования ракетных двигателей. | Разработка ДЗ. Оценка основных характеристик и элементы конструкции реактивной системы. | 14 |
| 8 | Раздел 7. Цифровые технологии в двигателестроении. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | 8 |
| Всего за 5 семестр | | | 76 |

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| СЕМЕСТР | НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------------|---|---|---|---|----|------|---|----|----|----|------|----|----|-----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 5 | | | | | | ДР | ТекК | | ДЗ | ДР | | ТекК | | ДЗ | Реф | ДР | |

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- ДЗ – домашнее задание;
- Реф – реферат.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- домашнее задание;
- реферат.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. В. Сахин. . Устройство и действие энергетических объектов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, 70 экз.
2. В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 2 Техническая термодинамика. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 215 экз.
3. В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Устройство и действие энергетических установок. Кн. 2 Газовые турбины. Теплообменные аппараты. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 60 экз.
4. В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 2 Техническая термодинамика. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, эл. рес.
5. В. В. Сахин, Е. М. Герлиман. . Термодинамика энергетических систем в примерах и задачах. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 241 экз.
6. В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, И. В. Тетерина. . Теория и практика реактивного ускорения тел. СПб.: НИЦ АРТ, 2021, эл. рес.
7. М. А. Денисов. . Математическое моделирование теплофизических процессов. ANSYS и CAE-проектирование. Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2011, эл. рес.
8. О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская, И. В. Тетерина. . Решение прикладных задач термогазодинамики в Ansys. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская, И. В. Тетерина. . Численное моделирование газовых смесей и двухфазных течений. СПб.: НИЦ АРТ, 2022, 1 экз.

5.3. Периодические издания:

1. Двигатель.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
2. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов..

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
2. Matlab 2015a SP1.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
3. Matlab 2015a SP1.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.05 Двигатели летательных аппаратов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;

ОПК-5 Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники;

ОПК-6 Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития отрасли двигателестроения и энергетической техники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теоретическими положениями и физической сущностью процессов, протекающих в двигателях летательных аппаратов. Формируются практические умения по исследованию устройства и реализации рабочих циклов с учётом функционального назначения агрегатов, а также по расчёту параметров, анализу эффективности и оценке направлений совершенствования энергоустановок различного типа и назначения.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- домашнее задание;
- реферат.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

| Наименование работы | Рекомендуемая литература | Трудоемкость, час. |
|--|--|--------------------|
| Раздел 1. Двигатели летательных аппаратов: определение, принципы действия и конструктивные схемы. | | |
| Подготовка реферата | В. В. Сахин. . Устройство и действие энергетических объектов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1,2) | 12 |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, И. В. Тетерина. . Теория и практика реактивного ускорения тел: СПб.: НИЦ АРТ, 2021 (1,2) | 4 |
| Итого по разделу 1 | | 16 |
| Раздел 2. Воздушно-реактивные двигательные установки: классификация, устройство и рабочие процессы. | | |
| Разработка ДЗ. Оценка основных характеристик и элементы конструкции турбокомпрессорного воздушно-реактивного двигателя | В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 2 Техническая термодинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (13.4) В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Устройство и действие энергетических установок. Кн. 2 Газовые турбины. Теплообменные аппараты: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (6) В. В. Сахин, Е. М. Герлиман. . Термодинамика энергетических систем в примерах и задачах: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (6.4) | 14 |
| Итого по разделу 2 | | 14 |
| Раздел 3. Химические ракетные двигатели: классификация, устройство и рабочие процессы. | | |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, И. В. Тетерина. . Теория и практика реактивного ускорения тел: СПб.: НИЦ АРТ, 2021 (2) В. В. Сахин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Термодинамика энергетических систем. Кн. 2 Техническая термодинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (13.4) | 8 |
| Итого по разделу 3 | | 8 |
| Раздел 4. Электрические и перспективные ракетные двигатели: физические основы и конструктивные реализации. | | |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | В. В. Сахин. . Устройство и действие энергетических объектов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (2) В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, И. В. Тетерина. . | 8 |

