

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Направление/специальность подготовки	24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
Специализация/профиль/программа подготовки	Пилотируемые и автоматические космические аппараты и системы
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космическая техника
Выпускающая кафедра	А3 КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А3 КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ

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	
4	8	4	144	51	17	17	17	93	0	0	93	экз.
5	9	4	144	51	17	0	34	93	0	0	93	диф. зач.
ВСЕГО		8	288	102	34	17	51	186	0	0	186	

*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: 2026

Программу составили:

Кафедра АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ  
Будный Никита Леонидович, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

Кафедра АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ  
Ермолаев Владимир Иванович, д.т.н., профессор, профессор

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ**

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ**

Заведующий кафедрой Бабук В.А., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ**

## **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-1 — Способен проектировать, конструировать и сопровождать на всех этапах жизненного цикла космические аппараты, космические системы и их составные части

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-1**

*знания:*

Устройство, функционирование, основы расчета и анализа двигательных установок космических аппаратов;;;

*умения:*

Основы расчета и анализа двигательных установок космических аппаратов;

*навыки:*

Применение инженерных методов расчета и анализа двигательных установок космических аппаратов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ** 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: **ВНУТРИКАМЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ ДУ, ХИМИЯ РАКЕТНЫХ ТОПЛИВ, ФИЗИКА**.

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

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-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач
- ПК-1 — Способен проектировать, конструировать и сопровождать на всех этапах жизненного цикла космические аппараты, космические системы и их составные части

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 з.е., 288 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	Практические занятия		
4	8	<b>Раздел 1. Пневмогидравлические системы жидкостных ракетных двигательных установок (ЖРДУ).</b> ЖРДУ с вытеснительной системой подачи. ЖРДУ с насосной системой подачи без дожигания генераторного газа. ЖРДУ с насосной системой подачи с дожиганием генераторного газа. Области рационального использования систем подачи ЖРДУ. Запуск и выключение ЖРДУ.	57	21	4	17	0	36	15
4	8	<b>Раздел 2. Расчет параметров ЖРДУ.</b> Методики расчета параметров ЖРДУ с насосной системой подачи с открытой и замкнутой схемами.	43	17	4	0	13	26	15
4	8	<b>Раздел 3. Камеры ЖРД.</b> Камеры с регенеративным охлаждением. Камеры с абляционным и емкостным охлаждением.	20	8	4	0	4	12	10
4	8	<b>Раздел 4. Турбонасосные агрегаты ЖРД.</b> ТНА и топливные насосы ЖРД. Газовые турбины.	24	5	5	0	0	19	10
<b>Всего за 8 семестр</b>			144	51	17	17	17	93	50
5	9	<b>Раздел 5. Электроракетные двигатели и двигательные установки на их основе.</b> Общие сведения об электроракетных двигателях (ЭРД) и электроракетных двигательных установках (ЭРДУ). Назначение ЭРДУ. Особенности ЭРД и ЭРДУ. Механизмы создания тяги в ЭРД. Классификация ЭРД. Основные характеристики ЭРД и ЭРДУ.	14	6	2	0	4	8	15
5	9	<b>Раздел 6. Физические процессы в ЭРД.</b> Основные сведения о физических процессах в ЭРД. Электрическое и магнитное поле. Основные представления из физики плазмы. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях.	23	8	2	0	6	15	15
5	9	<b>Раздел 7. Электростатические двигатели.</b> Ионно-хололовские двигатели - стационарные плазменные двигатели (СПД), двигатели с анодным слоем, цилиндрические хололовские двигатели. Устройство СПД. Рабочие процессы в СПД. Разрядные камеры СПД. Магнитные системы СПД. Катоды СПД. Расчет основных параметров СПД и их элементов. Двигательные установки на базе СПД, оценка их характеристик. Интенсивные ионные течения в электростатическом поле. Ионные двигатели - общие сведения и разновидности. Устройство и функционирование ионных двигателей. Разрядные камеры ионных двигателей. Ионно-оптические системы ионных двигателей. Катоды ионных двигателей. Расчет основных параметров ионных двигателей и их элементов. Двигательные установки с ионными двигателями, оценка их характеристик. Коллоидные двигатели, двигатели на основе ионных жидкостей, двигатели с ионизацией электрическим полем - основные сведения.	72	22	8	0	14	50	10
5	9	<b>Раздел 8. Электротермические двигатели, электромагнитные и импульсные двигатели.</b> Ускорение плазмы. Электромагнитные двигатели с собственным магнитным полем. Электромагнитные двигатели с внешним магнитным полем. Импульсные двигатели.	35	15	5	0	10	20	10
<b>Всего за 9 семестр</b>			144	51	17	0	34	93	50
<b>Всего по дисциплине</b>			288	102	34	17	51	186	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Расчет параметров ЖРДУ.	Расчет параметров ЖРДУ	13
2	Раздел 3. Камеры ЖРД.	Анализ конструкции камер РД-115 и РД-119	4
<b>Всего за 8 семестр</b>			17
3	Раздел 5. Электроракетные двигатели и двигательные установки на их основе.	Анализ применения ЭРД и ЭРДУ.	4
4	Раздел 6. Физические процессы в ЭРД.	Анализ физических процессов в ЭРД	6
5	Раздел 7. Электростатические двигатели.	Расчет основных характеристик электростатических двигателей различных типов и рабочих процессов в них. Расчет характеристик двигательных установок на основе электростатических двигателей	14
6	Раздел 8.	Устройство и функционирование электротермических,	10

