

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

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

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА И ТЕОРИИ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование ракетных двигателей твердого топлива
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
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	
3	6	3	108	34	17	0	17	74	0	0	74	зач.

*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: 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

**А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

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

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА И ТЕОРИИ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

### **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-3.5 — способность 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:

### **ПСК-3.5**

*знания:*

система знаний, охватывающей разнообразие типов схемных и конструктивных решений двигательных установок (ДУ), определяющей на стадии разработки принципы обоснования их параметров, способов оптимизации, обеспечения максимальной энергетической эффективности

использований ДУ в составе различного назначения энергетических систем, базирующейся на фундаментальных представлениях о ДУ как сложной технической системе;;;

*умения:*

математическое обеспечение для оценки основных технико-экономических характеристик ДУ с учётом вариативности их назначения, схемных решений, состава рабочих топливных композиций;;;

*навыки:*

анализа схемных и конструктивных решений ДУ и агрегатов;;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА И ТЕОРИИ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ** является дисциплиной **факультативного блока** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ТЕОРИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-7 — Способен критически и системно анализировать достижения отрасли двигателестроения и энергетической техники и способы их применения в профессиональном контексте
- ПСК-3.5 — 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		ПСК-3.5
3	6	Раздел 1. Энергетические основы рабочего процесса в реактивных двигателях. 1.1. Тяга ракетного двигателя и удельная адиабатическая работа. Анализ формулы тяги. Удельный импульс, расходный комплекс, тяговый комплекс. Система импульсных коэффициентов потерь. Коэффициент избытка окислителя. Соотношение компонентов топлива.	2	2	2	0	0	10
3	6	Раздел 2. Основные элементы ЖРД. Схемы систем подачи топлива в камеру ЖРД. Схемы ЖРД с дожиганием и без дожигания газогенераторных газов. 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.	31	7	2	5	24	20
3	6	Раздел 3. Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания и газогенераторов РД. 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.	36	12	6	6	24	25
3	6	Раздел 4. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы ТНА. 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.	37	11	5	6	26	25
3	6	Раздел 5. Основные элементы систем автоматики двигателей. Принцип работы и устройства. 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. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. 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 3. 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 4. 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 2. Основные элементы ЖРД. Схемы систем подачи топлива в камеру ЖРД. Схемы	Подготовка к лабораторному занятию: изучение пневмогидравлической схемы двигателя. Режимов работы двигателя	8

2	ЖРД с дожиганием и без дожигания газогенераторных газов.	Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.	8
3		Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей и принципа работы систем автоматики двигателя.	8
4	Раздел 3. Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания и газогенераторов РД.	Подготовка к лабораторному занятию: изучение пневмогидравлической схемы двигателя. Режимов работы двигателя	8
5		Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.	8
6		Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей и принципа работы систем автоматики двигателя.	8
7	Раздел 4. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы ТНА.	Подготовка к лабораторному занятию: изучение пневмогидравлической схемы двигателя. Режимов работы двигателя	9
8		Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.	8
9		Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей и принципа работы систем автоматики двигателя.	9
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. 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:

1. Двигатель.

### 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. Практические занятия:**

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

### **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 **ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА И ТЕОРИИ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ** является дисциплиной **факультативного блока** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. 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-3.5 способность 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 разнообразием типов схемных и конструктивных решений жидкостных двигательных установок, 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.**), 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 2. 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. Режимов работы 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) Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин. . Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (1, 2)	8
Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей основных агрегатов двигателя.		8
Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей и принципа работы систем автоматики двигателя.		8
Итого по разделу 2		24
Раздел 3. Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания и газогенераторов РД.		
Подготовка к лабораторному занятию: изучение пневмогидравлической схемы двигателя. Режимов работы 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. . Внутрикамерные процессы в жидкостных ракетных двигателях: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1-4)	8
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 (4, 5) Г. Г. Гахун, В. И. Баулин, В. А. Володин. . Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (5, 6)	8
Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей и принципа работы систем автоматики двигателя.	Д. Г. Кравченко, А. А. Киршина. . 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)	8
Итого по разделу 3		24
Раздел 4. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы ТНА.		
Подготовка к лабораторному занятию:	Ю. В. Анискевич, А. А. Левихин. . Основы	9

