


УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

  
Юнаков Л. П.  
(подпись) ФИО  
«31» 05 2022

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Направление/специальность подготовки	24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Ракетно-космическая теплотехника
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
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	
5	9	4	144	51	17	0	34	93	0	0	93	диф. зач.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

**24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика**

год набора группы: 2022

Программу составил:

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



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:

ПСК-2.05 — Способность выполнять расчеты параметров рабочего процесса, нагруженности, теплового состояния и характеристик ракетных двигателей, осуществлять конструирование их деталей, узлов и элементов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-2.05**

*знания:*

Устройство, функционирование и принципы расчета и проектирования двигательных установок космических летательных аппаратов и их элементов;

*умения:*

Расчет основных характеристик двигательных установок космических летательных аппаратов и их элементов, анализ функционирования и рабочих процессов двигательных установок космических летательных аппаратов и их элементов;

*навыки:*

Использование инженерных методов для расчета основных характеристик и анализа функционирования и рабочих процессов двигательных установок космических летательных аппаратов и их элементов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.04.01 *Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания физико-математической подготовки бакалавра и служит основой для освоения дисциплин: **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 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-2.05
5	9	<b>Раздел 1. 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. Взаимодействие космического аппарата с ЭРДУ.	25	9	3	6	16	20
5	9	<b>Раздел 2. Физические процессы в ЭРД.</b> Электрические и магнитные поля. Основы физики плазмы. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях.	27	10	4	6	17	20
5	9	<b>Раздел 3. Ионные двигатели.</b> Ионные двигатели - общие сведения и разновидности. Устройство и функционирование ионных двигателей. Разрядные камеры ионных двигателей с разрядом постоянного тока. Ионно-оптические системы ионных двигателей. Катоды ионных двигателей. Расчет основных параметров ионных двигателей и их элементов. Двигательные установки с ионными двигателями, оценка их характеристик.	37	12	4	8	25	20
5	9	<b>Раздел 4. Ионно-холодские и коллоидные двигатели.</b> Ионно-холодские двигатели - стационарные плазменные двигатели (СПД), двигатели с анодным слоем, цилиндрические холловские 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. Коллоидные двигатели, двигатели на основе ионных жидкостей, двигатели с ионизацией электрическим полем - основные сведения.	37	12	4	8	25	20
5	9	<b>Раздел 5. Электротермические, электромагнитные и импульсные двигатели.</b> Электротермические двигатели - электродуговые и электронагревные. Электромагнитные двигатели с собственным магнитным полем. Электромагнитные двигатели с внешним магнитным полем. Импульсные двигатели.	18	8	2	6	10	20
<b>Всего за 9 семестр</b>			144	51	17	34	93	100
<b>Всего по дисциплине</b>			144	51	17	34	93	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Электроракетные двигатели и двигательные установки на их основе.	Исследование способов применения ЭРДУ, анализ эффективности, анализ взаимодействия ЭРДУ с КА	6
2	Раздел 2. Физические процессы в ЭРД.	Расчет параметров физических процессов в ЭРДУ	6
3	Раздел 3. Ионные двигатели.	Изучение устройства, функционирования, основ расчета характеристик ионных двигателей и установок на их основе	8
4	Раздел 4. Ионно-холодские и коллоидные двигатели.	Изучение устройства, функционирования, основ расчета характеристик ионно-холодских двигателей и установок на их основе. Изучение принципов работы коллоидных двигателей, двигателей на основе ионных жидкостей, двигателей с ионизацией электрическим полем	8
5	Раздел 5. Электротермические, электромагнитные и импульсные двигатели.	Изучение устройства и функционирования электротермических, электромагнитных, импульсных двигателей. Решение задач	6
<b>Всего за 9 семестр</b>			34

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Электроракетные двигатели и двигательные установки на их основе.	Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта, решение задач.	16
2	Раздел 2. Физические процессы в ЭРД.	Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта, выполнение домашнего задания	17
3	Раздел 3. Ионные двигатели.	Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта, выполнение домашнего задания	25
4	Раздел 4. Ионно-холловские и коллоидные двигатели.	Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта, выполнение домашнего задания	25
5	Раздел 5. Электротермические, электромагнитные и импульсные двигатели.	Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта, решение задач	10
<b>Всего за 9 семестр</b>			<b>93</b>

## 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>9</b>			ЗДЧ		ДЗ	ДР		ДЗ		ДР		ДЗ			ЗДЧ	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЗДЧ – задачи;
- ДЗ – домашнее задание;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- задачи;
- домашнее задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.
2. 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.
3. 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. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. <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»;
3. <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. 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 *24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-2.05 Способность выполнять расчеты параметров рабочего процесса, нагруженности, теплового состояния и характеристик ракетных двигателей, осуществлять конструирование их деталей, узлов и элементов.

