

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Цифровые технологии проектирования и конструирования ракетных систем
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космическая техника
Выпускающая кафедра	A1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ
Кафедра-разработчик рабочей программы	A1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

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	7	3	108	68	34	0	34	40	0	0	40	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика**

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ  
Савельев Сергей Константинович, к.т.н., доцент, доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

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

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

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

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ**

## **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-6 — Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития ракетно-космической техники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-6**

*знания:*

Текущего состояния ракетной техники;

*умения:*

Анализировать перспективы развития ракетной техники;

*навыки:*

Решения основных проектных задач по разработке конструкций ракетной техники.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

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 в профессиональной деятельности

### 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-6
4	7	<b>Раздел 1. Общее описание работы РДТТ. Топлива и заряды.</b> Идеальный цикл РДТТ. Термический КПД. Скорость истечения. Тяга и удельные параметры двигателя. Виды и свойства топлив. Двухосновные топлива. Смесевые топлива. Пиротехнические составы. Технологии получения зарядов. Механические характеристики топлив. Требования, предъявляемые к твердым топливам. Основы термодинамического расчета параметров продуктов сгорания. Процесс горения в РДТТ. Общая схема горения ТТ. Горение двухосновных топлив. Особенности процессов горения смесевых топлив. Горение металлизированных топлив. Закон скорости горения ТТ. Требования к зарядам РДТТ. Основные формы зарядов РДТТ. Общая постановка задачи геометрического проектирования заряда. Методы анализа трансформации поверхности. Основные формы зарядов. Методы изменения локальной скорости горения.	34	24	12	12	10	20
4	7	<b>Раздел 2. Внутрибаллистический расчет РДТТ.</b> Расчет процесса воспламенения. Расчет периода спада давления в двигателе. Внутрибаллистический расчет в нулевой постановке. Формула Бори. Расчет давления при использовании комбинированного заряда. Общая схема внутрибаллистического расчета РДТТ.	26	16	4	12	10	20
4	7	<b>Раздел 3. Тепловая защита РДТТ.</b> Основные классы теплозащитных материалов. Работа теплозащитных материалов в продуктах сгорания ТРГ. Методы расчета уноса ТЗМ. Модель разрушения материалов с прочным коксом.	23	14	4	10	9	15
4	7	<b>Раздел 4. Регулирование вектора тяги и давления в РДТТ.</b> Прерывание горения заряда. Методы изменения скорости горения. Управление направлением вектора тяги.	8	4	4	0	4	15
4	7	<b>Раздел 5. Конструкция и проектирование сопловых блоков.</b> Анализ вклада различных частей сопла Лавала в формирование тяги. Проектирование дозвуковой части. Конструктивные решения критического сечения. Проектирование сверхзвуковой части сопла. Типовые схемы конструктивных решений для сопловых блоков.	10	6	6	0	4	15
4	7	<b>Раздел 6. Испытания РДТТ.</b> Типы испытаний. Типы стендов для огневых стендовых испытаний. Измерение тяги. Измерение давления. Измерение скорости горения. Испытания теплозащитных покрытий.	7	4	4	0	3	15
<b>Всего за 7 семестр</b>			108	68	34	34	40	100
<b>Всего по дисциплине</b>			108	68	34	34	40	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Общее описание работы РДТТ. Топлива и заряды.	Расчет изменения геометрии заряда РДТТ в процессе работы. Анализ конструкции двигателя. Построение 3D модели двигателя и заряда. Параметризация заряда двигателя. Построение зависимости площади поверхности от толщины сгоревшего свода. Расчет изменения масс-центровочных характеристик заряда и двигателя от толщины сгоревшего свода.	12
2	Раздел 2. Внутрибаллистический расчет РДТТ.	Расчет внутрибаллистических характеристик. Анализ работы двигателя при автономном горении воспламенителя. Анализ процесса горения до момента разрыва мембраны. Анализ изменения давления на основном режиме	12
3	Раздел 3. Тепловая защита РДТТ.	Анализ тепловой защиты РДТТ. Анализ течения и теплообмена на сопловой крышке. Анализ течения и теплообмена по тракту соплового блока. Анализ радиационных тепловых потоков. Выбор теплозащитных материалов и оценка их потребных толщин.	10
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>34</b>

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Общее описание	изучение лекционного материала изучение основной и	5

