

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 ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ

Направление/специальность подготовки	17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие
Специализация/профиль/программа подготовки	Эксплуатация вооружения и военной техники (по областям и видам)
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	ВУЦ Военный Учебный Центр
Выпускающая кафедра	ВУЦ Военный Учебный Центр
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	8	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)**

17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие

год набора группы: 2024

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

ВУЦ Военный Учебный Центр

Заведующий кафедрой Лозинский А.Г.

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-1 — способность понимать цели и задачи инженерной деятельности в современной науке и производстве
ОПК-5 — способность руководить коллективом в сфере инженерно-конструкторской деятельности, генерировать, оценивать и использовать новые инженерные идеи

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-1

знания:

целей и задач инженерной деятельности;

умения:

формулировать задачи в инженерной деятельности;

навыки:

решения инженерных задач в области энергетических установок твердого топлива.

ОПК-5

знания:

навыков формирования оценок инженерных идей;

умения:

производить оценки качества решения инженерных задач;

навыки:

работы в коллективе над решением инженерных задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие*.

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-2 — Способен самостоятельно применять приобретенные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания 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-1	ОПК-5
4	8	Раздел 1. Общее описание работы РДТТ. Топлива и заряды. 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.	45	12	6	6	33	15	15
4	8	Раздел 2. Внутрибаллистический расчет РДТТ. 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.	23	8	2	6	15	15	15
4	8	Раздел 3. Тепловая защита РДТТ. Основные классы теплозащитных материалов. Работа теплозащитных материалов в продуктах сгорания ТРТ. Методы расчета уноса ТЗМ. Модель разрушения материалов с прочным коксом.	22	7	2	5	15	15	20
4	8	Раздел 4. Регулирование вектора тяги и давления в РДТТ. Прерывание горения заряда. Методы изменения скорости горения. Управление направлением вектора тяги.	6	2	2	0	4	20	15
4	8	Раздел 5. Конструкция и проектирование сопловых блоков. 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.	7	3	3	0	4	15	20
4	8	Раздел 6. Испытания РДТТ. Типы испытаний. Типы стендов для огневых стендовых испытаний. Измерение тяги. Измерение давления. Измерение скорости горения. Испытания теплозащитных покрытий.	5	2	2	0	3	20	15
Всего за 8 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 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.	6
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	6
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.	5
Всего за 8 семестр			17

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Общее описание работы РДТТ. Топлива и заряды.	изучение лекционного материала изучение основной и дополнительной литературы	13
2		подготовка к лабораторным занятиям по тематике раздела оформление отчета по тематике лабораторного занятия	20
3	Раздел 2. Внутрибаллистический расчет РДТТ.	изучение лекционного материала изучение основной и дополнительной литературы	7
4		подготовка к лабораторным занятиям по тематике раздела оформление отчета по тематике лабораторного занятия	8
5	Раздел 3. Тепловая защита РДТТ.	изучение лекционного материала изучение основной и дополнительной литературы	6
6		подготовка к лабораторным занятиям по тематике раздела оформление отчета по тематике лабораторного занятия	9
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
Всего за 8 семестр			74

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
8						ДР	Отч. по ЛР			ДР					КПос	ДР	Отч. по ЛР, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- КПос – контроль посещаемости;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- отчет по ЛР;
- контроль посещаемости.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

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 — 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 - 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 *17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 способность понимать цели и задачи инженерной деятельности в современной науке и производстве;

ОПК-5 способность руководить коллективом в сфере инженерно-конструкторской деятельности, генерировать, оценивать и использовать новые инженерные идеи.

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 ЛР;
- контроль посещаемости.

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. 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)	13
подготовка к лабораторным занятиям по тематике раздела оформление отчета по тематике лабораторного занятия		20
Итого по разделу 1		33
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)	7
подготовка к лабораторным занятиям по тематике раздела оформление отчета по тематике лабораторного занятия		8
Итого по разделу 2		15
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)	6
подготовка к лабораторным занятиям по тематике раздела оформление отчета по тематике лабораторного занятия		9
Итого по разделу 3		15
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 ЛР;
- контроль посещаемости;
- 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.

Отчет по ЛР

Отчет по лабораторной 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 лабораторному занятию, отчет по лабораторной 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.

Контроль посещаемости

Ведется путем переключки студентов, присутствующих на занятии.

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

Дифференцированный зачет

К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все практические работы.

Дифференцированный зачет по дисциплине проходит в форме устных ответов обучающегося на 2 теоретических вопроса к зачету, входящие в состав билета, и возможные дополнительные вопросы.

Перечень вопросов к зачету входит в состав УМК дисциплины.

