

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Левихин А.А.

«___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ КОМБИНИРОВАННЫЕ ДВИГАТЕЛИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

| | |
|--|---|
| Направление/специальность подготовки | 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей |
| Специализация/профиль/программа подготовки | Проектирование жидкостных ракетных двигателей |
| Уровень высшего образования | Специалитет |
| Форма обучения | Очная |
| Факультет | А Ракетно-космическая техника |
| Выпускающая кафедра | А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ |
| Кафедра-разработчик рабочей программы | А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ |

| 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 | |
| 5 | 10 | 3 | 108 | 34 | 17 | 0 | 17 | 74 | 0 | 0 | 74 | ЭКЗ. |

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ _____

Саваровский Александр Александрович, к.т.н., доцент

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Саваровский А.А., к.т.н. _____

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Саваровский А.А., к.т.н. _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ КОМБИНИРОВАННЫЕ ДВИГАТЕЛИ 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:

ПК-6 — Способен проводить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующей ракетно-космической техники и их элементов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-6

знания:

- методологии разработки эскизного проекта комбинированного реактивного двигателя ЛА и его составных элементов

- перспективных методик исследования процессов в комбинированном реактивном двигателе ЛА;

умения:

осуществлять оценку эффективности процессов и совершенства конструкции комбинированного реактивного двигателя ЛА;

навыки:

расчёта основных конструктивных элементов комбинированного реактивного двигателя ЛА.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **КОМБИНИРОВАННЫЕ ДВИГАТЕЛИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.02 *Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА И ТЕОРИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ПК-2 — Способен разрабатывать эскизный (технический) проект (аванпроект) по созданию (модернизации) жидкостных ракетных двигателей и их составных элементов
- ПК-6 — Способен проводить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующей ракетно-космической техники и их элементов

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 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 | | ПК-6 |
| 5 | 10 | Раздел 1. Введение в дисциплину. Комбинированные реактивные двигатели (КРД) – перспективное направление в современном ракетостроении. Области применения КРД. Требования к режимам полёта и конструктивному облику реактивных двигателей силовых установок (СУ) летательных аппаратов (ЛА). Исходные базовые двигатели для комбинированных силовых установок (КСУ) ЛА. Классификация комбинированных реактивных двигателей. Общие принципы расчёта параметров рабочего процесса и характеристик двигателя для КСУ. | 14 | 4 | 2 | 2 | 10 | 20 |
| 5 | 10 | Раздел 2. Турбопрямоточные двигатели. Турбореактивный и прямоточный контуры, конструктивные схемы: с параллельным и tandemным расположением контуров, эжекторного типа. Используемые топлива, однопаливные и двухпаливные турбопрямоточные двигатели (ТПД). Особенности параметров ТРДФ и ТРДДФ, используемых в ТПД, основные требования к конструкции их узлов при больших числах Маха полёта. Сверхзвуковой прямоточный воздушно-реактивный двигатель (СПВРД), предельные режимы работы. Комбинированный двухрежимный ПВРД, работа в режимах СПВРД/ГПВРД. Конструктивно-силовые схемы СПВРД, схема комбинированного ракетно-прямоточного двигателя, особенности его работы. Нагрузки, действующие на основные элементы конструкции СПВРД, выбор критериев и запасов прочности и устойчивости. Конструкции основных элементов современных СПВРД: воздухозаборников, камеры сгорания, регулируемого реактивного сопла, их прочность и устойчивость. Типы соединений, применяемых для соединения узлов СПВРД между собой и с корпусом ЛА. | 23 | 7 | 4 | 3 | 16 | 20 |
| 5 | 10 | Раздел 3. Ракетно-турбинные двигатели. Преимущества РТД по сравнению с ГТД, их основные конструктивные схемы и области применения: газогенераторный ракетно-турбинный двигатель (РТДгт). Оптимальные значения основных параметров РТД: экономичность, габаритные размеры, удельные масса и тяга, удельный импульс и др. Расчётная схема пароводородной турбины для РТД, выбор числа ступеней. Применение редуктора в РТДп. Конструктивные способы повышения эффективности РТДп. | 20 | 6 | 3 | 3 | 14 | 20 |
| 5 | 10 | Раздел 4. Ракетно-прямоточные двигатели на жидком топливе. Одноступенчатые ВКС ЛА, спроектированные на основе жидкостно-воздушных реактивных двигателей (ЖВРД) и способные работать в диапазоне $M = 0 \dots 10$. Бескомпрессорная схема силовой установки с ЖВРД, основные узлы и основные показатели, характеризующие его эффективность. Повышение хладоресурса компонентов топлива. Компрессорные ЖВРД (ЖВРДК), варианты конструктивных схем, используемые хладоресурсы: водорода, сжиженного воздуха. Работа основных узлов. Сравнение скоростных характеристик ЖВРД различных схем. Конструктивная схема ЖВРД, работающего на сжатом и охлаждённом воздухе. | 24 | 7 | 4 | 3 | 17 | 20 |
| 5 | 10 | Раздел 5. Ракетно-прямоточные двигатели на твёрдом топливе. Классификация комбинированных ракетно-прямоточных двигателей на твёрдом топливе (КРПДТ). Схема летательного аппарата с КРПДТ. Варианты конструкций маршевых и стартово-разгонных ступеней. Конструкция газогенератора и переходного устройства КРПДТ. Назначение переходного устройства. Материалы элементов конструкции КРПД и их свойства. Требования предъявляемые к материалам конструкции КРПД. | 27 | 10 | 4 | 6 | 17 | 20 |
| Всего за 10 семестр | | | 108 | 34 | 17 | 17 | 74 | 100 |
| Всего по дисциплине | | | 108 | 34 | 17 | 17 | 74 | 100 |