	работы РДТТ. Топлива и заряды.	дополнительной литературы	
2		подготовка к лабораторным занятиям по тематике раздела оформление отчета по тематике лабораторного занятия	5
3	Раздел 2. Внутрибаллистический расчет РДТТ.	изучение лекционного материала изучение основной и дополнительной литературы	5
4		подготовка к лабораторным занятиям по тематике раздела оформление отчета по тематике лабораторного занятия	5
5	Раздел 3. Тепловая защита РДТТ.	изучение лекционного материала изучение основной и дополнительной литературы	5
6		подготовка к лабораторным занятиям по тематике раздела оформление отчета по тематике лабораторного занятия	4
7	Раздел 4. Регулирование вектора тяги и давления в РДТТ.	изучение лекционного материала изучение основной и дополнительной литературы	4
8	Раздел 5. Конструкция и проектирование сопловых блоков.	изучение лекционного материала изучение основной и дополнительной литературы	4
9	Раздел 6. Испытания РДТТ.	изучение лекционного материала изучение основной и дополнительной литературы	3
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>40</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
7						ДР	Отч. по ПЗ			ДР					КПос	ДР	Отч. по ПЗ

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- КПос – контроль посещаемости.

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

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- контроль посещаемости.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. П. Белов. . Сопловые блоки ракетных двигателей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, эл. рес.
2. В. П. Белов. . Тепловое проектирование ракетных двигателей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 44 экз.
3. В. П. Белов. . Сопловые блоки ракетных двигателей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 61 экз.
4. Ю. С Соломонов, А. М. Липанов, А. В. Алиев. . Твёрдотопливные регулируемые двигательные установки. М.: Машиностроение, 2011, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Вестник воздушно-космической обороны.

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

1. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
3. <https://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде.

### 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:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; 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 **ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете *А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ"* им. Д.Ф. Устинова кафедрой *А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-6 Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития ракетно-космической техники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с анализом, проектированием и испытанием энергоустановок твердого топлива.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- контроль посещаемости.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 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. Общее описание работы РДТТ. Топлива и заряды.		
изучение лекционного материала изучение основной и дополнительной литературы	Ю. С Соломонов, А. М. Липанов, А. В. Алиев. . Твёрдотопливные регулируемые двигательные установки: М.: Машиностроение, 2011 (1-4)	5
подготовка к лабораторным занятиям по тематике раздела оформление отчета по тематике лабораторного занятия		5
Итого по разделу 1		10
Раздел 2. Внутрибаллистический расчет РДТТ.		
изучение лекционного материала изучение основной и дополнительной литературы	В. П. Белов. . Тепловое проектирование ракетных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (2-3)	5
подготовка к лабораторным занятиям по тематике раздела оформление отчета по тематике лабораторного занятия		5
Итого по разделу 2		10
Раздел 3. Тепловая защита РДТТ.		
изучение лекционного материала изучение основной и дополнительной литературы	В. П. Белов. . Тепловое проектирование ракетных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (2-4)	5
подготовка к лабораторным занятиям по тематике раздела оформление отчета по тематике лабораторного занятия		4
Итого по разделу 3		9
Раздел 4. Регулирование вектора тяги и давления в РДТТ.		
изучение лекционного материала изучение основной и дополнительной литературы	В. П. Белов. . Сопловые блоки ракетных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (4-6)	4
Итого по разделу 4		4
Раздел 5. Конструкция и проектирование сопловых блоков.		
изучение лекционного материала изучение основной и дополнительной литературы	В. П. Белов. . Сопловые блоки ракетных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (4-6)	4
Итого по разделу 5		4
Раздел 6. Испытания РДТТ.		
изучение лекционного материала	Ю. С Соломонов, А. М. Липанов, А. В. Алиев. .	3

изучение основной и дополнительной литературы	Твёрдотопливные регулируемые двигательные установки: М.: Машиностроение, 2011 (5-7)	
Итого по разделу 6		3

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- отчет по практическому заданию;
- контроль посещаемости;
- экзамен.

### 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.

#### Отчет по практическому заданию

Отчет по практической работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по лабораторной работе.

Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Критерии оценивания: в случае если оформление отчета, доклад студента по выполненной работе и ответы на вопросы преподавателя во время защиты соответствуют требованиям, предъявляемым к знаниям студента по данному практическому занятию, отчет по практической работе считается принятым.

Основаниями для дополнительной доработки отчета являются:

- небрежное выполнение,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках),

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала,
- некорректной обработки результатов.

Текущий контроль.

Проверяется усвоение учебного лекционного материала соответствующих разделов программы дисциплины.

Критерии оценивания.

Ответ на каждый вопрос оценивается по бинарной шкале;

- зачтено выставляется при безукоризненном ответе на вопросы по соответствующему разделам и, в обязательном порядке, на дополнительные вопросы. Причем ответы на дополнительные вопросы даются без предварительной подготовки, правильные, но недостаточно полные и четкие ответы на поставленные преподавателем вопросы, при грамотном представлении материала ;
- неправильные и неполные ответы на все поставленные преподавателем вопросы при технически неграмотном изложении – не зачтено.

