

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**  
**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

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

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И РАБОЧИЕ ТЕЛА

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок
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	5	3	108	34	17	0	17	74	0	0	74	диф. 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 составили:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ \_\_\_\_\_

Гашевский Егор Михайлович, старший преподаватель

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ \_\_\_\_\_

Ярошенко Николай Тимофеевич, д.т.н., старший научный сотрудник,  
профессор

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 ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И РАБОЧИЕ ТЕЛА**

### **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-4 — способность осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов авиационной и ракетно-космической техники
ОПК-6 — способность осуществлять критический анализ научных достижений в области авиационной и ракетно-космической техники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-4**

*знания:*

Способы производства реактивных топлив, их экономические, экологические характеристики.

Способы оценивания эффективности применения источника энергии для реактивных двигателей;

*умения:*

Способность оценить основные энергетические показатели двигателей и энергетических установок авиационного и ракетно-космического назначения в зависимости от вида топлива;

*навыки:*

Расчет условной формулы топлива, соотношения между компонентами топлива.

### **ОПК-6**

*знания:*

Виды источников энергии для двигателей и энергетических установок авиационного и ракетно-космического назначения. Их состав, энергетические, физико-химические характеристики, особенности

эксплуатации;

*умения:*

Способность осуществлять анализ характеристик источников энергии, области применения, особенности конструктивных решений в зависимости от выбора топлива;

*навыки:*

Обоснование выбора источника энергии для конкретного назначения с учетом перспективных разработок и исследований.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И РАБОЧИЕ ТЕЛА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ КАМЕР СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

### 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		ОПК-4	ОПК-6
3	5	Раздел 1. Введение. Общие сведения о рабочих телах. Классификация рабочих тел по различным признакам.	5	1	1	0	4	10	0
3	5	Раздел 2. Рабочие тела как источники энергии. Общие понятия и определения. Источники энергии химических энергоустановок, ядерных энергоустановок. Общая классификация химических рабочих тел. Основные энергетические и физико-химические характеристики рабочих тел. Требования к рабочим телам.	9	1	1	0	8	10	20
3	5	Раздел 3. Состав рабочих тел. Условная химическая формула компонентов топлива и рабочего тела. Стехиометрическое и действительное соотношение. Коэффициент избытка окислителя. Влияние коэффициента избытка окислителя на энергетические и физико-химические характеристики рабочих тел.	27	11	2	9	16	20	10
3	5	Раздел 4. Оценка эффективности рабочих тел. Методы оценки эффективности рабочих тел.	24	10	2	8	14	10	10
3	5	Раздел 5. Жидкие рабочие тела. Основные свойства жидких рабочих тел. Окислители, горючие. Классификация, свойства Органические соединения. Неорганические соединения. Элементоорганические соединения.	12	4	4	0	8	10	20
3	5	Раздел 6. Металлические горючие. Чистые металлы как горючее энергосиловых установок. Органозолы как горючее.	10	2	2	0	8	10	10
3	5	Раздел 7. Твердые рабочие тела. Классификация ТРТ. Основные определения. Баллистные ТРТ. Смесевые ТРТ. Окислители смесевых ТРТ. Горючие смесевых ТРТ. Физико-химические и энергетические характеристики ТРТ.	10	2	2	0	8	10	10
3	5	Раздел 8. Топлива для авиации и ГТД. Классы углеводородов. Производство жидких топлив. Физические свойства топлив. Свойства топлив, влияющие на процесс горения. Жидкие топлива и требования к ним.	11	3	3	0	8	20	20
Всего за 5 семестр			108	34	17	17	74	100	100
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 3. Состав рабочих тел.	Условная химическая формула компонентов топлива и рабочего тела. Стехиометрическое и действительное соотношение. Коэффициент избытка окислителя	6
2		Влияние коэффициента избытка окислителя на энергетические и физико-химические характеристики рабочих тел	3
3	Раздел 4. Оценка эффективности рабочих тел.	Оценка эффективности рабочих тел	8
Всего за 5 семестр			17

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение.	Подготовка к Лекции	4
2	Раздел 2. Рабочие тела как источники энергии.	Подготовка к Лекции	8
3	Раздел 3. Состав рабочих тел.	Подготовка к практическому занятию №1	4
4		Подготовка к контрольной работе	4
5		Подготовка к практическому занятию №2	4

