

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Цифровые технологии проектирования и конструирования ракетных систем
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космическая техника
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	5	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)

**24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика**

год набора группы: 2026

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 Саваровский А.А., к.т.н. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

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

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ЭНЕРГОСИСТЕМЫ**

## **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-8.2 — Способен применять математические методы для создания цифровых моделей и проведения анализа функционирования ракетных систем

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-8.2**

*знания:*

Совокупность характеристик, определяющих технико-экономические, эксплуатационные и экологические параметры двигателей и двигательных установок;

Основные направления, способы улучшения технико-экономических, эксплуатационных и экологических показателей двигателей и двигательных установок;

Методы оптимизации эффективности работы двигателей и двигательных установок с учетом изменчивости их конструктивного исполнения, схемных решений, функционального назначения и условий эксплуатации.;

*умения:*

Анализ и оценка ключевых энергетических показателей двигателей и двигательных установок с учетом их функционального назначения, принятых схемных решений и состава используемых рабочих топливных смесей.;

*навыки:*

Обоснование выбора и разработки различных схемных решений для двигателей и двигательных установок, с учетом их функционального назначения, основных рабочих параметров и состава используемых топливных композиций..

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ЭНЕРГОСИСТЕМЫ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТЕРМОДИНАМИКА, ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА, ФИЗИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ, ТЕОРИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ, ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАКЕТНЫХ СИСТЕМ**.

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
- ОПК-2 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-3 — Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил

### 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		ПК-8.2
3	5	<b>Раздел 1. Энергетические основы рабочего процесса в реактивных двигателях.</b> Тяга ракетного двигателя и удельная адиабатическая работа. Анализ формулы тяги. Удельный импульс, расходный комплекс, тяговый комплекс. Система импульсных коэффициентов потерь. Классификация реактивных двигателей.	2	2	2	0	0	20
3	5	<b>Раздел 2. Химические топлива.</b> Классификация ракетных топлив. Требования к ракетным топливам. Эквивалентная формула компонента и топлива, соотношение компонентов топлива, плотность топлива. Жидкие ракетные топлива. Характеристика основных окислителей и горючих. Применяемые топливные композиции, области их применения, характеристики. 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	5	<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	20
3	5	<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	5	<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	5	<b>Раздел 6. Основные элементы систем автоматизации 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	10
Всего за 5 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 5 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.	10
6		Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.	14
Всего за 5 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
5					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. Б. Т. Ерохин. . Теория и проектирование ракетных двигателей. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
2. Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин. . Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1989, 24 экз.
3. Д. Г. Кравченко, А. А. Киршина. . Устройство двигателя РД-0204 (8Д44). СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, 65 экз.
4. Д. Г. Кравченко, Ю. В. Анискевич, А. М. Лабанова. . Устройство двигателя РД-107. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 81 экз.
5. М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016, эл. рес.
6. Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 26 экз.
7. Ю. В. Анискевич, Д. Г. Кравченко, А. М. Лабанова. . Устройство двигателя 5Д67. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 77 экз.
8. Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Внутрикамерные процессы в жидкостных ракетных двигателях. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 24 экз.
9. Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Проектирование внутрикамерных процессов и охлаждение двигателей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.

### 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 — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <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](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;
3. Макеты ЖРД (РД-107, 8Д44, 5Д12, РД-253).

### **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 **ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ЭНЕРГОСИСТЕМЫ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. 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-8.2 Способен применять математические методы для создания цифровых моделей и проведения анализа функционирования ракетных систем.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с разнообразием типов схемных и конструктивных решений двигательных установок и энергетических систем, определяющих принципы обоснования параметров, способы обеспечения достижимых уровней эксплуатационной надёжности, экологических характеристик, комплексной оптимизации параметров их технико-экономической эффективности энергосистемы 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) Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин. . Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (1, 2)	11
Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.	Д. Г. Кравченко, Ю. В. Анискевич, А. М. Лабанова. . Устройство двигателя РД-107: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1-5)	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.	Д. Г. Кравченко, А. А. Киришина. . Устройство двигателя РД-0204 (8Д44): СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1-4) М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (4, 5) Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Внутрикамерные процессы в жидкостных ракетных двигателях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1-4)	11
Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.	Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы устройства и теории ЖРД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (5, 6) Ю. Н. Филимонов, Ю. В. Анискевич. . Проектирование внутрикамерных процессов и охлаждение двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1, 2) Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин. . Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (5, 6)	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)	10