| | | |
|---|--|----|
| | Теория и практика реактивного ускорения тел: СПб.: НИЦ АРТ, 2021 (2.3) | |
| Итого по разделу 4 | | 8 |
| Раздел 5. Интегральные характеристики реактивных систем: оценка и анализ. | | |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, И. В. Тетерина. . Теория и практика реактивного ускорения тел: СПб.: НИЦ АРТ, 2021 (3) | 8 |
| Итого по разделу 5 | | 8 |
| Раздел 6. Конструктивно-расчётные основы проектирования ракетных двигателей. | | |
| Разработка ДЗ. Оценка основных характеристик и элементы конструкции реактивной системы. | В. В. Сахин. . Устройство и действие энергетических объектов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (4) | 14 |
| Итого по разделу 6 | | 14 |
| Раздел 7. Цифровые технологии в двигателестроении. | | |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская, И. В. Тетерина. . Численное моделирование газовых смесей и двухфазных течений: СПб.: НИЦ АРТ, 2022 (все) М. А. Денисов. . Математическое моделирование теплофизических процессов. ANSYS и CAE-проектирование: Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2011 (все) О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская, И. В. Тетерина. . Решение прикладных задач термодинамики в Ansys: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (все) | 8 |
| Итого по разделу 7 | | 8 |

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- реферат;
- домашнее задание;
- вопросы для текущего контроля;
- экзамен.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Реферат

Примеры тем рефератов приведены в УМК дисциплины.

Реферат представляется в печатном виде и оценивается по десятибалльной шкале на соответствие следующим критериям:

- Текстовая часть отчета выполнена на стандартных листах белого цвета формата А4, цвет шрифта черный. При оформлении использован шрифт Times New Roman или Arial, кегль 12-14 пт; полуторный межстрочный интервал и обычный межзнаковый интервал. При оформлении использован абзацный отступ 1,25 см; абзацный интервал 0; выравнивание по ширине страницы. При наборе формул использован встроенный редактор Microsoft Office Word (Microsoft Equation 3,0) или редактор MathType. Формулы выравнены по центру. После каждой формулы ставится запятая, а первая строка с расшифровкой начинается со слова «где» без двоеточия и без абзацного отступа. Рисунки представлены в формате: «Рисунок 1 – Наименование», выравнены по центру, без абзацного отступа. Их количество является достаточным для пояснения содержания и обоснования выводов. (1-5 баллов)
 - Реферат содержит все необходимые элементы: титульный лист, цель и задачи, теоретические сведения, заключение или выводы. Отдельно оценивается полнота раскрытия темы. (1-5 баллов)
- Оценка выставляется в соответствии с полученными баллами: 5-6 баллов "удовлетворительно", 7-8 баллов "хорошо", 9-10 баллов "отлично".

Домашнее задание

Решение оформляется в виде пояснительной записки, включающей текстовую часть с результатами решения и графическое изображение (физическую схему) с полной математической моделью обсуждаемого явления. Пояснительная записка с текстом, рисунками и графиками выполняется в редакторе "Word".

Процедура защиты результатов решения задачи включает ответы на вопросы преподавателя. В ходе защиты обучающиеся должны продемонстрировать культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала, необходимые начальные знания по существу обсуждаемой темы.

Варианты домашних заданий представлены в УМК.

Критерии оценивания.

Оценка выполнения домашнего задания выставляется по 100 бальной шкале с учётом:

- оформление пояснительной записки – 40 баллов,
- защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 60 баллов.

Распределение баллов по элементам:

- соответствие содержания заявленной теме, отсутствие в тексте отступлений от темы 7 баллов;
- соответствие целям и задачам дисциплины 7 баллов;
- постановка проблемы, корректное изложение смысла основных научных идей, их теоретическое обоснование и объяснение 8 баллов;
- логичность и последовательность в изложении материала 8 баллов;
- способность к работе с литературными источниками, интернет-ресурсами, справочной и

энциклопедической литературой 8 баллов;

- объем исследованной литературы и других источников информации 7 баллов;
- владение иностранными языками, использование иностранных источников 7 баллов;
- способность к анализу и обобщению информационного материала, степень полноты обзора состояния вопроса 7 баллов;
- умение извлекать информацию, соответствующую поставленной цели, и перераспределять информацию 7 баллов;
- навыки планирования и управления временем при выполнении работы 7 баллов;
- обоснованность выводов 7 баллов;
- наличие авторской аннотации 7 баллов;
- правильность оформления (соответствие стандарту, структурная упорядоченность, ссылки, цитаты, таблицы и т.д.) 7 баллов;
- соблюдение объема, шрифтов, интервалов (соответствие оформления правилам компьютерного набора текста) 6 баллов.

Домашнее задание считается принятым, если набрать 85 и более баллов.

Вопросы для текущего контроля

Ответы на вопросы по разделам осуществляются в устной форме. Студенту задаются 3 вопроса в рамках изученного раздела. Для успешной аттестации необходимо ответить правильно минимум на 2 вопроса. Ответ должен быть правильным, содержательным, аргументированным. Вопросы представлены в УМК.