6		Подготовка к контрольной работе	4
7	Раздел 4. Оценка эффективности рабочих тел.	Подготовка к практическому занятию №3	14
8	Раздел 5. Жидкие рабочие тела. Основные свойства жидких рабочих тел.	Подготовка к лекции	8
9	Раздел 6. Металлические горючие.	Подготовка к лекции	8
10	Раздел 7. Твердые рабочие тела. Классификация ТРТ.	Подготовка к лекции	8
11	Раздел 8. Топлива для авиации и ГТД.	Подготовка к лекции	8
<b>Всего за 5 семестр</b>			<b>74</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
5						ДР			Контр.Р.	ДР						ДР	Тест, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- Тест – тест;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- контрольная работа;
- тест.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Боряев, А. А. Левихин. . Химмотология авиационных топлив. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, эл. рес.
2. А. А. Дорофеев. . Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчёт и проектирование. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014, 15 экз.
3. А. А. Левихин, Л. П. Юнаков. . Рабочие тела и топлива ракетных двигателей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 24 экз.
4. Г. Ф. Быстрицкий. . Теплотехника и энергосиловое оборудование промышленных предприятий. Москва: Юрайт, 2021, эл. рес.
5. М. С. Штехер. . Топлива и рабочие тела ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1976, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. М. С. Штехер. . Топлива и рабочие тела ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1976, 2 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Двигатель.

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

1. <https://ibooks.ru/> – Электронная-библиотечная система «ibooks.ru»;
2. <https://e.lanbook.com/> – Электронная-библиотечная система «Лань»;
3. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2/> - Библиотека "ВОЕНМЕХ" — 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. Интерактивная доска.

### **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 **ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И РАБОЧИЕ ТЕЛА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** 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*:

ОПК-4 способность осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов авиационной и ракетно-космической техники;

ОПК-6 способность осуществлять критический анализ научных достижений в области авиационной и ракетно-космической техники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с существующими источниками энергии, методами оценки эффективности рабочих тел энергетических установок, особенностями их производства и эксплуатации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- контрольная работа;
- тест.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный 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 1. Введение.		
Подготовка к Лекции	А. А. Левихин, Л. П. Юнаков. . Рабочие тела и топлива ракетных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (2.1)	4
Итого по разделу 1		4
Раздел 2. Рабочие тела как источники энергии.		
Подготовка к Лекции	А. А. Левихин, Л. П. Юнаков. . Рабочие тела и топлива ракетных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (2.1) М. С. Штехер. . Топлива и рабочие тела ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1976 (1)	8
Итого по разделу 2		8
Раздел 3. Состав рабочих тел.		
Подготовка к практическому занятию №1	М. С. Штехер. . Топлива и рабочие тела ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1976 (1) А. А. Левихин, Л. П. Юнаков. . Рабочие тела и топлива ракетных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (2.1) А. А. Дорофеев. . Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчёт и проектирование: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014 (16) Г. Ф. Быстрицкий. . Теплотехника и энергосиловое оборудование промышленных предприятий: Москва: Юрайт, 2021 (5)	4
Подготовка к контрольной работе		4
Подготовка к практическому занятию№2		4
Подготовка к контрольной работе		4
Итого по разделу 3		16
Раздел 4. Оценка эффективности рабочих тел.		
Подготовка к практическому занятию№3	А. А. Левихин, Л. П. Юнаков. . Рабочие тела и топлива ракетных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (2.1)	14
Итого по разделу 4		14
Раздел 5. Жидкие рабочие тела. Основные свойства жидких рабочих тел.		
Подготовка к лекции	М. С. Штехер. . Топлива и рабочие тела ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1976 (2,3) А. А. Левихин, Л. П. Юнаков. . Рабочие тела и топлива ракетных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (2.2-2.3)	8
Итого по разделу 5		8
Раздел 6. Металлические горючие.		
Подготовка к лекции	М. С. Штехер. . Топлива и рабочие тела ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1976 (5)	8