	Электротермические двигатели, электромагнитные и импульсные двигатели.	электромагнитных и импульсных двигателей	
<b>Всего за 9 семестр</b>			<b>34</b>

### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Пневмогидравлические системы жидкостных ракетных двигательных установок (ЖРДУ).	Пневмогидравлическая система и агрегаты комплексной двигательной установки спутниковой платформы Ресурс-ДК.	5
2		Пневмогидравлическая система и агрегаты РД-119	6
3		Пневмогидравлическая система и агрегаты РД-115	6
Всего за 8 семестр			17
Всего за 9 семестр			0

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Пневмогидравлические системы жидкостных ракетных двигательных установок (ЖРДУ).	Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта, подготовка к лабораторным работам	36
2	Раздел 2. Расчет параметров ЖРДУ.	Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта. Выполнение домашнего задания, подготовка к защите домашнего задания	26
3	Раздел 3. Камеры ЖРД.	Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта. Подготовка к собеседованию.	12
4	Раздел 4. Турбонасосные агрегаты ЖРД.	Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта. Подготовка к собеседованию.	19
Всего за 8 семестр			93
5	Раздел 5. Электроракетные двигатели и двигательные установки на их основе.	Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта.	8
6	Раздел 6. Физические процессы в ЭРД.	Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта.	15
7	Раздел 7. Электростатические двигатели.	Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта	30
8		Выполнение домашнего задания. Подготовка к защите домашнего задания	20
9	Раздел 8. Электротермические двигатели, электромагнитные и импульсные двигатели.	Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта	10
10		Выполнение домашнего задания. Подготовка к защите домашнего задания	10
Всего за 9 семестр			93

#### 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
8				ЛР, ДЗ	ДЗ	ДР			ДЗ	ДР		Собес			Собес, ДЗ	ДР	
9					ДЗ	ДР			ДЗ	ДР		ДЗ			ДЗ	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- ДЗ – домашнее задание;
- Собес – собеседование;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- домашнее задание;
- собеседование.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен;
- дифференцированный зачет.

