

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**  
**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 Юнаков Л. П.  
 (подпись) ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДВИГАТЕЛИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Направление/специальность подготовки	24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
Специализация/профиль/программа подготовки	Моделирование и информационные технологии проектирования ракетно-космических систем
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ
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	
3	6	3	108	34	17	17	0	74	0	0	74	зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ \_\_\_\_\_

Киришина Алёна Андреевна, старший преподаватель

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

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф. \_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **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:

ПСК-11 — способность анализировать состояние и перспективы развития ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-11**

*знания:*

Комплекс характеристик, определяющих технико-экономические, эксплуатационные и экологические характеристики ДУ;

потребности, основные способы и ресурсы повышения технико-экономических, эксплуатационных и экологических характеристик ДУ;

способы оптимизации параметров эффективности ДУ с учётом вариативности их агрегатного состава, схемных решений, назначения и условий эксплуатации;;

*умения:*

оценка основных энергетических характеристик ДУ с учётом вариативности их назначения, схемных решений, состава рабочих топливных композиций;;

*навыки:*

обоснования выбора и разработки вариантов схемных решений ДУ с учётом вариативности их назначения, базовых рабочих параметров, состава рабочих топливных композиций;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ДВИГАТЕЛИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **части**, формируемой участниками образовательных отношений блока 1, программы подготовки по направлению 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, УСТРОЙСТВО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАКЕТНЫХ СИСТЕМ, ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА ПУСКОВЫХ УСТАНОВОК.**

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 для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-6 — Способен осуществлять критический анализ научных достижений в области авиационной и ракетно-космической техники
- ОПК-7 — Способен критически и системно анализировать достижения ракетостроения и космонавтики, способы их применения в профессиональном контексте
- ПСК-11 — Способен анализировать состояние и перспективы развития ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений
- УК-6 — Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни

### 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	Лабораторный практикум		ПСК-11
3	6	<b>Раздел 1. Энергетические основы рабочего процесса в реактивных двигателях.</b> 1.1. Тяга ракетного двигателя и удельная адиабатическая работа. Анализ формулы тяги. Удельный импульс, расходный комплекс, тяговый комплекс. Система импульсных коэффициентов потерь. 1.2. Классификация реактивных двигателей.	2	2	2	0	0	20
3	6	<b>Раздел 2. Химические топлива.</b> 2.1. Классификация ракетных топлив. Требования к ракетным топливам. 2.2. Соотношение компонентов топлива 2.3. Жидкие ракетные топлива. Характеристика основных окислителей и горючих. Применяемые топливные композиции, области их применения, характеристики. 2.4. Взаимосвязь параметров ракеты и двигателя. Влияние характеристик топлива на параметры ракеты. Оценка эффективности топлив. Сравнительные характеристики и области применения ЖРТ.	2	2	2	0	0	10
3	6	<b>Раздел 3. Основные элементы ЖРД. Схемы систем подачи топлива в камеру ЖРД. Схемы ЖРД с дожиганием и без дожигания газогенераторных газов.</b> Состав ЖРД и его основные элементы. Схемы подачи топлива в камеру ЖРД (вытеснительная и насосная). Открытая и закрытая схемы ЖРД. Область применения и основные параметры. Методика расчета энергетического баланса.	32	7	2	5	25	10
3	6	<b>Раздел 4. Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания и газогенераторов РД.</b> Формы камер сгорания. Процесс смесеобразования компонентов в форсуночной головке. Основные типы форсунок для схем «газ-газ», «газ-жидкость». Компоновка форсунок. Конструкция газогенератора. Однозонный, двухзонный газогенератор. Газогенераторы работающие на окислительном и восстановительном газе, сравнение. Виды охлаждения камеры сгорания и газогенератора. Охлаждение и теплозащита. Требования к охлаждающим жидкостям. Конструктивные особенности трактов охлаждения.	35	10	4	6	25	20
3	6	<b>Раздел 5. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы ТНА.</b> Турбонасосный агрегат, назначение. Виды компоновки ТНА: однороторный, многороторный; редукторный, безредукторный. Классификация турбин РД. Основные характеристики. Классификация насосов по конструкции: тангенциальный, осевой, центробежный, шнекоцентробежный. Основные характеристики для насосов. Понятие кавитации. Режим срыва работы для разного типа насосов. Способы повышения давления на входе в насос для борьбы с кавитацией. Уплотнения, применяемые в ТНА для устранения утечек. Виды уплотнений: контактные, бесконтактные. Конструкция, принцип действия, материалы уплотнений.	35	11	5	6	24	20
3	6	<b>Раздел 6. Основные элементы систем автоматики двигателей. Принцип работы и устройства.</b> Регулирование ЖРД. Система стабилизации соотношения компонентов – назначение, принцип действия, основной исполнительный орган. Система синхронного опорожнения баков. Система регулирования камеры сгорания. Управление вектором тяги.	2	2	2	0	0	20
Всего за 6 семестр			108	34	17	17	74	100
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100