Итого по разделу 6		8
<b>Раздел 7. Твердые рабочие тела. Классификация ТРТ.</b>		
Подготовка к лекции	М. С. Штехер. . Топлива и рабочие тела ракетных двигателей: М.: Машиностроение, 1976 (4)	8
Итого по разделу 7		8
<b>Раздел 8. Топлива для авиации и ГТД.</b>		
Подготовка к лекции	А. А. Боряев, А. А. Левихин. . Химмотология авиационных топлив: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (8) Г. Ф. Быстрицкий. . Теплотехника и энергосиловое оборудование промышленных предприятий: Москва: Юрайт, 2021 (Глава 5 п. 5.1)	8
Итого по разделу 8		8

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- тест;
- контрольная работа;
- 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.

#### Тест

Тест состоит из 20 вопросов. Тест считается сданным при наличии правильных ответов на не менее чем на 60% вопросов. Комплект тестовых заданий входят в состав УМК дисциплины.

#### Контрольная работа

Контрольная работа содержит 2 задачи и оценивается с помощью системы оценок «зачтено», «не зачтено». Зачтено» выставляется при правильном решении всех задач контрольной работы.

#### Задача 1

Рассчитать условную формулу Компонента 1 ракетного топлива по массе. Состав Компонента 1 приведен в весовых долях.

#### Задача 2.

Используя условную формулу, полученную в Задаче 1, рассчитать:

Мольное и массовое стехиометрическое соотношение ( $K_o$ ,  $K_{mo}$ ) для топливной пары Компонент1+Компонент2. Расчет  $K_{mo}$  произвести по точной и приближенной формулам. Результаты сравнить-выразить погрешность в %.

#### Задача 3.

Рассчитать условную формулу топлива, состоящего из Компонент1+ Компонент2.

Коэффициент избытка окислителя  $\alpha$  принять:

Для вариантов 1-6  $\alpha=0,98$ ;

Для вариантов 7-12  $\alpha=1$ ;

№ варианта Компонент 1 Весовые доли Формула Компонент 2

1 АК-20 0,78  $HNO_3$   $CH_6N_2$

0,22  $N_2O_4$

2 Метиловый спирт 85% 0,85  $CH_3OH$   $HNO_3$

0,15  $H_2O$

3 Этиловый спирт 80% 0,8  $C_2H_5OH$   $HNO_3$

0,2  $H_2O$

4 ВА1185 0,51  $CH_6N_2$   $N_2F_4$

0,3  $N_2H_4$

0,19  $H_2O$

5 MHF-3 0,86  $CH_6N_2$   $ClF_5$

0,14  $N_2H_4$

6 MHF-5 0,55  $CH_6N_2$   $ClF_5$

0,26  $N_2H_4$

0,19  $N_2H_5NO_3$

7 IRFNA III 0,83  $HN_3$   $C_2H_8N_2$

0,14  $NO_2$

0,03  $H_2O$

8 Hydne 0,6  $C_2H_8N_2$   $O_2$

0,4  $C_4H_{13}N_3$

9 ВОЗДУХ 0,76  $N_2$   $C_2H_5OH$

0,23 O<sub>2</sub>  
0,01 Ar  
10 AK-27 0,27 N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>  
0,71 HN<sub>3</sub>  
0,02 H<sub>2</sub>O  
11 Азотная кислота 97% 0,97 HNO<sub>3</sub> C<sub>5</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>  
0,03 H<sub>2</sub>O  
12 IRFNA IV 0,54 HN<sub>3</sub> CH<sub>6</sub>N<sub>2</sub>  
0,44 NO<sub>2</sub>  
0,02 H<sub>2</sub>O

### **Дифференцированный зачет**

Диф. зачет считается не сданным при наличии менее 60% правильных ответов на тестовое задание, состоящее из 20 вопросов.

Оценка "удовлетворительно" выставляется при наличии не менее 60% и не более 80% правильных ответов на тестовое задание, состоящее из 20 вопросов.

Для получения оценки «отлично» и "хорошо" требуется ответить на два вопроса билета. Оценивается полнота и правильность ответов.

Оценка «хорошо» выставляется при наличии ответа по билету не менее 80%.

