

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

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

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ХИМИЯ РАКЕТНЫХ ТОПЛИВ

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-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	
3	5	4	144	68	34	0	34	76	0	0	76	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

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

год набора группы: 2022

Программу составил:

Кафедра АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ  
Низяев Александр Александрович, 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**

## **ХИМИЯ РАКЕТНЫХ ТОПЛИВ**

### **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:

ОПК-1 — способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-1**

*знания:*

виды ракетных топлив и их характеристики;

процессы при горении химических ракетных топлив;

*умения:*

рассчитывать параметры продуктов сгорания ракетных топлив, тяги и термодинамического удельного импульса ракетных двигателей;

определять оптимальный состав химических ракетных топлив для решения различных задач;

*навыки:*

использования программ на ЭВМ для термодинамических расчетов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ХИМИЯ РАКЕТНЫХ ТОПЛИВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ХИМИЯ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ВНУТРИКАМЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ ДУ, ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ**.

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

### 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		ОПК-1
3	5	<b>Раздел 1. Термодинамические характеристики ракетных топлив и продуктов сгорания.</b> Классификация ракетных двигателей Удельные характеристики ракетного двигателя Газодинамические характеристики ракетных двигателей Основные понятия химической термодинамики Модель равновесного состава реагирующей смеси продуктов сгорания Принципы расчета параметров продуктов сгорания в камере и на срезе сопла.	48	24	12	12	24	40
3	5	<b>Раздел 2. Твердые ракетные топлива.</b> Баллистические твердые топлива Компоненты нитроцеллюлозных топлив Процесс горения баллистических твердых топлив Смесевые твердые топлива Компоненты смесевых топлив Особенности процесса горения смесевых твердых топлив.	56	32	16	16	24	30
3	5	<b>Раздел 3. Жидкие ракетные топлива.</b> Общая характеристика жидких топлив Горючие Окислители Горение жидких топлив. Кинетические характеристики.	40	12	6	6	28	30
<b>Всего за 5 семестр</b>			144	68	34	34	76	100
<b>Всего по дисциплине</b>			144	68	34	34	76	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Термодинамические характеристики ракетных топлив и продуктов сгорания.	Сведения о составе ракетного топлива. Условная формула топлива. Коэффициент избытка окислительных элементов.	2
2		Сведения о составе продуктов сгорания. Молекулярные, атомарные газообразные вещества, конденсированные вещества. Расчет теплоемкости, показателя адиабаты продуктов сгорания.	2
3		Энтальпия компонентов топлива и продуктов сгорания. Принципы расчета теплотворной способности топлива.	2
4		Оценка характеристик топлива и продуктов сгорания. Расчет теплотворной способности топлива.	6
5	Раздел 2. Твердые ракетные топлива.	Расчет условной формулы и коэффициента избытка окислителя твердого топлива	4
6		Расчет термодинамических параметров продуктов сгорания твердого топлива в камере и на срезе сопла ракетного двигателя	4
7		Работа с программой для термодинамического расчета	4
8		Расчет скорости истечения и термодинамического удельного импульса	4
9	Раздел 3. Жидкие ракетные топлива.	Определение оптимального состава двухкомпонентного жидкого топлива	4
10		Расчет характеристик двухкомпонентного жидкого топлива. Коэффициент избытка окислителя, параметр Km.	2
Всего за 5 семестр			34

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Термодинамические характеристики ракетных топлив и продуктов сгорания.	Подготовка к практическим занятиям	8
2		Выполнение домашнего задания №1	16

3	Раздел 2. Твердые ракетные топлива.	Подготовка к практическим занятиям	8
4		Выполнение домашнего задания №2	16
5	Раздел 3. Жидкие ракетные топлива.	Подготовка к практическим занятиям	12
6		Выполнение домашнего задания №3	16
Всего за 5 семестр			76

#### 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					ДЗ	ДР			ДЗ	ДР					ДЗ	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

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

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

- диагностическая работа;
- домашнее задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Параметры продуктов сгорания в камере и на срезе сопла ракетного двигателя. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
2. А. В. Сухов, К. Э. Парыгин, А. В. Сереев. . Топлива жидкостных ракетных двигателей. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011, эл. рес.
3. А. В. Сухов, М. М. Феценко, М. В. Тюгаев. . Твёрдые ракетные топлива. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006, эл. рес.
4. В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегаллин, А. П. Тишин. . Теория ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1989, 106 экз.
5. В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегаллин, А. П. Тишин. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания. Т. I Методы расчёта. М.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1971, 7 экз.
6. М. С. Штехер. . Топлива и рабочие тела ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1976, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. . Авиация. Космонавтика. Управление полётом. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 0 экз.
2. М. С. Штехер. . Топлива и рабочие тела ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1976, 2 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»;  
<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. Matlab 2015a SP1;
2. Програма расчета параметров продуктов сгорания.