## 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. А. П. Васильев, В. М. Кудрявцев, В. А. Кузнецов. . Основы теории и расчёта жидкостных ракетных двигателей. М.: Высш. шк., 1993, 46 экз.
3. В. И. Ермолаев. . Спутниковая платформа "Ресурс-ДК". СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, эл. рес.
4. В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 205 экз.
5. В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.
6. Л. А. Квасников, Л. А. Латышев, Н. Н. Пономарёв-Степной. . Теория и расчёт энергосиловых установок космических летательных аппаратов. М.: Изд-во МАИ, 2001, 19 экз.
7. М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016, эл. рес.
8. Н. К. Матвеев, А. А. Семёнов. . Устройство двигателя РД-119. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, эл. рес.
9. Н. К. Матвеев, А. А. Семёнов. . Устройство двигателей РД-114 и РД-115. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, эл. рес.
10. О. Н. Фаворский, В. В. Фишгойт, Е. И. Янтовский. . Основы теории космических электрореактивных двигательных установок. М.: Высшая школа, 1978, 10 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. А. А. Куландин, С. В. Тимашев, В. П. Иванов. . Энергетические системы космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1979, 1 экз.
2. С. Д. Гришин, Л. В. Лесков, Н. П. Козлов. . Электрические ракетные двигатели. М.: Машиностроение, 1975, 1 экз.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
3. <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:

1. Mathcad Education - University Edition Term.

#### 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. Mathcad Education - University Edition Term.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. Mathcad Education - University Edition Term.

### **6.4. 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** 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-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-1 Способен проектировать, конструировать и сопровождать на всех этапах жизненного цикла космические аппараты, космические системы и их составные части.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с устройством, функционированием и основами проектирования двигательных установок космических летательных аппаратов различных типов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- домашнее задание;
- собеседование.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен;
- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **8 з.е., 288 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**51 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**186 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 288 ч., из них 102 ч. аудиторных занятий, и 186 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 1. Пневмогидравлические системы жидкостных ракетных двигательных установок (ЖРДУ).</b>		
Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта, подготовка к лабораторным работам	В. И. Ермолаев. . Спутниковая платформа "Ресурс-ДК": СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (4) М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (6,8-9) А. П. Васильев, В. М. Кудрявцев, В. А. Кузнецов. . Основы теории и расчёта жидкостных ракетных двигателей: М.: Высш. шк., 1983 (13) Н. К. Матвеев, А. А. Семёнов. . Устройство двигателя РД-119: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1-3) В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (3) Н. К. Матвеев, А. А. Семёнов. . Устройство двигателей РД-114 и РД-115: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1-3)	36
Итого по разделу 1		36
<b>Раздел 2. Расчет параметров ЖРДУ.</b>		
Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта. Выполнение домашнего задания, подготовка к защите домашнего задания	М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (6,8-9) В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (3) А. П. Васильев, В. М. Кудрявцев, В. А. Кузнецов. . Основы теории и расчёта жидкостных ракетных двигателей: М.: Высш. шк., 1983 (13-17)	26
Итого по разделу 2		26
<b>Раздел 3. Камеры ЖРД.</b>		
Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта. Подготовка к собеседованию.	Н. К. Матвеев, А. А. Семёнов. . Устройство двигателя РД-119: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1-3) В. И. Ермолаев. . Спутниковая платформа	12