Критерии оценивания

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

- - "зачтено-отлично" 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 – «зачтено-хорошо»;
- - "зачтено-удовлетворительно" может быть выставлено 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 – «не зачтено».

Примеры вопросов для зачета.

1. КПД ракетного двигателя.

2. Влияние конструктивных особенностей РДТТ на характеристики ЛА
3. Удельные характеристика 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 стационарных 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-1	ОПК-5	
4	8	Раздел 1. Общее описание работы РДТТ. Топлива и заряды.	45	12	6	6	33	15	15	Отчет по ЛР
4	8	Раздел 2. Внутрибаллистический расчет РДТТ.	23	8	2	6	15	15	15	Отчет по ЛР
4	8	Раздел 3. Тепловая защита РДТТ.	22	7	2	5	15	15	20	Отчет по ЛР
4	8	Раздел 4. Регулирование вектора тяги и давления в РДТТ.	6	2	2	0	4	20	15	Отчет по ЛР
4	8	Раздел 5. Конструкция и проектирование сопловых блоков.	7	3	3	0	4	15	20	Отчет по ЛР
4	8	Раздел 6. Испытания РДТТ.	5	2	2	0	3	20	15	Контроль посещаемости
Всего за 8 семестр			108	34	17	17	74	100	100	
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	100	

Критерии оценивания

ОПК-1

	<i>Вопросы открытого типа:</i>
№ 1	Какая составляющая переноса тепла будет преобладающей в критическом сечении соплового блока двигателя, работающего на металлизированном топливе,
№ 2	Какая составляющая теплового потока будет преобладающей на начальной стадии работы ДУ на металлизированном топливе с утопленным соплом и канальным зарядом на носике утопленной части соплового блока
№ 3	В двигателе используется топливо со следующими характеристиками: $u_1=2E-3m/s$, $n=0.05$, коэффициент температурной чувствительности - 0.00001 1/°C. При температуре окружающей среды +20°C давление в двигателе 6МПа, а время работы 4 секунды. Стенки двигателя не имеют ТЗП, но сохраняют работоспособность за время работы. При увеличении начальной температуры заряда до +50°C может ли произойти разрушение двигателя? Обоснуйте ваш ответ численными оценками.
№ 4	Плотность современных твердых ракетных топлив в кг/м ³ находится на уровне_____
№ 5	Каков диаметр частиц алюминия вводимого в металлизированные топлива _____
№ 6	Линейная скорость горения твердого топлива это _____
№ 7	Топливо имеет характеристики $u_1-1.1 \cdot 10^{-5}$, m/s, $n-0.43$, Плотность -1770кг/м ³ , Темпер. Коэф. Ск. Гор., 400, К, Пороговая ск., 150м/с, Температура пр., 3500К, Коэф. адиабаты-1.185, Газовая постоянная, 314Дж/(кг*К), Степень черноты продуктов-0.6. Определите значение линейной скорости горения при давлении 6МПа при нормальной температуре
№ 8	Какую максимальную скорость может развить модель ракеты с РДТТ имеющим импульс 2500м/с, массу заряда 0.1кг и пассивную массу 0.1кг
№ 9	Эффективная энтальпия ТЗМ $9 \cdot 10^6$ Дж/кг, плотность 1500кг/м ² , температура поверхности 2100К. Поток продуктов сгорания имеет температуру 3000К и создает коэффициент теплоотдачи 5 кВт/м ² *К. Оцените толщину унесенного слоя за 10 секунд.
№ 10	Что такое коэффициент теплоотдачи?
	<i>Вопросы закрытого типа:</i>
№ 1	Изменение какого из перечисленных факторов не повлияет на тягу ракетного двигателя Диаметр критического сечения сопла Диаметр выходного сечения сопла Калибр двигателя Начальная температура заряда двигателя
№ 2	Вдув газа в закритическую часть соплового блока используется как средство Управления вектором тяги по направлению Управления вектором тяги по модулю Для охлаждения соплового блока Для увеличения прозрачности струи двигателя
№ 3	При каком отношении давлений на срезе сопла и в камере сгорания будет обеспечиваться максимальный уровень тяги двигателя
	1
	<1