изучение пневмогидравлической схемы двигателя. Режимов работы двигателя	устройства и теории ЖРД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (7) Ю. В. Анискевич, Д. Г. Кравченко, А. М. Лабанова. . Устройство двигателя 5Д67: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (1-7)	
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 (7)	8
Подготовка к лабораторному занятию: изучение конструктивных особенностей и принципа работы систем автоматики двигателя.	М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (6)	9
Итого по разделу 4		26

## **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.

Паспорт фонда оценочных средств

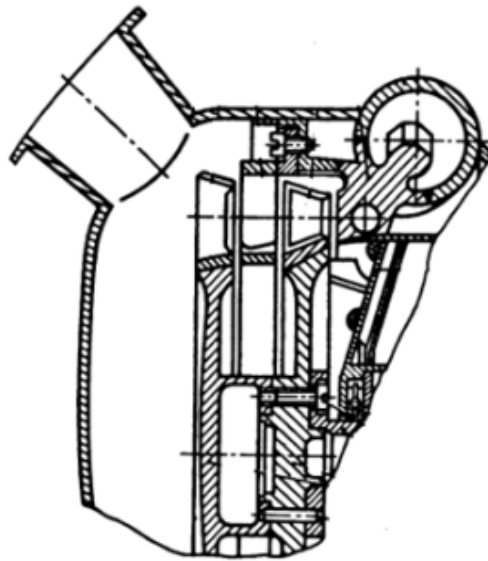
КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-3.5	
3	6	Раздел 1. Энергетические основы рабочего процесса в реактивных двигателях.	2	2	2	0	0	10	Собеседование
3	6	Раздел 2. Основные элементы ЖРД. Схемы систем подачи топлива в камеру ЖРД. Схемы ЖРД с дожиганием и без дожигания газогенераторных газов.	31	7	2	5	24	20	Собеседование
3	6	Раздел 3. Организация рабочего процесса и характеристики камер сгорания и газогенераторов РД.	36	12	6	6	24	25	Собеседование
3	6	Раздел 4. Общая теория лопаточных машин. Устройство и принцип работы ТНА.	37	11	5	6	26	25	Собеседование
3	6	Раздел 5. 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-3.5

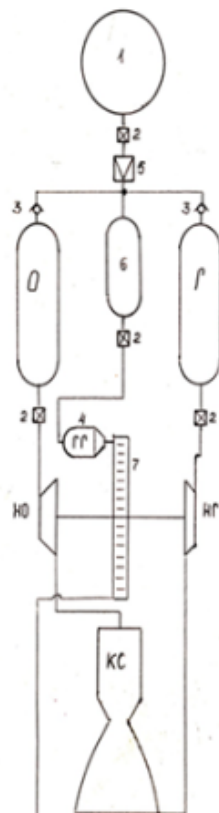
Вопросы открытого типа:

- № 1 Какого типа турбина представлена на схеме? Выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа .



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

- № 2 Схема двигательной установки какой системы подачи представлена на рисунке? Выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.



1. вытеснительной
2. насосной с дожиганием генераторного газа
3. насосной без дожигания генераторного газа

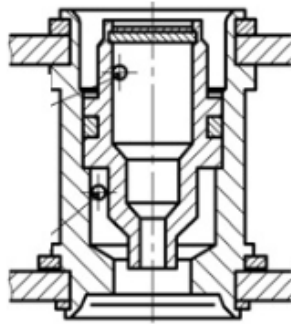
№ 3 Подберите подходящий тип газогенератора для ракетного двигателя с закрытой схемой подачи на окислительном генераторном газе. Запишите аргументы, обосновывающие ваш выбор.