	<p>"Ресурс-ДК": СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (4)</p> <p>А. П. Васильев, В. М. Кудрявцев, В. А. Кузнецов. . Основы теории и расчёта жидкостных ракетных двигателей: М.: Высш. шк., 1983 (8-12)</p> <p>М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (4-5)</p> <p>Н. К. Матвеев, А. А. Семёнов. . Устройство двигателей РД-114 и РД-115: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1-3)</p> <p>В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (3)</p>	
Итого по разделу 3		12
<b>Раздел 4. Турбонасосные агрегаты ЖРД.</b>		
Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта. Подготовка к собеседованию.	<p>В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (3)</p> <p>М. В. Добровольский. . Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 (6-8)</p> <p>Н. К. Матвеев, А. А. Семёнов. . Устройство двигателя РД-119: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1-3)</p> <p>Н. К. Матвеев, А. А. Семёнов. . Устройство двигателей РД-114 и РД-115: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1-3)</p> <p>А. П. Васильев, В. М. Кудрявцев, В. А. Кузнецов. . Основы теории и расчёта жидкостных ракетных двигателей: М.: Высш. шк., 1993 (14)</p>	19
Итого по разделу 4		19
<b>Раздел 5. Электроракетные двигатели и двигательные установки на их основе.</b>		
Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта.	<p>А. А. Куландин, С. В. Тимашев, В. П. Иванов. . Энергетические системы космических аппаратов: М.: Машиностроение, 1979 (1,13)</p> <p>Л. А. Квасников, Л. А. Латышев, Н. Н. Пономарёв-Степной. . Теория и расчёт энергосиловых установок космических летательных аппаратов: М.: Изд-во МАИ, 2001 (1, 2, 15, 19-22)</p> <p>В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1, 5)</p> <p>С. Д. Гришин, Л. В. Лесков, Н. П. Козлов. . Электрические ракетные двигатели: М.: Машиностроение, 1975 (1-2)</p> <p>О. Н. Фаворский, В. В. Фишгойт, Е. И. Янговский. . Основы теории космических электрореактивных двигательных установок: М.: Высшая школа, 1978 (1, 3, 5)</p>	8
Итого по разделу 5		8
<b>Раздел 6. Физические процессы в ЭРД.</b>		
Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта.	<p>О. Н. Фаворский, В. В. Фишгойт, Е. И. Янговский. . Основы теории космических электрореактивных двигательных установок: М.: Высшая школа, 1978 (1, 3, 5)</p>	15

	<p>С. Д. Гришин, Л. В. Лесков, Н. П. Козлов. . Электрические ракетные двигатели: М.: Машиностроение, 1975 (1-2)</p> <p>В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (5)</p> <p>Л. А. Квасников, Л. А. Латышев, Н. Н. Пономарёв-Степной. . Теория и расчёт энергосиловых установок космических летательных аппаратов: М.: Изд-во МАИ, 2001 (1-2, 15, 19-22)</p>	
Итого по разделу 6		15
<b>Раздел 7. Электростатические двигатели.</b>		
Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта	<p>Л. А. Квасников, Л. А. Латышев, Н. Н. Пономарёв-Степной. . Теория и расчёт энергосиловых установок космических летательных аппаратов: М.: Изд-во МАИ, 2001 (15, 18-22)</p> <p>А. А. Куландин, С. В. Тимашев, В. П. Иванов. . Энергетические системы космических аппаратов: М.: Машиностроение, 1979 (12)</p> <p>В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (5)</p>	30
Выполнение домашнего задания. Подготовка к защите домашнего задания	<p>С. Д. Гришин, Л. В. Лесков, Н. П. Козлов. . Электрические ракетные двигатели: М.: Машиностроение, 1975 (2-5)</p> <p>О. Н. Фаворский, В. В. Фишгойт, Е. И. Янтовский. . Основы теории космических электрореактивных двигательных установок: М.: Высшая школа, 1978 (3)</p>	20
Итого по разделу 7		50
<b>Раздел 8. Электротермические двигатели, электромагнитные и импульсные двигатели.</b>		
Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта	<p>А. А. Куландин, С. В. Тимашев, В. П. Иванов. . Энергетические системы космических аппаратов: М.: Машиностроение, 1979 (11)</p> <p>В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (5)</p> <p>О. Н. Фаворский, В. В. Фишгойт, Е. И. Янтовский. . Основы теории космических электрореактивных двигательных установок: М.: Высшая школа, 1978 (3)</p>	10
Выполнение домашнего задания. Подготовка к защите домашнего задания	<p>С. Д. Гришин, Л. В. Лесков, Н. П. Козлов. . Электрические ракетные двигатели: М.: Машиностроение, 1975 (4, 6)</p> <p>Л. А. Квасников, Л. А. Латышев, Н. Н. Пономарёв-Степной. . Теория и расчёт энергосиловых установок космических летательных аппаратов: М.: Изд-во МАИ, 2001 (15, 17)</p>	10
Итого по разделу 8		20

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- лабораторная работа;
- домашнее задание;
- собеседование;
- экзамен;
- дифференцированный 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.