3.2. Аудиторный практикум

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Тема практического занятия | Объем, ауд. часов |
|-------|--|---|-------------------|
| 1 | Раздел 1. Введение в дисциплину. | Обобщенная методика расчёта параметров рабочего процесса и характеристик двигателя для комбинированной силовой установки | 2 |
| 2 | Раздел 2. Турбопрямоточные двигатели. | Методы расчета прочностных характеристик элементов конструкции прямоточного контура турбопрямоточных двигателей, выбор критериев и запасов прочности и устойчивости | 3 |
| 3 | Раздел 3. Ракетно-турбинные двигатели. | Методика расчета пароводородной турбины для ракетно-турбинного двигателя с подбором числа ступеней | 3 |
| 4 | Раздел 4. Ракетно-прямоточные двигатели на жидком топливе. | Конструктивные схемы и параметры жидкостно-воздушных реактивных двигателей | 3 |
| 5 | Раздел 5. Ракетно-прямоточные | Расчёт характеристик газогенератора: давления и суммарной площади выходных сечений в зависимости от заданного расхода | 3 |

| | | | |
|----------------------------|-------------------------------|--|-----------|
| | двигатели на твёрдом топливе. | продуктов газогенерации (для разных температур заряда твёрдого топлива) | |
| 6 | | Методика расчёта расходных характеристик маршевого РПДТ с нерегулируемыми ВЗУ и соплом | 3 |
| Всего за 10 семестр | | | 17 |

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Содержание учебного задания | Объем, часов |
|---------------------|---|---|-----------------|
| 1 | Раздел 1. Введение в дисциплину. | Подготовка к практическому занятию | 4 |
| 2 | | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. | 6 |
| 3 | Раздел 2. Турбопрямоточные двигатели. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. | 10 |
| 4 | | Подготовка к практическому занятию | 6 |
| 5 | Раздел 3. Ракетно-турбинные двигатели. | Подготовка к практическому занятию | 4 |
| 6 | | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. | 10 |
| 7 | Раздел 4. Ракетно-прямоточные двигатели на жидком топливе. | Подготовка к практическому занятию | 4 |
| 8 | | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. | 13 |
| 9 | Раздел 5. Ракетно-прямоточные двигатели на твёрдом топливе. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. | 13 |
| 10 | | Подготовка к практическому занятию | 4 |
| Всего за 10 семестр | | | 74 |

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 |
| 10 | ВРЗД, КПос | ВРЗД, КПос | ВРЗД, КПос | ВРЗД, КПос | ВРЗД, КПос, ИПЗ | ДР | ВРЗД, КПос | ВРЗД, КПос | ВРЗД, КПос, ИПЗ | ДР | ВРЗД, КПос | ВРЗД, КПос | ВРЗД, КПос, ИПЗ | ВРЗД, КПос | ВРЗД, КПос | ДР | ВРЗД, КПос, Вопр. Экз, ИПЗ |

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВРЗД – вопросы по разделу;
- КПос – контроль посещаемости;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание.