пневмогидравлической схемы двигателя.	Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин. . Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (7)	
Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.	М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (6) Ю. В. Анискевич, Д. Г. Кравченко, А. М. Лабанова. . Устройство двигателя 5Д67: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (1-7)	14
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

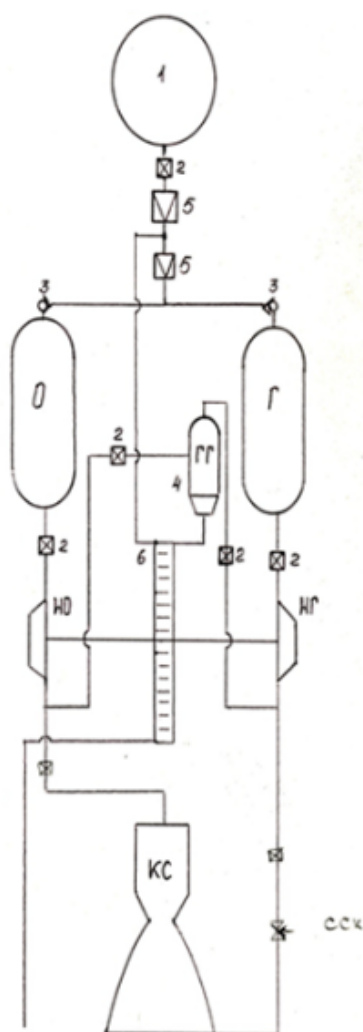
Зачёт выставляется при условии положительной защиты всех изучаемых двигателей и успешном написании всех диагностических работ.

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		ПК-8.2	
3	5	Раздел 1. Энергетические основы рабочего процесса в реактивных двигателях.	2	2	2	0	0	20	Собеседование
3	5	Раздел 2. Химические топлива.	2	2	2	0	0	10	Собеседование
3	5	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	20	Собеседование
3	5	Раздел 4. Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания и газогенераторов РД.	35	10	4	6	25	20	Собеседование
3	5	Раздел 5. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы ТНА.	35	11	5	6	24	20	Собеседование
3	5	Раздел 6. Основные элементы систем автоматики двигателей. Принцип работы и устройства.	2	2	2	0	0	10	Собеседование
Всего за 5 семестр			108	34	17	17	74	100	
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	

## Оценочные материалы по дисциплине ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

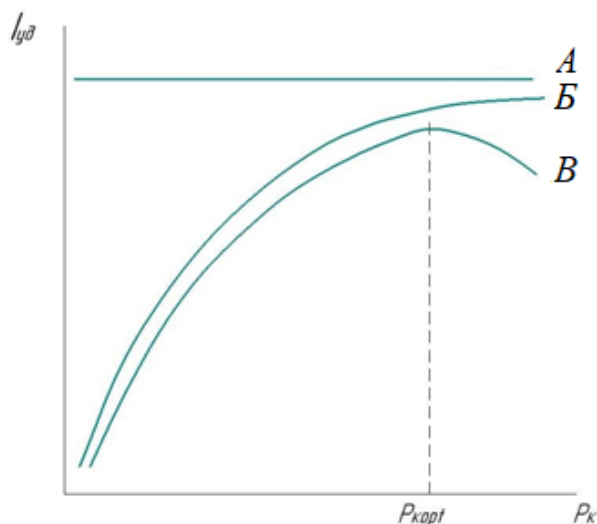
### ПК-8.2 - Способен применять математические методы для создания цифровых моделей и проведения анализа функционирования ракетных систем

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Какую схему целесообразно использовать для жидкостного ракетного двигателя первой ступени баллистической ракеты?
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Какую компоновочную схему турбонасосного агрегата целесообразно применить для ракетного двигателя, использующего самовоспламеняющиеся компоненты, работающего по закрытой схеме?
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие  
На рисунке изображена пневмогидравлическая схема жидкостного ракетного двигателя. Соотнесите цифры (от 1 до 4), указанные на схеме, с названиями соответствующих элементов.