#### 3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 3. Основные элементы ЖРД. Схемы систем подачи топлива в камеру ЖРД. Схемы ЖРД с дожиганием и без дожигания газогенераторных газов.	Изучение конструкции и принципа действия основных агрегатов многокамерной двигательной установки первой ступени баллистической ракеты и ракетносителя.	5
2	Раздел 4. Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания и газогенераторов РД.	Изучение конструкции и принципа действия основных агрегатов двигательной установки ракетносителя с дожиганием генераторного газа.	6
3	Раздел 5. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы ТНА.	Изучение конструкции и принципа действия основных агрегатов двигательной установки с глубоким дросселированием тяги.	6
Всего за 6 семестр			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов

1	Раздел 3. Основные элементы ЖРД. Схемы систем подачи топлива в камеру ЖРД. Схемы ЖРД с дожиганием и без дожигания газогенераторных газов.	Подготовка к лабораторному занятию: изучение пневмогидравлической схемы двигателя.	11
2		Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.	14
3	Раздел 4. Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания и газогенераторов РД.	Подготовка к лабораторному занятию: изучение пневмогидравлической схемы двигателя.	11
4		Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.	14
5	Раздел 5. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы ТНА.	Подготовка к лабораторному занятию: изучение пневмогидравлической схемы двигателя.	11
6		Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.	13
Всего за 6 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
<b>6</b>					Собес	ДР			Собес	ДР					Собес	ДР	зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Собес – собеседование;
- зач. – зачет.

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

- диагностическая работа;
- собеседование.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Левихин, Л. П. Юнаков. . Рабочие тела и топлива ракетных двигателей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 24 экз.
2. Б. Т. Ерохин. . Теория и проектирование ракетных двигателей. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
3. Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин. . Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1989, 24 экз.
4. Д. Г. Кравченко, А. А. Киршина. . Устройство двигателя РД-0204 (8Д44). СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, эл. рес.
5. Д. Г. Кравченко, Ю. В. Анискевич, А. М. Лабанова. . Устройство двигателя РД-107. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 81 экз.
6. М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016, эл. рес.
7. Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 26 экз.
8. Ю. В. Анискевич, Д. Г. Кравченко, А. М. Лабанова. . Устройство двигателя 5Д67. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 77 экз.
9. Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Проектирование внутрикамерных процессов и охлаждение двигателей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.
10. Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Внутрикамерные процессы в жидкостных ракетных двигателях. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 24 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — 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](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. Лабораторные занятия:**

1. Препарированные натурные образцы отдельных элементов РД.;
2. Проектор.