1. Двухзонный с газовыми втулками
2. Однозонный с двухкомпонентными центробежными форсунками
3. Однозонный с двухкомпонентными струйными форсунками

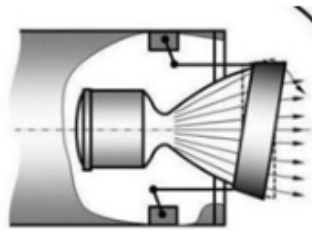
№ 4 Расположите виды трактов охлаждения по мере увеличения их эффективности. Обоснуйте ваш выбор

- Несвязанные оболочки
- Тракт с выштамповками
- Гофрированный тракт
- Фрезерованный тракт

№ 5 Какого типа форсунка представлена на рисунке? Запишите развернутый обоснованный ответ.



№ 6 К какому способу управления вектором тяги относится способ, изображенный на рисунке? Выберите правильный ответ и обоснуйте свой выбор.



1. аэродинамический способ
2. с частичным отклонением струи
3. газодинамический способ

№ 7 Для какой цели применяется секционирование смесительной головки? Выберите правильный ответ и укажите как метод работает.

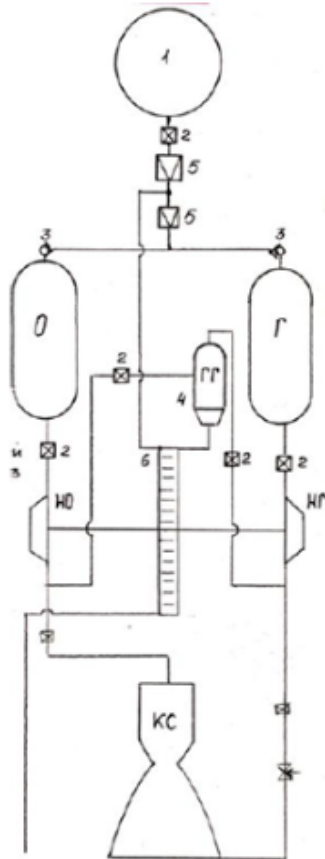
1. для регулирования тяги ДУ
2. для применения криогенных компонентов топлива
3. для минимизации массо-габаритных характеристик ДУ
4. для обеспечения многократности запуска ДУ

№ 8 Охлаждающий тракт какого типа целесообразнее использовать для охлаждения критического сечения сопла? Выберите правильный ответ и обоснуйте свой выбор.

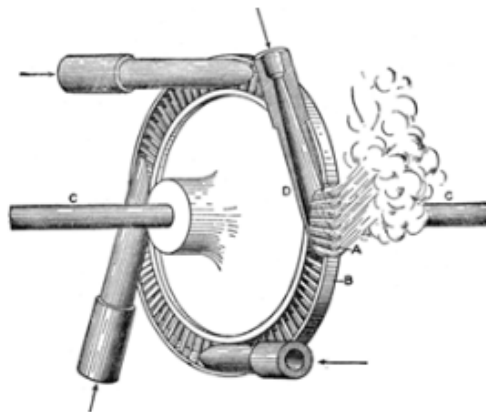
1. Гладкий щелевой тракт
2. Тракт со связанными оболочками по выштамповкам
3. Тракт со связанными через гофрированную проставку оболочками

#### 4. Фрезерованный тракт

№ 9 ЖРД какого типа изображен на рисунке? Запишите полный обоснованный ответ.