### 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. Matlab 2015a SP1;
2. Програма расчета параметров продуктов сгорания.

### **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 **ХИМИЯ РАКЕТНЫХ ТОПЛИВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой АЗ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ДВИГАТЕЛИ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с видами ракетных топлив и описанием процесса их горения. При изучении дисциплины студенты получают представления о характеристиках ракетных топлив и приобретают навыки по выбору оптимальных составов топлив, предназначенных для использования в энергетических установках различного назначения.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- домашнее задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 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. Термодинамические характеристики ракетных топлив и продуктов сгорания.</b>		
Подготовка к практическим занятиям	. Параметры продуктов сгорания в камере и на срезе сопла ракетного двигателя: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (1-3) В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегаллин, А. П. Тишин. . Теория ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1989 (1-8)	8
Выполнение домашнего задания №1	. Авиация. Космонавтика. Управление полётом: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1-8) В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегаллин, А. П. Тишин. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания. Т. I Методы расчёта: М.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1971 (1-12)	16
Итого по разделу 1		24
<b>Раздел 2. Твердые ракетные топлива.</b>		
Подготовка к практическим занятиям	М. С. Штехер. . Топлива и рабочие тела ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1976 (4)	8
Выполнение домашнего задания №2	А. В. Сухов, М. М. Фещенок, М. В. Тюгаев. . Твёрдые ракетные топлива: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006 (2-4)	16
Итого по разделу 2		24
<b>Раздел 3. Жидкие ракетные топлива.</b>		
Подготовка к практическим занятиям	М. С. Штехер. . Топлива и рабочие тела ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1976 (3)	12
Выполнение домашнего задания №3	А. В. Сухов, К. Э. Парыгин, А. В. Сереев. . Топлива жидкостных ракетных двигателей: М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011 (1-3)	16
Итого по разделу 3		28

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- 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.

#### Домашнее задание

Рабочей программой предусмотрено 3 домашних задания по разделам дисциплины. Комплект домашних заданий входит в состав УМК дисциплины.

Домашнее задание считается принятым при выполнении всех следующих критериев:

- правильность результатов расчета;
- правильность выполнения графической части задания;
- правильность оформления отчета (структурная упорядоченность, наличие всех необходимых разделов);
- допускаются незначительные исправления в отчете.

Домашнее задание не может быть принято и подлежит доработке в случае:

- ошибок в расчетах и при оформлении графического материала;
- небрежного и безграмотного оформления отчета.

При сдаче домашнего задания предусматриваются ответы студента на вопросы преподавателя. Критерии оценивания:

- «отлично»: Студент дал полный ответ на 2 основных вопроса и возможные дополнительные вопросы;
- «хорошо»: Студент ответил на 2 основных вопроса с незначительными погрешностями и дал неполные ответы на дополнительные вопросы;
- «удовлетворительно»: Студент дал неполные ответы на 2 основных вопроса и не ответил на отдельные дополнительные вопросы;
- «неудовлетворительно»: Студент не ответил на три вопроса преподавателя. Работа подлежит повторной сдаче.

#### 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.

Дифференцированный зачет оформляется по результатам выполнения предусмотренных рабочей программой контрольных мероприятий. Оценка за дифференцированный зачет определяется на основе среднего арифметического оценок, полученных при сдаче заданий текущей аттестации, но не может превышать оценку, выставленную за последнее домашнее задание.

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		ОПК-1	
3	5	Раздел 1. Термодинамические характеристики ракетных топлив и продуктов сгорания.	48	24	12	12	24	40	Домашнее задание
3	5	Раздел 2. Твердые ракетные топлива.	56	32	16	16	24	30	Домашнее задание
3	5	Раздел 3. Жидкие ракетные топлива.	40	12	6	6	28	30	Домашнее задание
Всего за 5 семестр			144	68	34	34	76	100	
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100	