Вопросы для текущего контроля:

1. КПД ракетного двигателя.
2. Влияние конструктивных особенностей РДТТ на характеристики ЛА
3. Удельные характеристики РДТТ.
4. Оптимизация РДТТ на основе использования нескольких топлив.
5. Основные схемы конструкций РДТТ
6. Основные формы зарядов РДТТ
7. Типы твердых ракетных топлив и области их применения.
8. Характеристики двухосновных ТРТ.
9. Составы и характеристики смесевых ТРТ

10. Что такое теплота образования вещества
11. Условная формула топлива
12. Общая схема термодинамического расчета
13. Определение состава продуктов сгорания
14. Как изменяется состав продуктов сгорания при перемещении по тракту двигателя и в сопле
15. Как определить характеристики продуктов сгорания?
16. Каковы основные отличия в процессах горения двухосновных и смесевых ТРТ?
17. От чего зависит состав конденсированных продуктов сгорания?
18. Какие физические процессы сопровождают сгорание металлического горючего?
19. Какие преимущества обеспечивает использование металлического горючего и какие проблемы создает его использование?
20. Какие факторы определяют интенсивность выноса конденсированных продуктов сгорания на элементы конструкции двигателя?
21. Область применения и идея геометрического расчета щелевого заряда.
22. Область применения и идея геометрического расчета звездчатого заряда
23. Область применения и идея геометрического расчета зонтичного заряда
24. Методы расчета изменения геометрии заряда РДТТ

### **Контроль посещаемости**

Ведется путем переключки студентов, присутствующих на занятии.

В случае пропуска занятия студент должен представить реферат по теме пропущенного занятия.

### **Экзамен**

Допуском к экзамену является выполнение всех контрольных мероприятий, предусмотренных рабочей программой дисциплины в 8 семестре.

Экзамен проходит в форме устных ответов на вопросы экзаменационного билета; каждый билет содержит два вопроса из приведённого ниже перечня.

Критерии оценивания

Ответ на каждый вопрос и по билету в целом оценивается по пятибалльной шкале;

- отличная оценка выставляется при безукоризненном ответе на вопросы билета и, в обязательном порядке, на дополнительные вопросы. Причем ответы на дополнительные вопросы даются без предварительной подготовки.
- правильные, но недостаточно полные и четкие ответы на поставленные преподавателем вопросы, при грамотном представлении материала – «хорошо»;
- удовлетворительная оценка может быть выставлена и при ответе только на первый вопрос, на усмотрение преподавателя, с учетом работы студента в семестре.
- неправильные и неполные ответы на все поставленные преподавателем вопросы при технически неграмотном изложении – «неудовлетворительно».

Вопросы к экзамену:

1. КПД ракетного двигателя.
2. Влияние конструктивных особенностей РДТТ на характеристики ЛА
3. Удельные характеристики РДТТ.
4. Оптимизация РДТТ на основе использования нескольких топлив.
5. Основные схемы конструкций РДТТ
6. Основные формы зарядов РДТТ
7. Типы твердых ракетных топлив и области их применения.
8. Характеристики двухосновных ТРТ.
9. Составы и характеристики смесевых ТРТ
10. Что такое теплота образования вещества
11. Условная формула топлива
12. Общая схема термодинамического расчета
13. Определение состава продуктов сгорания
14. Как изменяется состав продуктов сгорания при перемещении по тракту двигателя и в сопле
15. Как определить характеристики продуктов сгорания?
16. Каковы основные отличия в процессах горения двухосновных и смесевых ТРТ?
17. От чего зависит состав конденсированных продуктов сгорания?
18. Какие физические процессы сопровождают сгорание металлического горючего?
19. Какие преимущества обеспечивает использование металлического горючего и какие проблемы создает его использование?
20. Какие факторы определяют интенсивность выноса конденсированных продуктов сгорания на элементы конструкции двигателя?
21. Область применения и идея геометрического расчета щелевого заряда.

22. Область применения и идея геометрического расчета звездчатого заряда
23. Область применения и идея геометрического расчета зонтичного заряда
24. Методы расчета изменения геометрии заряда РДТТ
25. Формула Бори
26. Как рассчитать работу двигателя на спаде давления?
27. Расчет внутрикамерного давления при автономном горении воспламенителя
28. Расчет внутрикамерного давления при совместном горении воспламенителя и заряда
29. Общая схема расчета внутрикамерного давления в предположении постоянства температуры продуктов сгорания
30. Общая схема расчета внутрикамерного давления в предположении с учетом изменения температуры продуктов сгорания при изменении давления
31. Анализ устойчивости работы РДТТ
32. Влияние начальной температуры заряда внутрикамерное давление
33. Способы контроля за поддержанием заданной кривой давления при изменении внешних параметров среды
34. Регулирование скорости горения.
35. Особенности горения ТРТ на нестационарных режимах.
36. Методы, используемые для геометрического проектирования зарядов РДТТ.
37. Теплообмен на переднем днище двигателя.
38. Теплообмен в сопловом блоке РДТТ
39. Расчет радиационных тепловых потоков в РДТТ
40. Расчет тепловых полей в элементах конструкции РДТТ
41. Материалы, используемые для изготовления РДТТ
42. Использование ТЗМ с непрочным коксом в РДТТ
43. Использование ТЗМ с прочным коксом в РДТТ
44. Особенности теплообмена и разрушения ТЗП, обусловленные воздействием конденсированных продуктов сгорания.
45. Методы и стенды для определения тяговых характеристик РДТТ
46. Методы контроля давления в РДТТ
47. Методы определения скорости горения и исследования процессов горения ТРТ
48. Управление вектором тяги РДТТ
49. Потери единичного импульса РДТТ.
50. Тяга двигателя, методы ее расчета и измерения