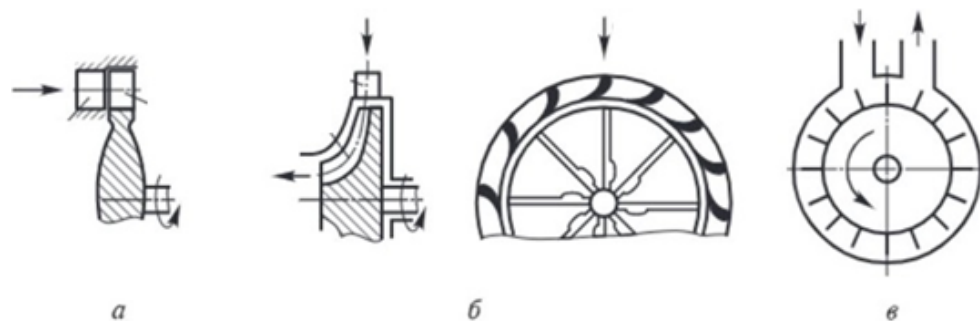
№ 10 Турбина какого типа изображена на рисунке? Выберите из каждого пункта (1.-5.) правильный ответ и обоснуйте выбор. Где сбрасывается перепад давления на этой турбине?



1. активная / реактивная
2. осевая / центробежная
3. одноступенчатая / двухступенчатая
4. парциальная / не парциальная

Вопросы закрытого типа:

№ 1 Какого типа турбины изображены на рисунках? Сопоставьте рисунок и правильный ответ



1. осевая
2. радиальная центростремительная
3. радиальная центробежная
4. тангенциальная

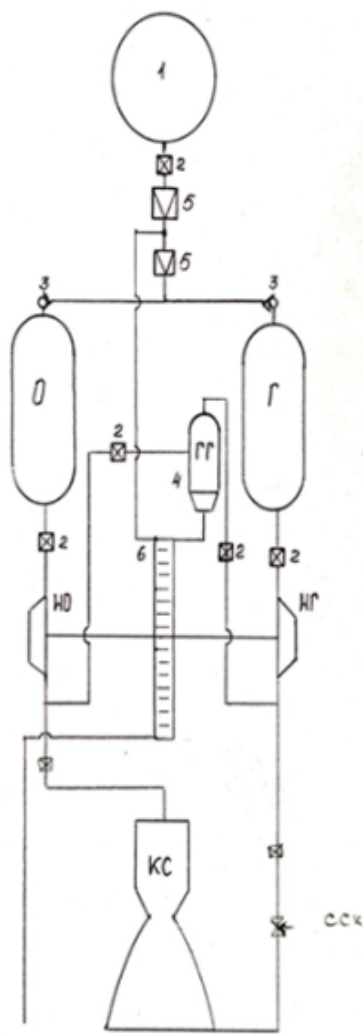
№ 2 Какой из перечисленных агрегатов жидкостного ракетного двигателя на самовоспламеняющихся компонентах топлива является лишним?

- Камера сгорания
- Газогенератор
- Реактивная газовая турбина
- Блок рулевых камер
- Блок пирозажигающих устройств

№ 3 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
4. РД-253
5. 5Д67

№ 4 На рисунке представлена пневмогидравлическая схема жидкостного ракетного двигателя, соотнесите название элемента и цифру, указанную на пневмогидравлической схеме.



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

№ 5 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

№ 6 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

№ 7 Для какой цели применяется секционирование форсуночной головки

- 1. регулированием тяги ДУ в широком диапазоне
- 2. применением криогенных компонентов топлива
- 3. минимизацией массо-габаритных характеристик ДУ
- 4. обеспечением многократности запуска ДУ

№ 8 Турбина, газ после которой направляется в окружающую среду называется:

- 1. Активной

2. Реактивной
3. Автономной
4. Предкамерной
5. Парциальной
6. Центростремительной

№ 9      Какая из указанных систем регулирования ЖРД предназначена для поддержания величины тяги ЖРД?

1. ССК (стабилизации соотношения компонентов)
2. РКС (регулирования кажущейся скорости)
3. СОБ (синхронного опорожнения баков)
4. УВТ (управления вектором тяги)

№ 10      Охлаждающий тракт какого типа используется в газогенераторе двигателя 5Д67?

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