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

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- контроль посещаемости;
- вопросы к экзамену;
- индивидуальное практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. П. Васильев, В. М. Кудрявцев, В. А. Кузнецов. . Основы теории и расчёта жидкостных ракетных двигателей. М.: Высш. шк., 1983, 88 экз.
2. Б. В. Обносов, В. А. Сорокин, Л. С. Яновский. . Конструкция и проектирование комбинированных ракетных двигателей на твердом топливе. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012, эл. рес.
3. В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегаллин, А. П. Тишин. . Теория ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1989, 106 экз.
4. В. М. Акимов, В. И. Бакулев, Р. И. Курзинер. . Теория и расчёт воздушно-реактивных двигателей. М.: Машиностроение, 1987, 15 экз.
5. И. Н. Гречух, Л. И. Гречух. . Жидкостные ракетные двигатели. Омск: ОмГТУ, 2017, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

1. Вестник воздушно-космической обороны;
2. Вопросы оборонной техники. Серия 16.

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

1. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2/> - Библиотека "ВОЕНМЕХ"; — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://e.lanbook.com/> - ЭБС "Лань";;
3. <https://ibooks.ru/> - ЭБС "Айбукс";;
4. <https://e.lanbook.com/> - ЭБС "Лань";
5. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Библиотечно-издательский центр БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

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:

не требуется.

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. Интерактивная доска;
3. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся.

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 **КОМБИНИРОВАННЫЕ ДВИГАТЕЛИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.02 *Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-6 Способен проводить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующей ракетно-космической техники и их элементов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением вариантов конструкций, основных характеристик, особенностей применения и перспектив развития комбинированных двигателей летательных аппаратов.

Задачи дисциплины:

- изучение передовых направлений развития техники и технологии проектирования и создания двигателей
- изучение основных конструктивных элементов комбинированных реактивных двигателей (КРД);
- изучение особенностей процессов, протекающих в КРД;
- формирование навыков расчёта КРД;
- овладение методологией проектирования комбинированных реактивных двигателей летательных аппаратов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- контроль посещаемости;
- вопросы к экзамену;
- индивидуальное практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 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. Введение в дисциплину. | | |
| Подготовка к практическому занятию | И. Н. Гречух, Л. И. Гречух. . Жидкостные ракетные двигатели: Омск: ОмГТУ, 2017 (1-2) В. М. Акимов, В. И. Бакулев, Р. И. Курзинер. . Теория и расчёт воздушно-реактивных двигателей: М.: Машиностроение, 1987 (1-18) | 4 |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. | | 6 |
| Итого по разделу 1 | | 10 |
| Раздел 2. Турбопрямоточные двигатели. | | |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. | В. М. Акимов, В. И. Бакулев, Р. И. Курзинер. . Теория и расчёт воздушно-реактивных двигателей: М.: Машиностроение, 1987 (7-18) | 10 |
| Подготовка к практическому занятию | | 6 |
| Итого по разделу 2 | | 16 |
| Раздел 3. Ракетно-турбинные двигатели. | | |
| Подготовка к практическому занятию | В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегалин, А. П. Тишин. . Теория ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (все) В. М. Акимов, В. И. Бакулев, Р. И. Курзинер. . Теория и расчёт воздушно-реактивных двигателей: М.: Машиностроение, 1987 (все) | 4 |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. | | 10 |
| Итого по разделу 3 | | 14 |
| Раздел 4. Ракетно-прямоточные двигатели на жидком топливе. | | |
| Подготовка к практическому занятию | В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегалин, А. П. Тишин. . Теория ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (16-28) А. П. Васильев, В. М. Кудрявцев, В. А. Кузнецов. . Основы теории и расчёта жидкостных ракетных двигателей: М.: Высш. шк., 1983 (1-10) | 4 |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. | | 13 |
| Итого по разделу 4 | | 17 |
| Раздел 5. Ракетно-прямоточные двигатели на твёрдом топливе. | | |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. | В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегалин, А. П. Тишин. . Теория ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (29-42) Б. В. Обносов, В. А. Сорокин, Л. С. Яновский. . Конструкция и проектирование комбинированных | 13 |
| Подготовка к практическому занятию | | 4 |

| | | |
|--|--|----|
| | ракетных двигателей на твердом топливе: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012 (1-6) | |
| | Итого по разделу 5 | 17 |

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы по разделу;
- контроль посещаемости;
- индивидуальное практическое задание;
- вопросы к экзамену;
- 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.