Оценка «отлично» выставляется при наличии ответа по билету не менее 80%, ответы на 1-2 дополнительных вопроса со степенью полноты ответа не менее 30% по каждому.

Вопросы к диф. зачету:

1. Источники энергии и массы для ракетных двигателей. Химические ракетные топлива. Удельная работа газа
2. Основные характеристики рабочих тел. Классификация химических ракетных топлив.
3. Требования к рабочим телам.
4. Состав рабочих тел. Влияние состава на энергетические и физико-механические характеристики.
5. Влияние характеристик топлива на показатели ракеты.
6. Оценка эффективности топлива при использовании в качестве критерия идеальной скорости.
7. Воспламенение зарядов ТРТ
8. Сопоставление основных характеристик ЖРТ и ТРТ
9. Методы экспериментального исследования топлив с целью определения из основных характеристик
10. Физическая модель горения твердого топлива
11. Область применения твердых топлив
12. Сравнение характеристик ЖРТ и ТРТ
13. Обоснование выбора топлива ЖРД.
14. Нефтепродукты. Классы углеводородов.
15. Горючие на основе металлов. Гидрореагирующие горючие.
16. Изготовление зарядов смесового твердого топлива
17. Топлива для газотурбинных двигателей. Классификация. Особенности в сравнении с ЖРТ.
18. Окислители ЖРТ. Классификация. Требования.
19. Горючие ЖРТ. Классификация. Требования.
20. Перспективные топливные композиции
21. Твердые рабочие тела, их классификация.
22. Основные требования к ТРТ
23. Двухосновные ТРТ. Состав. Особенности.
24. Смесовые топлива. Состав. Особенности
25. Добавки к ТРТ. Состав. Назначение.
26. Основные характеристики ТРТ.
27. Гидриды как способ хранения водорода.
28. Сжатые газы как рабочие тела
29. Специальные виды рабочих тел
30. Смешанные многокомпонентные топлива (СМТ).
31. Рабочие тела газовых турбин (ГТ).
32. Эквивалентная (условная) формула топлива Соотношение между компонентами топлива
33. Баллистические твердые топлива
34. Изготовление зарядов из баллистического твердого топлива
35. Окислители смесовых твердых топлив
36. Горючие смесовых твердых топлив
37. Воспламенители зарядов твердого топлива

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-4	ОПК-6	
3	5	Раздел 1. Введение.	5	1	1	0	4	10	0	Тест
3	5	Раздел 2. Рабочие тела как источники энергии.	9	1	1	0	8	10	20	Тест
3	5	Раздел 3. Состав рабочих тел.	27	11	2	9	16	20	10	Тест, Контрольная работа
3	5	Раздел 4. Оценка эффективности рабочих тел.	24	10	2	8	14	10	10	Тест
3	5	Раздел 5. Жидкие рабочие тела. Основные свойства жидких рабочих тел.	12	4	4	0	8	10	20	Тест
3	5	Раздел 6. Металлические горючие.	10	2	2	0	8	10	10	Тест
3	5	Раздел 7. Твердые рабочие тела. Классификация ТРТ.	10	2	2	0	8	10	10	Тест
3	5	Раздел 8. Топлива для авиации и ГТД.	11	3	3	0	8	20	20	Тест
Всего за 5 семестр			108	34	17	17	74	100	100	
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	100	