Экзамен

Экзамен проводится в форме устных ответов на экзаменационные вопросы, перечень которых представлен в УМК дисциплины. Знания, умения и навыки студентов определяются следующим образом:

- оценки "отлично" заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка "отлично" выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала.
- оценки "хорошо" заслуживает студент обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка "хорошо" выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.
- оценки "удовлетворительно" заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка "удовлетворительно" выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.
- оценка "неудовлетворительно" выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка "неудовлетворительно" ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Паспорт фонда оценочных средств

| КУРС | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме | | | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % | | | НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА |
|---------------------|---------|--|-------|---------------------------------------|--------|----------------------|----------------------------------|----------------------------|-------|-------|----------------------------------|
| | | | | ВСЕГО | Лекции | Практические занятия | | ОПК-1 | ОПК-5 | ОПК-6 | |
| | | | | | | | | | | | |
| 3 | 5 | Раздел 1. Двигатели летательных аппаратов: определение, принципы действия и конструктивные схемы. | 22 | 6 | 4 | 2 | 16 | 10 | 10 | 10 | Реферат |
| 3 | 5 | Раздел 2. Воздушно-реактивные двигательные установки: классификация, устройство и рабочие процессы. | 28 | 14 | 8 | 6 | 14 | 15 | 15 | 15 | Домашнее задание |
| 3 | 5 | Раздел 3. Химические ракетные двигатели: классификация, устройство и рабочие процессы. | 20 | 12 | 6 | 6 | 8 | 15 | 15 | 15 | Вопросы для текущего контроля |
| 3 | 5 | Раздел 4. Электрические и перспективные ракетные двигатели: физические основы и конструктивные реализации. | 16 | 8 | 6 | 2 | 8 | 15 | 10 | 15 | Вопросы для текущего контроля |
| 3 | 5 | Раздел 5. Интегральные характеристики реактивных систем: оценка и анализ. | 14 | 6 | 4 | 2 | 8 | 15 | 15 | 15 | Вопросы для текущего контроля |
| 3 | 5 | Раздел 6. Конструктивно-расчётные основы проектирования ракетных двигателей. | 24 | 10 | 4 | 6 | 14 | 15 | 15 | 15 | Домашнее задание |
| 3 | 5 | Раздел 7. Цифровые технологии в двигателестроении. | 20 | 12 | 2 | 10 | 8 | 15 | 20 | 15 | Вопросы для текущего контроля |
| Всего за 5 семестр | | | 144 | 68 | 34 | 34 | 76 | 100 | 100 | 100 | |
| Всего по дисциплине | | | 144 | 68 | 34 | 34 | 76 | 100 | 100 | 100 | |

**Оценочные материалы по дисциплине ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ ДВИГАТЕЛЕЙ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

$$m(dv)/(dt) = -u(dm)/(dt)$$

Закон Мещерского описывает указанное уравнение, где:

- | | |
|------|--|
| 1. m | А - ускорение движения летательного аппарата |
| 2. v | Б - скорость отбрасывания массы |
| 3. u | В - переменная масса летательного аппарата |
| | Г - постоянная масса летательного аппарата |
| | Д - скорость движения летательного аппарата |
| | Е - скорость присоединения массы |

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Как называется уравнение, описывающее закон движение тела переменной массы? Запишите это уравнение и его название.

№ 3 Прочитайте текст и установите последовательность

Определите соответствие этапов построения численной модели в соответствии с его порядковым номером в хронологической последовательности:

- | | |
|----------------------------------|-------|
| 1. Построение расчетной сетки | А - 1 |
| 2. Определение граничных условий | Б - 2 |
| 3. Обработка результатов | В - 3 |
| 4. Построение геометрии | Г - 4 |

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

Определите соответствие CAD/CAM/CAE-систем выполняемым задачам:

- | | |
|--------|--|
| 1. CAD | А - Автоматизирует процесс моделирования физических процессов в разрабатываемых объектах |
| 2. CAM | Б - Автоматизирует процесс проектирования |
| 3. CAE | В - Автоматизирует процесс создания управляющих программ для ЧПУ станков |

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

К основным достоинствам жидкостных ракетных двигателей по сравнению с твердотопливными **НЕ** относится:

1. Многократный запуск двигателя
2. Управление тягой за счет регулировки расхода топлива
3. Низкая стоимость топлива