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-6	
4	7	Раздел 1. Общее описание работы РДТТ. Топлива и заряды.	34	24	12	12	10	20	Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 2. Внутрибаллистический расчет РДТТ.	26	16	4	12	10	20	Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 3. Тепловая защита РДТТ.	23	14	4	10	9	15	Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 4. Регулирование вектора тяги и давления в РДТТ.	8	4	4	0	4	15	Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 5. Конструкция и проектирование сопловых блоков.	10	6	6	0	4	15	Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 6. Испытания РДТТ.	7	4	4	0	3	15	Контроль посещаемости
Всего за 7 семестр			108	68	34	34	40	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	



**ОПК-6 - Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития ракетно-космической техники**

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Теплообмен в ДУ определяется тремя процессами: конвекцией, переносом к-фазы, радиационным обменом. В чем различие по этим процессам в условиях внутрикамерных и в сверхзвуковой части сопла?
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Спроектированный двигатель решили увеличить в два раза (по диаметру) с сохранением подобия конструкции. Можно ли ожидать, что условия по теплообмену сохранятся неизменными?
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Тип двигателя	Назначение
1. Маршевый РДТТ	А. РДТТ, предназначенный для управления вектором скорости перемещаемого аппарата на активном участке траектории движения
2. Рулевой РДТТ	Б. РДТТ, предназначенный для уменьшения скорости перемещаемого аппарата
3. Тормозной РДТТ	В. РДТТ, предназначенный для изменения скорости при коррекции траектории движения перемещаемого аппарата на пассивном участке
	Г. РДТТ предназначенный для ускорения перемещаемого аппарата

- № 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Что из перечисленного не соответствует Вдуву газа в закритическую часть соплового блока
1. Управления вектором тяги по направлению
  2. Управления вектором тяги по модулю
  3. Для охлаждения соплового блока
  4. Для увеличения прозрачности струи двигателя
- № 5 Прочитайте текст и установите соответствие

ТЗМ	Зона применения
1. Резины	А. Критическое сечение
2. Углерод-углеродные	Б. внутрикамерная поверхность
3. Фенольные асбопластики	В. Сверхзвуковой раструб сопла
4. Стеклопластики	

- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность расчета толщины ТЗП
1. Расчет слоя на завершение работы двигателя
  2. Расчет толщины унесенного слоя
  3. Определение интенсивности теплового воздействия
  4. Расчет прогрева до начала деструкции
- № 7 Прочитайте текст и установите последовательность

проектирования РДТТ

1. Расчет газодинамики тракта ДУ
2. Расчет теплозащитного покрытия
3. Геометрическое проектирование заряда
4. Расчет внутрибаллистических характеристик

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Вдув газа в закритическую часть соплового блока используется как средство

1. Управления вектором тяги по направлению
2. Управления вектором тяги по модулю
3. Для охлаждения соплового блока
4. Для увеличения прозрачности струи двигателя

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Изменение какого из перечисленных факторов не повлияет на тягу ракетного двигателя

1. Диаметр критического сечения сопла
2. Диаметр выходного сечения сопла
3. Калибр двигателя
4. Начальная температура заряда двигателя

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

При каком отношении давлений на срезе сопла и в камере сгорания будет обеспечиваться оптимальное функционирование сопла по созданию тяги

1. 1
2.  $<1$
3.  $>1$
4. Не имеет значения

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Что из перечисленного не выполняется для Смесевых твердых ракетных топлив

1. Механическая смесь некоторых компонентов способных при определенных условиях к устойчивому горению
2. Твердый раствор друг в друге окисляющих и горючих компонентов
3. Смесь жидких и твердых компонентов
4. Смесь жидких, твердых и газообразных компонентов

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

К чему не приведет реализация процесса эрозионного раздувания поверхности горения заряда двигателя:

1. Увеличению температуры продуктов сгорания
2. Прогару стенок камеры сгорания двигателя

3. Не скажется на работе двигателя
4. Увеличению газо прихода от заряда топлива