Вопросы по разделу

Вопросы по разделу предназначены для контроля текущей успеваемости студентов и их самоконтроля.

Перечень вопросов по разделу соответствует перечню вопросов к экзамену в части, касающейся тематики конкретного раздела

Контроль посещаемости

Контроль посещаемости осуществляется на каждом занятии.

Индивидуальное практическое задание

Выполнение индивидуального задания по расчету узлов КРД в рамках практических занятий

Вопросы к экзамену

1. Понятие о комбинированных двигателях;
2. Виды комбинированных двигателей;
3. Область применения комбинированных двигателей;
4. Турбопрямоточный двигатель: принцип действия;
5. Турбопрямоточный двигатель: достоинства и недостатки;
6. Ракетно-прямоточный двигатель: принцип действия;
7. Ракетно-прямоточный двигатель: достоинства и недостатки;
8. Пароводородный ракетно-турбинный двигатель: принцип действия;
9. Пароводородный ракетно-турбинный двигатель: достоинства и недостатки;
10. Комбинированные двигатели с РДТТ: принцип действия;
11. Комбинированные двигатели с РДТТ: достоинства и недостатки;
12. Возможности повышения температуры цикла ракетно-турбинного двигателя;
13. Возможности повышения температуры цикла ракетно-прямоточного двигателя;
14. Ракетно-прямоточные двигатели на основе ЖРД: принцип действия;
15. Ракетно-прямоточные двигатели на основе РДТ: принцип действия;
16. Сравнение ракетно-прямоточных двигателей на основе ЖРД и РДТТ, их достоинства и недостатки;
17. Преимущества и недостатки ракетно-прямоточного двигателя по сравнению с ракетным двигателем;
18. Ракетно-турбинный двигатель с системой сжижения: принцип действия;
19. Ракетно-турбинный двигатель с системой сжижения: достоинства и недостатки.
20. Достоинства и недостатки комбинированных двигателей.

Экзамен

Экзамен предполагает ответы студента на 2 теоретических вопроса из билета.

Оценивается полнота и правильность ответа на вопросы.

Оценка «удовлетворительно»: полнота ответа на вопросы : не менее 50% по каждому вопросу.

Оценка «хорошо»: полнота ответа на вопросы: не менее 80% по каждому вопросу.

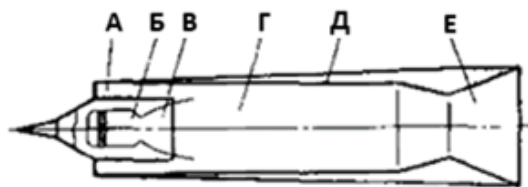
Оценка «отлично»: полнота ответа на вопросы: не менее 80% по каждому вопросу, ответы на 2-3 дополнительных вопроса из списка со степенью полноты ответа не менее 50% по каждому.

| 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 | | ПК-6 | |
| 5 | 10 | Раздел 1. Введение в дисциплину. | 14 | 4 | 2 | 2 | 10 | 20 | Вопросы по разделу, Контроль посещаемости |
| 5 | 10 | Раздел 2. Турбопрямоточные двигатели. | 23 | 7 | 4 | 3 | 16 | 20 | Вопросы по разделу, Контроль посещаемости, Индивидуальное практическое задание |
| 5 | 10 | Раздел 3. Ракетно-турбинные двигатели. | 20 | 6 | 3 | 3 | 14 | 20 | Вопросы по разделу, Контроль посещаемости, Индивидуальное практическое задание |
| 5 | 10 | Раздел 4. Ракетно-прямоточные двигатели на жидком топливе. | 24 | 7 | 4 | 3 | 17 | 20 | Вопросы по разделу, Контроль посещаемости, Индивидуальное практическое задание |
| 5 | 10 | Раздел 5. Ракетно-прямоточные двигатели на твёрдом топливе. | 27 | 10 | 4 | 6 | 17 | 20 | Вопросы по разделу, Вопросы к экзамену, Контроль посещаемости, Индивидуальное практическое задание |
| Всего за 10 семестр | | | 108 | 34 | 17 | 17 | 74 | 100 | |
| Всего по дисциплине | | | 108 | 34 | 17 | 17 | 74 | 100 | |