4. Простота конструкции
5. Высокий удельный импульс
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Конструкция реактивного двигателя обязательно включает в себя:
1. Воздухозаборное устройство
 2. Реактивное сопло
 3. Газовая турбина
 4. Камера сгорания топлива
 5. Компрессор
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Первый летательный аппарат, оснащенный жидкостным ракетным двигателем, использующим в качестве горючего и окислителя углеводороды, жидкий водород и жидкий кислород, предложил:
1. Николай Жуковский
 2. Отто фон Браун
 3. Александр Можайский
 4. Сергей Королёв
 5. Константин Циолковский
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Выберите один ответ. Расчетная геометрия это:
1. Чертеж исследуемого объекта
 2. 3D или 2D модель, построенная в соответствии с исходной геометрией исследуемого объекта и принятыми допущениями
 3. Расчетная область разбитая на конечные элементы объемов заданной формы
 4. 3D или 2D модель исследуемого объекта
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Отметьте программные обеспечения позволяющие решать задачи численного моделирования физических процессов (прочность, гидрогазодинамика, теплопередача и т.д.):
1. Fluent
 2. Autocad
 3. Логос
 4. ArtCAM
 5. Workbench
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- К основным достоинствам жидкостных ракетных двигателей по сравнению с твердотопливными относятся:
1. Простота хранения топлива

2. Управление тягой за счет регулировки расхода топлива
3. Высокий удельный импульс
4. Отсутствие перемещений топлива в невесомости
5. Низкая стоимость топлива
6. Многократный запуск двигателя
7. Простота конструкции
8. Низкая стоимость оборудования двигателя

№ 11 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Каково основное назначение сопла реактивного двигателя?

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность шагов при оценке характеристик реактивной системы на начальном этапе проектирования :

1. расчет времени работы двигательных установок ступеней
2. распределение массы топлива по ступеням
3. выбора типа ракетного топлива
4. определения типа старта (плавный/быстрый)
5. оценка характерных размеров реактивной системы
6. расчет тяговооруженности ступеней
7. выбора количества ступеней РС

ОПК-5 - Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между названиями отдельных компонентов (модулей) Ansys Workbench и выполняемыми ими функциями:

- | | |
|----------------|---|
| 1. Meshing | А - Расчёт течений жидкостей и газов (Fluid Flow) |
| 2. ISEM | Б - Создание сеточных моделей |
| 3. Fluent | В - Создание геометрических моделей |
| 4. Space Claim | Г - Создание геометрических и сеточных моделей |

№ 2 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между формой заряда РДТТ и изменением площади его поверхности при горении:

- | | |
|------------------------|--|
| 1. Прогрессивный заряд | А - Площадь поверхности горения возрастает с течением времени |
| 2. Нейтральный заряд | Б - Площадь поверхности горения уменьшается с течением времени |
| 3. Дегрессивный заряд | В - Площадь поверхности горения остается неизменной |

№ 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

При задании на входной границе расчетной области граничных условий типа "pressure-inlet" скорость газового потока:

1. Не может быть определена
 2. Задается по нормали к входной границе
 3. Будет определяться из решения уравнения Бернулли
 4. Задается компонентами вектора скорости в декартовой системе координат
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Механическую смесь органических горючих и неорганических окислительных веществ, которую применяют в качестве топлива РДТТ, называют:
1. Смесевым топливом
 2. Бездымным порохом
 3. Баллиститным топливом
 4. Черным порохом
- № 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
- Какие требования выдвигаются к энергетическим и термодинамическим свойствам топлива и продуктов сгорания РДТТ?
- № 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
- Что такое турбулентность?
- № 7 Прочитайте текст и установите последовательность
- Установите правильную последовательность процессов, происходящих в прямоточном воздушно-реактивном двигателе (ПВРД) на сверхзвуковой скорости:
1. Сгорание топливовоздушной смеси в камере сгорания
 2. Торможение и сжатие воздуха в диффузоре (воздухозаборнике)
 3. Ускорение продуктов сгорания в сопле до скорости, превышающей скорость полёта
 4. Смешение топлива с заторможенным воздухом и воспламенение
- № 8 Прочитайте текст и установите последовательность
- Расположите в правильной последовательности процессы, происходящие в РДТТ от момента поджига заряда до выхода на режим:
1. Достижение максимального давления в камере сгорания
 2. Выход двигателя на режим установившейся тяги
 3. Воспламенение поверхности заряда воспламенителем
 4. Разложение и горение топлива с интенсивным газовыделением
 5. Заполнение камеры сгорания продуктами сгорания с ростом давления
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Устройство, предназначенное для отклонения вектора тяги за счет использования дополнительных конструктивных элементов, располагаемых в окрестности среза сопла, называют:
1. Эжектор
 2. Дефлектор
 3. Конфузор
 4. Диффузор
 5. Инжектор

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Выберите, какие действия совершаются пользователем на этапе настройки решателя при постановке и решении CFD задач:

1. Построение графиков
2. Построение геометрии
3. Построение сетки
4. Выбор модели текучей среды
5. Анализ полей распределения газодинамических параметров
6. Задание начальных условий
7. Задание граничных условий
8. Отслеживание поведения невязок
9. Формулировка решаемой системы дифференциальных уравнений
10. Выбор численной схемы

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Что может быть использовано в качестве выходного устройства газотурбинного, турбореактивного или реактивного двигателя?