#### Лабораторная работа

Тематика лабораторной работы - исследование пневмогидравлических систем двигательных установок. Защита лабораторной работы проходит в форме ответов студента на три вопроса преподавателя. Максимальное количество баллов за защиту лабораторной работы – 100. Основаниями для снижения количества баллов являются:

- небольшие погрешности в ответе на один из трех вопросов – 5-10 баллов;
- неполный ответ на один из трех вопросов – 10-20 баллов;
- неудовлетворительный ответ на один из трех вопросов – 20-41 баллов.

Лабораторная работа зачитывается при наборе студентом не менее 60 балла.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы размещены в УМК дисциплины.

#### Домашнее задание

Отчеты по домашнему заданию представляется на листах формата А4 в соответствии с требованиями ГОСТ. Студент допускается к защите задания, если в решении отсутствуют ошибки. Защита проходит в форме ответов студента на три вопроса преподавателя. Максимальное количество баллов за одно практическое задание – 100. Основаниями для снижения количества баллов являются:

- погрешности в оформлении отчета – 5-10 баллов;
- небольшие погрешности в ответе на один из трех вопросов – 5-10 баллов;
- неполный ответ на один из трех вопросов – 10-20 баллов;
- неудовлетворительный ответ на один из трех вопросов – 20-41 баллов.

Домашнее задание зачитывается при наборе студентом не менее 60 балла.

Тематика домашних заданий - Расчет основных параметров двигательных установок различных типов и их элементов. Исходные данные и содержание домашнего задания размещены в УМК дисциплины.

#### Собеседование

Собеседование предполагает устное обсуждение темы из состава пройденного материала со студентом. Критерием выставления зачета за данное контрольное мероприятие служит грамотный развернутый ответ студента.

Список вопросов для собеседования размещен в УМК дисциплины.

#### Экзамен (семестр 8)

К экзамену допускаются студенты, получившие зачет за все контрольные мероприятия, предусмотренные рабочей программой. Экзамен проходит в форме письменных ответов студентов на два вопроса экзаменационного билета с последующим устным обсуждением и ответом на дополнительные вопросы. Максимальное количество баллов 100. Основаниями для снижения количества баллов являются:

- небольшие погрешности в ответе на вопрос – 5-10 баллов;
- неполный ответ на вопрос – 15-30 баллов;
- неудовлетворительный ответ на вопрос – 41 балл.

Оценки:

- «отлично» – 85-100 баллов;
- «хорошо» – 75-84 баллов;
- «удовлетворительно» – 60-74 баллов.
- «неудовлетворительно» – менее 60 баллов.

Вопросы к экзамену размещены в УМК.

### **Дифференцированный зачет (семестр 9)**

К дифференцированному зачету допускаются студенты, получившие зачет за все контрольные мероприятия, предусмотренные рабочей программой. Дифференцированный зачет проходит в форме письменных ответов студентов на два вопроса билета с последующим устным обсуждением и ответом на дополнительные вопросы. Максимальное количество баллов 100. Основаниями для снижения количества баллов являются:

- небольшие погрешности в ответе на вопрос – 5-10 баллов;
- неполный ответ на вопрос – 15-30 баллов;
- неудовлетворительный ответ на вопрос – 41 балл.

Оценки:

- «отлично» – 85-100 баллов;
- «хорошо» – 75-84 баллов;
- «удовлетворительно» – 60-74 баллов.
- «неудовлетворительно» – менее 60 баллов.

Вопросы к дифференцированному зачету размещены в УМК.