## Критерии оценивания

### ОПК-4

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Самовоспламеняющиеся топлива это
- № 2 Закон Аррениуса устанавливает связь между-скоростью химической реакции и температурой, в который включает две эмпирические константы энергия активации и константа скорости они определяют
- № 3 ЖРД с фазовым переходом это
- № 4 Почему наддув баков с жидким водородом осуществляют только гелием
- № 5 Кинетическая и диффузионная область протекания взаимодействия горючего и окислителя отличаются тем, что
- № 6 Уравнение Циолковского определяет: -влияние плотности топлива на идеальную скорость ракеты
- № 7 Производные аммиака, в которых атомы водорода замещены радикалами - это:
- Амины алифатические
  - Амины ароматические
- № 8 Производные аммиака, в которых атомы водорода замещены радикалами содержащими бензольное кольцо - это:
- Амины алифатические
  - Амины ароматические
- № 9 Почему жидкий водород не применяется на первых ступенях ракет
- № 10 Какие топлива наиболее пригодны для двигателя с фазовым переходом:
- низкокипящие криогенные горючие
  - топлива на основе предельных углеводородов
  - высококипящие гидриды азота
  - низкокипящие криогенные окислители
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Какие источники энергии используются в ракетной технике:
1. Химические
  2. Электрические
  3. Ядерные
  4. Механические
  5. Все
- № 2 Условие воспламенения топлива в сосуде:
1. подогрев сосуда;
  2. превышение величины теплоприхода в результате химического взаимодействия компонентов топлива величины теплоотвода в окружающую среду;
  3. подогрев сосуда до температуры вспышки газов или паров топлива;
  4. достаточное количество времени для разогрева сосуда до температуры вспышки газов или паров
- № 3 Закон Клайперона –Клаузиуса устанавливает связь между:
1. температурой жидкости и ее паров;
  2. температурой жидкости и давлением ее насыщенного пара;
  3. температурой жидкости и концентрацией ее паров в атмосфере;
  4. парциальным давлением паров жидкости и общим давлением в сосуде



- № 4                      Стехиометрическое соотношение компонентов это:
1. соотношение количества горючего и окислителя обеспечивающее воспламенение топлива;
  2. соотношение количества горючего и окислителя выраженное в молях;
  3. соотношение количества исходных реагирующих веществ обеспечивающее их взаимодействие до конечных продуктов реакции;
  4. соотношение количества горючего и окислителя подаваемого в камеру сгорания
- № 5                      Гидриды азота это:
1. соединения полученные на основе аммиака путем замены водорода на метильный радикал;
  2. соединения молекула которых содержит не менее двух связей азот-водород;
  3. вещества в молекуле которых реализованы связи азота и водорода;
  4. горючие самовоспламеняющиеся с азотными окислителями
- № 6                      Коэффициент избытка окислителя характеризует:
1. соотношение горючих и окислительных элементов в химической формуле компонента топлива;
  2. массовое соотношение компонентов топлива при котором достигается максимальное значение удельного импульса;
  3. отличие фактического значения массового соотношения расхода горючего и окислителя от стехиометрического;
  4. гарантированный остаток окислителя в баке ракеты к моменту останова двигателя.
- № 7                      Как записать однокомпонентное топливо гидразин условной химической формулой с молекулярной массой  $\mu = 100$ ?
1.  $N_{6,241} H_{12,482}$
  2.  $N_2 H_4$
  3.  $N_{62,41} H_{124,82}$
  4.  $N_{20} H_{40}$
- № 8                      Межкристаллическая коррозия характерна для:
1. жидкого метана;
  2. жидкого водорода;
  3. жидкого кислорода;
  4. керосина.
- № 9                      Температура воспламенения:
1. наименьшая температура, при которой условиях специальных испытаний вещество выделяет горючие пары способные к вспышке при внесении источника зажигания;
  2. это наименьшая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний вещество выделяет горючие пары и газы со способные к воспламенению с такой скоростью, что при воздействии на них источника зажигания наблюдается воспламенение.
  3. наименьшая температура компонента, при которой в результате вспышки паров над "зеркалом" жидкости происходит ее воспламенение

4. параметр определяющий способность компонентов топлива к самовоспламенению

№ 10 Какое условие должно быть выполнено при составлении уравнения материального баланса?

1. Равенство числа атомов  $i$ -го химического элемента в топливе и продуктах сгорания;
2. Равенство числа молей в топливе и продуктах сгорания;
3. Исходное топливо должно быть задано относительными массовыми долям  $i$ -го химических элементов.
4. Расчёт должен выполняться на 1 кг или 1 моль исходного топлива.