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;
- задачи;
- домашнее задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 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. Электроракетные двигатели и двигательные установки на их основе.</b>		
Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта, решение задач.	С. Д. Гришин, Л. В. Лесков, Н. П. Козлов. . Электрические ракетные двигатели: М.: Машиностроение, 1975 (1-2) В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1,5) А. А. Куландин, С. В. Тимашев, В. П. Иванов. . Энергетические системы космических аппаратов: М.: Машиностроение, 1979 (1, 13) 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) О. Н. Фаворский, В. В. Фишгойт, Е. И. Янговский. . Основы теории космических электрореактивных двигательных установок: М.: Высшая школа, 1978 (1, 3, 5)	16
Итого по разделу 1		16
<b>Раздел 2. Физические процессы в ЭРД.</b>		
Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта, выполнение домашнего задания	В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (5) 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)	17
Итого по разделу 2		17
<b>Раздел 3. Ионные двигатели.</b>		
Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта, выполнение домашнего задания	В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (5) 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)	25
Итого по разделу 3		25
<b>Раздел 4. Ионно-холодные и коллоидные двигатели.</b>		
Проработка учебного материала с использованием литературы и	В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (5)	25

конспекта, выполнение домашнего задания	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)	
Итого по разделу 4		25
<b>Раздел 5. Электротермические, электромагнитные и импульсные двигатели.</b>		
Проработка учебного материала с использованием литературы и конспекта, решение задач	В. И. Ермолаев. . Двигательные установки космических летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (5) 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)	10
Итого по разделу 5		10

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- задачи;
- домашнее задание;
- 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.

#### Задачи

Обучающийся решает 3 задачи на заданную тематику. Максимальное количество баллов за одно набор решенных задач – 100. Основаниями для снижения количества баллов являются:

- некорректная погрешность при получении числового ответа – 5-10 баллов;
- некорректная ошибка или неточность при решении задачи – 10-20 баллов;
- существенная ошибка при решении – 20-40 баллов.

Задачи зачитываются при наборе студентом не менее 61 балла.

Тематика задач - Расчет основных параметров двигателей различных типов и их элементов, расчет характеристик физических процессов в ЭРДУ, анализ применения ЭРДУ. Банк задач размещен в УМК дисциплины.

#### Домашнее задание

Отчеты по домашнему заданию представляются 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 – 20-40 баллов.

Домашнее задание зачитывается при наборе студентом не менее 61 балла.

Тематика домашних заданий - Расчет основных параметров двигателей различных типов и их элементов, расчет характеристик физических процессов в ЭРДУ. Исходные данные и содержание домашнего задания размещены в УМК дисциплины.

#### Дифференцированный зачет

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

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 один из двух вопросов – 5-10 баллов;
- неполный ответ на один из двух вопросов – 15-30 баллов;
- неудовлетворительный ответ на один из двух вопросов – 41 балл.

Оценки:

- «отлично» – 86-100 баллов;
- «хорошо» – 71-85 баллов;
- «удовлетворительно» – 60-70 баллов.

– «не зачтено» – менее 60 баллов.

Список вопросов к зачету размещен в УМК дисциплины.

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-2.05	
5	9	Раздел 1. Электроракетные двигатели и двигательные установки на их основе.	25	9	3	6	16	20	Задачи
5	9	Раздел 2. Физические процессы в ЭРД.	27	10	4	6	17	20	Домашнее задание
5	9	Раздел 3. Ионные двигатели.	37	12	4	8	25	20	Домашнее задание
5	9	Раздел 4. Ионно-холловские и коллоидные двигатели.	37	12	4	8	25	20	Домашнее задание
5	9	Раздел 5. Электротермические, электромагнитные и импульсные двигатели.	18	8	2	6	10	20	Задачи
Всего за 9 семестр			144	51	17	34	93	100	
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	100	