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	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-1	
4	8	Раздел 1. Пневмогидравлические системы жидкостных ракетных двигательных установок (ЖРДУ).	57	21	4	17	0	36	15	Лабораторная работа
4	8	Раздел 2. Расчет параметров ЖРДУ.	43	17	4	0	13	26	15	Домашнее задание
4	8	Раздел 3. Камеры ЖРД.	20	8	4	0	4	12	10	Собеседование
4	8	Раздел 4. Турбонасосные агрегаты ЖРД.	24	5	5	0	0	19	10	Собеседование
Всего за 8 семестр			144	51	17	17	17	93	50	
5	9	Раздел 5. Электроракетные двигатели и двигательные установки на их основе.	14	6	2	0	4	8	15	Домашнее задание
5	9	Раздел 6. Физические процессы в ЭРД.	23	8	2	0	6	15	15	Домашнее задание
5	9	Раздел 7. Электростатические двигатели.	72	22	8	0	14	50	10	Домашнее задание
5	9	Раздел 8. Электротермические двигатели, электромагнитные и импульсные двигатели.	35	15	5	0	10	20	10	Домашнее задание
Всего за 9 семестр			144	51	17	0	34	93	50	
Всего по дисциплине			288	102	34	17	51	186	100	

## Оценочные материалы по дисциплине ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

**ПК-1 - Способен проектировать, конструировать и сопровождать на всех этапах жизненного цикла космические аппараты, космические системы и их составные части**

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Что подразумевают под термином "тепловые ракетные двигатели" ?
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Что характеризует удельный импульс ракетного двигателя?
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие
1. Стационарный плазменный двигатель
  2. Электродуговой двигатель
  3. Торцевой сильноточный двигатель
  4. Торцевой холловский двигатель
- А. Электростатический двигатель
- Б. Магнитоплазмодинамический двигатель с собственным магнитным полем
- В. Электротермический двигатель
- Г. Магнитоплазмодинамический двигатель с внешним магнитным полем
- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие
1. Удельный импульс
  2. Тяга
  3. Мощность
  4. Массовый расход
- А. м/с
- Б. Н
- В. Вт
- Г. кг/с
- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите последовательность топливных пар или монотоплив по возрастанию теоретически достижимого удельного импульса
1.  $N_2H_2(CH_3)_2-N_2O_4$
  2. Керосин -  $O_2$
  3.  $H_2-O_2$
  4.  $N_2H_4$
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите, в какой последовательности рабочее тело проходит агрегаты электроракетной двигательной установки?
1. Блок подачи рабочего тела
  2. Блок хранения рабочего тела
  3. Блок газораспределения

4. Двигатель
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
В каком из перечисленных типов двигателей используется тепловое ускорение рабочего тела?
1. Стационарный плазменный двигатель
  2. Ионный двигатель
  3. Электронагревный двигатель
  4. Коллоидный двигатель
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
При каком значении коэффициента избытка окислителя достигается максимальный удельный импульс ЖРД?
1. Равном единице
  2. Менее единицы, но не равном нулю
  3. Более единицы
  4. Равном нулю
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой из приведенных узлов отсутствует в конструкции стационарного плазменного двигателя?
1. Анод-газораспределитель
  2. Ионно-оптическая система
  3. Катод-нейтрализатор
  4. Газоразрядная камера
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие из перечисленных видов ракетных двигателей не относятся к тепловым?
1. Жидкостные ракетные двигатели
  2. Электронагревные ракетные двигатели
  3. Стационарные плазменные двигатели
  4. Ионные двигатели
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие из приведенных материалов используются в качестве эрозионно-стойких теплозащитных покрытий?
1. Вольфрам
  2. Фторпласт
  3. Стеклотекстолит
  4. Графит
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие из приведенных способов охлаждения камеры ЖРД являются проточными?
1. Регенеративное

2. Автономное
3. Абляционное
4. Емкостное