1. Сопло Лаваля
2. Реактивное сопло
3. Выхлопная труба
4. Конфузор
5. Диффузор
6. Резонатор

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Зависимость тяги или удельного импульса ракетного двигателя от давления в камере сгорания или от массового расхода продуктов сгорания при постоянной высоте полета (при постоянном давлении окружающей среды) называется:

1. Расходной характеристикой
2. Дроссельной характеристикой
3. Высотной характеристикой
4. Тяговой характеристикой

ОПК-6 - Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития отрасли двигателестроения и энергетической техники

№ 1 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите правильную последовательность этапов решения CFD задачи.

1. настройка решателя
2. анализ результатов
3. построение геометрической модели

4. решение (расчёт модели)
5. построение сеточной модели
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Как меняются (увеличиваются, уменьшаются или не меняются) параметры потока (скорость, давление, температура) воздуха в диффузоре воздушно-реактивного воздуха?
- № 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Как повысить тягу двигателя, работающего по циклу Брайтона, при заданной скорости полета?
- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие
Установите соответствие процессов теплообмена и рассматриваемых задач.
1. На поверхности нагретой стенки со стороны потока газа реализуется
 2. В объёме стенки между её поверхностями реализуется
 3. Между двумя подвижными средами через разделяющую их твёрдую стенку реализуется
- А. конвективная и лучистая теплоотдача между газом и поверхностью стенки
 - Б. конвективная теплоотдача между газом и поверхностью стенки
 - В. лучистая теплоотдача между газом и поверхностью стенки
 - Г. теплопроводность
 - Д. теплопередача
- № 5 Прочитайте текст и установите соответствие
Соотнесите процессы с элементами конструкции ВРД.
1. адиабатное сжатие
 2. изобарное расширение с подводом теплоты
 3. адиабатное расширение
 4. изобарное сжатие с отводом теплоты
- А. сопло
 - Б. камера сгорания
 - В. диффузор
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность
Установите правильную последовательность процессов, протекающих при работе турбореактивного двигателя.
- 1 сжатый воздух перемешивается с топливом в камере сгорания
 - 2 воздух проходит через воздухозаборное устройство
 - 3 продукты сгорания в сопле создают реактивную тягу
 - 4 воздух сжимается и нагревается в компрессоре
 - 5 продукты сгорания вращают турбину
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Двигателем, не способным работать в безвоздушном пространстве, является:
1. жидкостной ракетный двигатель
 2. твердотопливный ракетный двигатель

3. турбокомпрессорный воздушно-реактивный двигатель
 4. ионный реактивный двигатель
 5. гибридный ракетный двигатель
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Критический перепад давления для воздуха равен:
1. 0,528
 2. 0,258
 3. 0,5
 4. 0,287
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Под реактивным принципом движения тел подразумевают
1. движение в результате воздействия силы отдачи, появляющейся, как реакция на отбрасывание массы
 2. движение в результате выделения энергии в окружающую среду за счет сгорания топлива
 3. движение с постоянным ускорением в определённом направлении за счет выделения энергии
 4. движение в результате самопроизвольного уменьшения массы тела по определённому закону
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие типы двигателей могут использоваться в безвоздушном пространстве.
1. Пульсирующий
 2. Прямоточный
 3. Жидкостной
 4. Турбореактивный
 5. Твёрдотопливный
 6. Ионный
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- В ЖРД форсунки подачи компонентов топлива (окислитель и горючее) располагаются так, чтобы обеспечить
1. охлаждение стенок камеры сгорания двигателя
 2. смешение компонентов топлива, близкое к стехиометрическому
 3. время подготовки компонентов топлива к реакции было минимальным
 4. наименьшие гидравлические потери при прокачке топлива и окислителя
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Для повышения конечной скорости реактивной системы необходимо

1. стремиться к максимальной величине реактивной удельной тяги двигателя
2. стремиться к минимальной величине реактивной удельной тяги двигателя
3. снижать величину относительной конечной массы реактивной системы
4. увеличивать относительную конечную массу реактивной системы