### **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 **ДВИГАТЕЛИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-11 способность анализировать состояние и перспективы развития ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с разнообразием типов схемных и конструктивных решений двигательных установок (ДУ), определяющих принципы обоснования параметров, способы обеспечения достижимых уровней эксплуатационной надёжности, экологических характеристик, комплексной оптимизации параметров их технико-экономической эффективности ДУ как сложной технической системы с учетом их назначения и конкретных условий эксплуатации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- собеседование.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**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.
<b>Раздел 3. Основные элементы ЖРД. Схемы систем подачи топлива в камеру ЖРД. Схемы ЖРД с дожиганием и без дожигания газогенераторных газов.</b>		
Подготовка к лабораторному занятию: изучение пневмогидравлической схемы двигателя.	М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (1, 2) Д. Г. Кравченко, Ю. В. Анискевич, А. М. Лабанова. . Устройство двигателя РД-107: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1-5)	11
Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.	Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин. . Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (1, 2)	14
Итого по разделу 3		25
<b>Раздел 4. Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания и газогенераторов РД.</b>		
Подготовка к лабораторному занятию: изучение пневмогидравлической схемы двигателя.	М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (4, 5) Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (5, 6) Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин. . Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (5, 6)	11
Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.	Д. Г. Кравченко, А. А. Киришина. . Устройство двигателя РД-0204 (8Д44): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1-4) Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Проектирование внутрикамерных процессов и охлаждение двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1, 2) Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Внутрикамерные процессы в жидкостных ракетных двигателях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1-4)	14
Итого по разделу 4		25
<b>Раздел 5. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы ТНА.</b>		
Подготовка к лабораторному занятию: изучение	Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (7)	11

пневмогидравлической схемы двигателя.	Ю. В. Анискевич, Д. Г. Кравченко, А. М. Лабанова. . Устройство двигателя 5Д67: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (1-7) Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин. . Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (7) М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (6)	
Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.		13
Итого по разделу 5		24

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- собеседование;
- зачет.

### 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.

#### Собеседование

Собеседование проводится при защите двигателя. Оценивается способность обучающегося найти и показать основные элементы двигательной установки на ПГС и на натурном образце, суметь объяснить их принцип действия, знать основные характеристики двигательной установки, способность объяснить циклограмму работы. Собеседование успешно пройдено, если обучающийся правильно ответил более чем на 60% вопросов преподавателя.

Примерный перечень вопросов на защиту двигателя:

1. Рассказать о назначении двигателя.
2. Рассказать о составе двигателя, указать расположение всех узлов на ПГС.
3. Доложить о свойствах и характеристиках топливных компонентов.
4. Доложить значения параметров двигателя.
5. Какие параметры двигателя в каких пределах регулируются?
6. Указать на ПГС все элементы, указать их назначение.
7. Описать работу агрегатов при запуске и переходных режимах.
9. Описать работу агрегатов при останове двигателя.
10. Рассказать о камере сгорания: состав, основные характеристики, работа.
11. Какие особенности имеет система смесеобразования в этом двигателе?
12. Какие особенности охлаждения камеры и ГГ имеются у этого двигателя?
13. Описать основные особенности ТНА: назначение, состав, основные характеристики.
14. Из каких элементов состоит система уплотнений ТНА, как они работают?
15. Какие характеристики имеют турбина, НОК и НГ?
16. Как устроен ГГ: какие имеет характеристики?
17. Какие на этом двигателе используются агрегаты управления, регулирования, контроля?
18. Рассказать устройство, особенности конструкции и характеристики регулятора расхода.
19. Рассказать, как работает регулятор.
20. Как устроен и как работает дроссель – регулятор СОБ?
21. Как устроены и как работают клапаны пуска, какие у них назначения.
22. Как устроен и как работают клапан воздуха, какое у него назначение.
23. Как устроен и как работают клапан окислителя, какое у него назначение.
24. Как устроен и как работают клапан отсечки горючего от ГГ, какое у него назначение.
25. Как устроен и как работают клапан отсечки горючего от КС, какое у него назначение.

#### Зачет

Зачёт выставляется при условии положительной защиты всех изучаемых двигателей и успешном написании всех диагностических работ.