**Оценочные материалы по дисциплине КОМБИНИРОВАННЫЕ ДВИГАТЕЛИ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

ПК-6 - Способен проводить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующей ракетно-космической техники и их элементов

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Назовите основное преимущество ракетно-прямоточного двигателя с отдельными камерами смешения и горения перед ракетно-прямоточным двигателем с совмещенной камерой смешения и горения.
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Что является основным недостатком составных силовых установок, в которых предусмотрена последовательная работа различных типов двигателей?
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие
Установите соответствие между типом комбинированного двигателя и характерным для него устройством дополнительного сжатия воздуха:
- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. ракетно-прямоточный двигатель | А. турбореактивный двигатель |
| 2. турбопрямоточный двигатель | Б. струйный нагнетатель (эжектор) |
| 3. ракетно-турбинный двигатель | В. компрессор |
| | Г. вентилятор |
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Преимущества каких силовых установок реализованы в турбопрямоточном двигателе?
1. жидкостный ракетный двигатель;
 2. турбореактивный двигатель;
 3. прямоточный воздушно-реактивный двигатель;
 4. трубодизельный поршневой двигатель.
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Преимущества каких силовых установок реализованы в ракетно-турбинном двигателе?
1. жидкостный ракетный двигатель;
 2. прямоточный воздушно-реактивный двигатель;
 3. турбореактивный двигатель;
 4. трубодизельный поршневой двигатель.
- № 6 Прочитайте текст и установите соответствие
Сопоставьте элементы конструкции ракетно-прямоточного двигателя с совмещенной камерой смешения и горения с их номерами на схеме:



1. корпус прямоточного контура

2. воздухозаборник

3. камера смешения и сгорания

№ 7 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите верную последовательность процессов в ракетном цикле ракетно-турбинного двигателя со смешением потоков:

1. расширение продуктов сгорания в реактивном сопле.

2. расширение на турбине

3. повышение давления в камере газогенератора

4. теплоподвод в камере сгорания

5. теплоподвод в газогенераторе

6. смешение с воздухом при примерно постоянном давлении

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

Какие преимущества имеет использование жидкого ракетного топлива в ракетно-прямоточном двигателе в сравнении с твердым ракетным топливом?

1. возможность длительного хранения изделия в подготовленном состоянии;

2. упрощение конструкции двигателя ;

3. возможность достижения максимальных значений удельного импульса на всей траектории полёта;

4. достижение максимальной экономичности в условиях малых (дозвуковых) скоростей полёта.

№ 9 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите правильную последовательность расчета удельных параметров комбинированных двигателей для заданных режимов полета и работы двигателя:

1. Определение теплосодержания продуктов сгорания на выходе из комбинированного двигателя

2. Определение скорости истечения, удельных тяги и импульса тяги

3. Определение отношения давлений в реактивном сопле

4. Анализ исходных данных для определения режимов полета и работы двигателя

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

Выберите из списка основное преимущество ракетно-прямоточного двигателя с отдельными камерами смешения и сгорания перед ракетно-прямоточным двигателем с совмещенной камерой смешения и сгорания.

1. простота конструкции;

2. лучшие массогабаритные характеристики;

3. большая эффективность организации рабочего процесса;

4. надежность конструктивной схемы.

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

В каком из комбинированных двигателей для повышения эффективности работы используется высокая энергоемкость подогретого водорода, но не используется хладоресурс водородного топлива?

1. ракетно-прямоточный двигатель с совмещенной камерой смешения и горения;
2. пароводородный ракетно-турбинный двигатель;
3. турбопрямоточный двигатель на базе одноконтурного двигателя;
4. ракетно-турбинный двигатель с системой сжижения воздуха.

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

Какие преимущества имеет использование твердого ракетного топлива в ракетно-прямоточном двигателе в сравнении с жидким ракетным топливом?

1. упрощение конструкции двигателя
2. возможность достижения максимальных значений удельного импульса на всей траектории полёта
3. возможность длительного хранения изделия в подготовленном состоянии
4. обеспечение эффективного управления режимами работы двигателя в полёте