- А- газовый аккумулятор давления  
Б- пуско-отсечной клапан  
В- обратный клапан  
Г- газогенератор  
Д- редуктор  
Е- турбина

- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие  
На рисунке представлены варианты возможного изменения удельного импульса от давления в камере сгорания. Соотнесите схему и график изменения удельного импульса.



1. ракетный двигатель с дожиганием генераторного газа (закрытая схема)
2. ракетный двигатель без дожигания генераторного газа (открытая схема)
3. камера ракетного двигателя без дожигания генераторного газа (открытая схема)
4. камера ракетного двигателя с дожиганием генераторного газа (закрытая схема)

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите варианты схем жидкостных ракетных двигателей с насосной системой подачи компонентов в порядке увеличения максимально возможного значения давления в камере:

- 1) Газ + газ
- 2) Жидкость + жидкость
- 3) Жидкость + газ

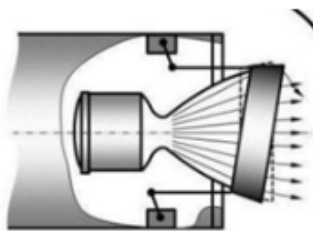
№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите виды трактов охлаждения жидкостного по мере увеличения их эффективности отвода тепловых потоков и прочности.

- 1) Несвязанные оболочки
- 2) Гофрированный тракт
- 3) Тракт с выштамповками
- 4) Фрезерованный тракт

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

К какому способу управления вектором тяги относится способ, изображенный на рисунке?



- 1) аэродинамический способ
- 2) с частичным отклонением струи
- 3) газодинамический способ

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



Для какой цели применяется секционирование смесительной головки жидкостного ракетного двигателя?

- 1) для регулирования тяги ДУ
- 2) для применения криогенных компонентов топлива
- 3) для минимизации массо-габаритных характеристик ДУ
- 4) для обеспечения многократности запуска ДУ

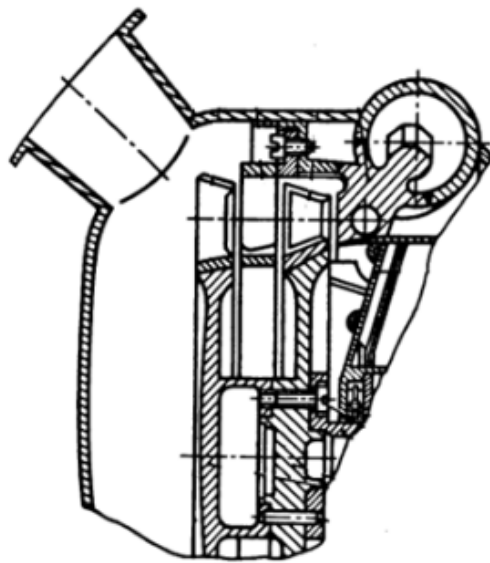
№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Охлаждающий тракт какого типа целесообразнее использовать для охлаждения критического сечения сопла жидкостного ракетного двигателя?

- 1) Гладкий щелевой тракт
- 2) Тракт со связанными оболочками по выштамповкам
- 3) Тракт со связанными через гофрированную проставку оболочками
- 4) Фрезерованный тракт

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

Какого типа турбина жидкостного ракетного двигателя представлена на схеме?



- 1) Осевая
- 2) Центробежная
- 3) Центробежная
- 4) Одноступенчатая
- 5) Двухступенчатая

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

Какой из способов управления вектором тяги подразумевает наличие гибких трубопроводов, карданного подвеса?

- 1) аэродинамический способ
- 2) с частичным отклонением струи

3) с полным отклонением струи

4) газодинамический способ

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

В электронную базу данных необходимо внести информацию о двигателях, использующих открытую турбонасосную схему подачи (без дожигания генераторного газа). Выберите из перечисленных те двигатели, информация о которых должна быть внесена:

1) 8Д44

2) РД-107

3) НК-33

5) 5Д67