	>1
№ 4	<p>Не имеет значения двигателя</p> <p>Смесевое твердое ракетное топливо это</p> <p>Механическая смесь некоторых компонентов способных при определенных условиях к устойчивому горению</p> <p>Твердый раствор друг в друге окисляющих и горючих компонентов</p> <p>Смесь жидких и твердых компонентов</p>
№ 5	<p>Смесь жидких, твердых и газообразных компонентов</p> <p>К чему приведет реализация процесса эрозионного раздувания поверхности горения заряда двигателя:</p> <p>Увеличению температуры продуктов сгорания</p> <p>Прогару стенок камеры сгорания двигателя</p> <p>Не скажется на работе двигателя</p>
№ 6	<p>Увеличению газоприхода от заряда топлива</p> <p>Смена органов управления с газодинамических рулей на дефлекторы увеличит потери импульса на управление?</p> <p>Да</p>
№ 7	<p>Нет</p> <p>Можно ли утверждать, что изменение внутрикамерного давления с 5 до 10 МПа вызовет изменение температура продуктов сгорания во внутрикамерном объеме с 2500K до 4000K?</p> <p>Да</p>
№ 8	<p>Нет</p> <p>Заряд двигателя сформирован из одноканальных шашек внешним диаметром 52мм, диаметр канала 9мм, длина – 230мм. Можно ли ожидать, что такой двигатель будет работать 30 секунды?</p> <p>Да</p>
№ 9	<p>Нет</p> <p>В топливе изменили в два раза размер зерен используемого перхлората аммония. Массовые доли компонентов остались без изменения. Приведет ли это к изменению скорости горения топлива?</p> <p>Да</p>
№ 10	<p>Нет</p> <p>Влияет ли величина отношения теплоемкости при постоянном объеме к теплоемкости при постоянном давлении продуктов сгорания на величину удельного импульса?</p> <p>Да</p>
ОПК-5	Нет
	Вопросы открытого типа:
	№ 1 На основе ранее отработанного двигателя калибром 100мм путем перемасштабирования прототипа в сторону увеличения всех размеров в два раза спроектирован двигатель калибром 200мм. Каково будет давление в новом двигателе по отношению к прототипу?
	№ 2 Как определяется площадь критического сечения?

- № 3 Почему в РДТТ не используют прямоугольные сопла?
- № 4 Какие недостатки присущи соплу с двойным упругим уплотнением?
- № 5 Какое решение вы можете предложить для соединения композитного корпуса и днищ крупногабаритного двигателя?
- № 6 Какие решения вы можете предложить для соединения корпуса и днищ крупногабаритного двигателя с металлическим корпусом?
- № 7 Возможно ли формирование заряда твердого топлива из композиции алюминиевого порошка и перхлората аммония?
- № 8 Какие физические процессы определяют тепловые потоки в РДТТ?
- № 9 Имеется два двигателя одинаковых по геометрии, но различающиеся размерами в четыре раза. В каком из двигателей будет происходить более интенсивное выпадение конденсированной фазы?
- № 10 Двигатель работает на металлизированном топливе. Произвели изменение дисперсности перхлората аммония в сторону увеличения размеров зерна этого компонента. Изменятся ли компоненты составляющих тепловых потоков в двигателе? Если да, то почему?
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Двигатель работает на двухосновном топливе. Какие компоненты теплового потока будут определять нагрев его стенок?
- Конвективная составляющая
- Радиационный тепловой поток
- Поток тепла за счет переноса конденсированных продуктов сгорания
- № 2 Что из перечисленного влияет на скорость горения топлива?
- Температура продуктов сгорания
- Внутрикамерное давление
- Дисперсность металлического горючего
- № 3 В какой форме используют алюминий в составе твердого топлива?
- Оксидной
- Безоксидной
- № 4 У одного топлива показатель адиабаты 1.16, у второго 1.23. Двигатель на каком из топлив (при равенстве всех остальных параметров) обеспечит более высокое значение удельного импульса?
- На топливе с $\kappa=1.16$
- На топливе с $\kappa=1.23$
- № 5 Какие из перечисленных форм заряда относятся к канальным?
- Звездчатый
- Телескопический
- Зонтичный
- Цилиндрические шашки всестороннего горения
- № 6 какой из перечисленных материалов обеспечит максимальное приращение локальной скорости горения при использовании в качестве теплопроводного элемента?
- Золото
- Вольфрам
- Медь
- Алюминий

- № 7 Каков оптимальный диаметр теплопроводных элементов в виде нитей?
- 50 мкм
- 200 мкм
- 500 мкм
- № 8 Что из приведенного может обеспечить управление величиной модуля вектора тяги ?
- Поворот сопла
- Изменение площади критического сечения
- Изменение внутрикамерного давления
- № 9 Калибр снаряда 100мм. Требуемое время работы двигателя - 60 секунд. Какую форму заряда следует использовать в таком двигателе?
- Торцевой заряд
- Телескопический
- Щелевой
- Звездчатый
- № 10 В распоряжении конструктора, разрабатывающего НРС есть два топлива, различающихся показателем в законе скорости горения $n_1=0.1$, $n_2=0.9$. Какое из топлив предпочтительней в данном случае?
- $n=0.1$
- $n=0.9$