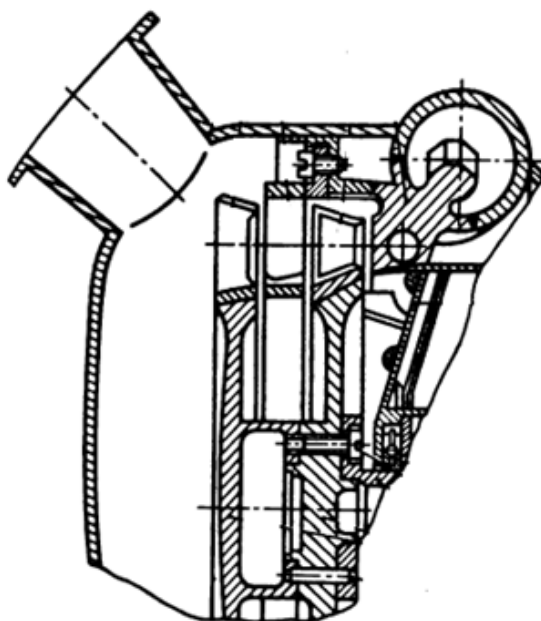
КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПСК-11	
3	6	Раздел 1. Энергетические основы рабочего процесса в реактивных двигателях.	2	2	2	0	0	20	Собеседование
3	6	Раздел 2. Химические топлива.	2	2	2	0	0	10	Собеседование
3	6	Раздел 3. Основные элементы ЖРД. Схемы систем подачи топлива в камеру ЖРД. Схемы ЖРД с дожиганием и без дожигания газогенераторных газов.	32	7	2	5	25	10	Собеседование
3	6	Раздел 4. Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания и газогенераторов РД.	35	10	4	6	25	20	Собеседование
3	6	Раздел 5. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы ТНА.	35	11	5	6	24	20	Собеседование
3	6	Раздел 6. Основные элементы систем автоматики двигателей. Принцип работы и устройства.	2	2	2	0	0	20	Собеседование
Всего за 6 семестр			108	34	17	17	74	100	
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-11

*Вопросы открытого типа:*

- № 1 Назовите возможные способы существенного увеличения эффективности ракетных двигателей, использующих химическую энергию топлива. Запишите развёрнутый обоснованный ответ.
- № 2 Назовите тип охлаждения, применяемый в некоторых современных двигателях верхних ступеней ракет-носителей и характеризующийся отсутствием охлаждающего тракта у части сопла
- № 3 Какая современная технология позволяет изготавливать тракт охлаждения камеры двигателя за одну технологическую операцию?
- № 4 Давление в камере сгорания современных ракетных двигателей с закрытой схемой подачи достигает 30 МПа. Чему примерно равно давление в газогенераторе такого двигателя, если перепад на турбине составляет 2,0? Выберите правильный ответ и аргументируйте его.
- А. 60 МПа
- Б. 15 МПа
- В. 32 МПа
- № 5 Перечислите возможные варианты схем подачи для наиболее распространенной топливной пары современных ракет-носителей «кислород (ж) – керосин».
- № 6 При проектировании камеры двигателя, работающей на жидких компонентах топлива, для достижения максимальной энергоэффективности (удельного импульса) применяют ядровые форсунки каких типов? Выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа .
1. центробежные двухкомпонентные форсунки с внешним смещением
  2. центробежные двухкомпонентные форсунки с внутренним смещением
  3. однокомпонентные центробежные форсунки
  4. струйные однокомпонентные форсунки
- № 7 Какие формы трактов охлаждения камеры ракетного двигателя рекомендуется использовать, чтобы увеличить теплосъем и прочность камеры ракетного двигателя? Выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа .
1. гофрированная проставка
  2. фрезерованный канал
  3. щелевой канал по выштамповкам
  4. щелевой канал
  5. комбинированный канал
- № 8 Электроракетные двигатели обладают очень высоким удельным импульсом. Что ограничивает их широкое применение?
- № 9 Ниже представлены типы охлаждающих трактов, используемые в ракетных двигателях . Напишите для какого элемента ракетного двигателя их чаще всего применяют. Аргументируйте свой выбор.
- гладкая щель с выштамповками
  - фрезерованный канал
  - гофрированная проставка
  - комбинированный канал
- № 10 Какого типа турбина представлена на схеме? Выберите правильные ответы, запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа .



1. Осевая турбина
2. Центробежная турбина
3. Центробежная турбина
4. Одноступенчатая
5. Двухступенчатая

*Вопросы закрытого типа:*

- № 1 Расположите варианты схем насосной подачи компонентов ЖРД в порядке увеличения максимально возможного значения давления в камере:
- А - Жидкость + жидкость
- Б - Жидкость + газ
- В - Газ + газ
- № 2 Для каких схем подачи компонентов отсутствуют потери основных или дополнительных компонентов?
1. Вытеснительная
  2. Открытая турбонасосная
  3. Закрытая турбонасосная
  4. Схема с ЭНА
- № 3 Для какой схемы подачи компонентов оптимальная величина давления в камере ограничена потерями компонента на привод турбины?
1. Вытеснительная
  2. Открытая турбонасосная
  3. Закрытая турбонасосная
  4. Схема с ЭНА
- № 4 Автономный двигатель – это ....
1. двигатель, расположенный вне транспортного устройства;
  2. двигатель, источник энергообеспечения которого расположен непосредственно на борту транспортного устройства (летательного аппарата);
  3. двигатель, массо- и энергообеспечение рабочего процесса которого производится из источников, располагаемых непосредственно в составе транспортного устройства (летательного аппарата);
  4. двигатель, источник массообеспечения которого расположен непосредственно на борту транспортного устройства (летательного аппарата);



аппарата).

- № 5 Ракетный двигатель – это ...
1. автономный реактивный двигатель;
  2. двигатель, использующий для обеспечения направленного выброса рабочего тела в окружающее пространство и получение таким образом тяги энергию химических связей - химическую;
  3. двигатель, функционирование которого возможно лишь при наличии окружающей среды;
  4. двигатель не прямой реакции.
- № 6 Укажите максимальную достижимую скорость истечения реактивной струи (м/с) для реактивных двигателей на различных видах энергии:
- 1 – Химические реактивные двигатели
- 2 – Ядерные реактивные двигатели
- 3 – Электроплазменные двигатели
- А - 6 000 м/с
- Б - 70 000 м/с
- В - 100 000 м/с
- № 7 Перечислите формы трактов охлаждения в порядке ухудшения теплоотдачи от стенки к охлаждающей жидкости
- А. Гладкий щелевой канал
- Б. Фрезерованный канал
- В. Гофрированная проставка
- № 8 В чем особенность регулирования по тяге жидкостного ракетного двигателя открытой схемы (схемы без дожигания генераторного газа)?  
Условие: ракетный двигатель должен регулироваться по тяге в широком диапазоне. И иметь максимальное значение удельного импульса на всём участке траектории полёта.
- Выберите правильные ответы.
- в газогенераторе поддерживается одинаковое соотношение компонентов
- в камере поддерживается одинаковое соотношение компонентов
- регулирование по тяге осуществляется за счёт изменения температуры генераторного газа
- № 9 Приведите соответствие схемы подачи компонентов и наиболее подходящего для них типа турбины?
- А – турбонасосная «без дожигания»
- Б – турбонасосная «с дожиганием»
- 1 - Высокоперепадная, активная
- 2 - Низкоперепадная, реактивная
- 3 - Высокоперепадная, реактивная
- 4 - Низкоперепадная, активная
- № 10 При условии, что компоненты камеры ракетного двигателя - газообразный окислитель и жидкое горючее, то для достижения максимального значения удельного импульса какой должна быть компоновка смесительной головки?

1. Концентрическое расположение ядровых двухкомпонентных газожидкостных форсунок
2. Шахматное расположение ядровых однокомпонентных струйных форсунок
3. Концентрическое расположение ядровых однокомпонентных струйных форсунок
4. Сотовое расположение ядровых двухкомпонентных газожидкостных форсунок