### ОПК-6

*Вопросы открытого типа:*

№ 1 Показатель термостабильности пероксида водорода (ПТ) это

№ 2 Как зависит температура кипения и плавления пероксида водорода от его концентрации:

- обе температуры повышаются с ростом концентрации пероксида водорода
- обе температуры понижаются с ростом концентрации пероксида водорода
- температур кипения повышается, температура плавления понижается с ростом концентрации пероксида водорода
- температур кипения понижается, температура плавления повышается с ростом концентрации пероксида водорода

№ 3 Каким основным требованиям должны отвечать конструкционные материалы, применяемые для изделий, работающих в контакте с окислителями на основе пероксида водорода:

- не ускорять разложение пероксида водорода на своей поверхности
- ускорять разложение пероксида водорода на своей поверхности
- обладать высокой коррозионной стойкостью

№ 4 Согласно теории нормального распространения движущей силой поддержания горения смеси реагирующих веществ является

№ 5 Почему в ракетной технике не применяются окислители на основе фтора и его соединений:

- из-за низкого удельного импульса
- из-за высокой токсичности и высокой коррозионной активности

№ 6 Условная формула топлива определяет

№ 7 Для чего разработано топливо ТМ-185 и почему в настоящее время практически не применяется

№ 8 Для чего разработано топливо «Циклин» и почему в настоящее время практически не применяется

№ 9 Температурный коэффициент суммарной скорости взаимодействия компонентов топлива эта величина характеризует:

-увеличение объема зоны реакции при повышении температуры;

- во сколько раз возрастает скорость химических реакций при увеличении температуры в зоне реакции на 10°C;

-изменение равновесного состава продуктов реакций;

-увеличение теплотеря от реакционного сосуда в окружающую среду.

№ 10 Температура вспышки компонента это

*Вопросы закрытого типа:*

№ 1 В чем отличие ракетного двигателя от реактивного:

1. ракетный двигатель устанавливается на ракете, а реактивный на самолете;
  2. реактивный двигатель использует в качестве окислителя атмосферный воздух, а ракетный - окислитель, заправленный в ракету;
  3. реактивный двигатель работает на керосине, а ракетный на любом горючем;
  4. ракетный двигатель работает на твердом топливе
- № 2            Удельный импульс это:
1. отношение силы удара к массе ударяющего тела;
  2. сила, приложенная к телу в единицу времени;
  3. отношение сил тяги ракетного двигателя к секундному расходу топлива;
  4. тяга одного двигателя в многокамерной двигательной установке
- № 3            Какие свойства ЖРД с фазовым переходом облегчают решение задачи повторного применения двигателя:
1. низкое давление рабочего тела при реализации открытой схемы;
  2. низкая коррозионная активность криогенных рабочих тел;
  3. низкая температура рабочего тела, вращающего турбину;
  4. низкая молекулярная масса перспективных рабочих тел: водорода и метана
- № 4            Температура кипения и замерзания гидридов азота снижается в следующем порядке:
1. гидразин
  2. симметричный диметилгидразин
  3. монометилгидразин
  4. несимметричный диметилгидразин
- № 5            Какое требование к электрооборудованию обязательно в помещениях, в которых возможно присутствие горючих газов:
1. напряжение не выше 12 вольт;
  2. ток не более 10 ампер;
  3. искробезопасное исполнение всех приборов;
  4. все корпуса приборов должны быть герметичны
- № 6            Удельный импульс какого топлива наиболее высок у азотного тетраоксида?
1. монометилгидразин
  2. несимметричного диметилгидразин
  3. аэрозин 50
  4. гидразин
- № 7            Транспортировка гидразина проводится;
1. в стеклянной таре;
  2. в емкостях из алюминиевых сплавов и нержавеющей сталей;
  3. в емкостях из алюминиевых сплавов и нержавеющей сталей под наддувом азотом;
  4. в герметичных емкостях из алюминиевых сплавов и нержавеющей сталей.
- № 8            Стабилизаторами разложения пероксида водорода являются:
1. оловянно-кислый натрий
  2. соли свинца
  3. дифосфат натрия
  4. азотно-кислый аммоний

- № 9                      Пероксид водорода в ракетной технике применяется в качестве:
1. окислителя ракетного топлива
  2. медицинского препарата для дезинфекции ран
  3. отбеливателя целлюлозы
  4. однокомпонентного топлива
- № 10                    Какие марки пероксида водорода используется на ракете "Союз" и на спускаемом аппарате "Союз":
1. ПВ-85, концентрации 84,5%
  2. ПВ-98 концентрации 97,5%
  3. ПВ -100 концентрации 99,5%
  4. ПВ-К, концентрации 93-95,5%