

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Воткинский филиал
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»
(ВФ ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)



Рабочая программа

по дисциплине: Ракетные двигатели

для специальности: 24.05.01 – «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», специализация «Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива»

форма обучения: очная

общая трудоемкость дисциплины составляет: 5 зачетных единиц

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		9	А		
Контактные занятия (всего)	48	48			
В том числе:					
Лекции	16	16			
Практические занятия (ПЗ)	16	16			
Семинары (С)	-	-	-		
Лабораторные работы (ЛР)	16	16			
Самостоятельная работа (всего)	96	60	36		
В том числе:	-	-	-		
Курсовой проект (работа)	36	-	36		
Расчетно-графические работы	-	-	-		
Реферат	-	-	-		
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	60	60			
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)		Э-36			
Общая трудоемкость час	180	144	36		
зач. ед.	5	4	1		

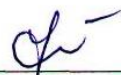
Кафедра «Ракетостроение»

Составитель: Коренев Алексей Анатольевич, кандидат технических наук

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО по специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов» (уровень специалитета) № 1517 от 01.12.2016 и утверждена на заседании кафедры

Протокол от 20 апреля 2019 г. №8__

Заведующий кафедрой «Ракетостроение»

 /Ф.А.Уразбахтин

22 апреля 2019 г.

СОГЛАСОВАНО

Председатель учебно-методической комиссии по УГСН «24.05.01 – «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов (уровень специалитета)», специализация – Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива»

 Уразбахтин Ф.А.

24 апреля 2019 г.

Количество часов рабочей программы соответствует количеству часов рабочего учебного плана по специальности 24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, специализация – Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива

Ведущий специалист учебной части
ВФ ФГБОУ имени М.Т. Калашникова

 Соловьева Л.Н.

25 апреля 2019 г.

Аннотация к дисциплине **Ракетные двигатели**

Название дисциплины		Ракетные двигатели					
Номер		83	Академический год		2019/2020	семестр	9, 10
кафедра		«Ракето-строение»	Программа	24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», специализация «Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива»			
Составитель		Коренев А.А., к.т.н.					
Цели и задачи дисциплины, основные темы		Цели: Ознакомление с конструкциями ракетных двигателей различных типов и их основных агрегатов, принципами проектирования жидкостных и твердотопливных двигателей, представление знаний по методам расчета и анализа различных элементов конструкций, выработка навыков самостоятельной инженерной работы. Задачи: изучение основных типов ракетных двигателей и основ их проектирования и конструирования; изучение основной специальной литературы, освещающей вопросы конструкций и проектирования ракетных двигателей. Знания: Основные типы ракетных двигателей и виды топлив. Конструкции ракетных двигателей различных типов и их основных агрегатов. Наиболее важные параметры и характеристики основных типов ракетных двигателей. Основы проектирования ракетных двигателей различных типов. Направления перспективных разработок ракетных двигателей. Умения: Анализировать варианты конструкций двигателей. Выбирать тип ракетного двигателя. Рассчитывать основные характеристики РДТТ. Определять геометрические размеры сопловых блоков РДТТ. Навыки: Владеть методиками определения основных параметров РДТТ. Владеть навыком математического описания рабочих процессов в РДТТ. Применять на практике навыки использования специальной литературы и справочного материала при решении инженерно-технических задач. Лекции (основные темы): Общие сведения о ракетных двигателях и их основные параметры. Классификации ракетных двигателей. Типы ракетных двигателей; виды жидких и твердых топлив. Типовые схемы ЖРД, конструкции основных элементов. Системы создания управляющих усилий и моментов. Классификация РДТТ. Вспомогательные РДТТ. Топливные заряды РДТТ. Основные характеристики камеры сгорания и двигателя. Основы проектирования ЖРД и РДТТ. Расчет и проектирование элементов конструкций РДТТ. Сопловые блоки РДТТ. Конструкции воспламенительных устройств РДТТ Практические работы: Расчет сопла. Расчет корпуса ракетного двигателя. Выбор и обоснование топлива и формы заряда. Определение размеров топливного заряда и условий заряжания. Расчет бронирующего покрытия. Расчет характеристик камеры двигателя. Выбор и расчет воспламенительного устройства. Расчет кривой давления в камере РД. Расчет высотной характеристики. Выбор и расчет теплозащитного покрытия. Лабораторные работы: Конструкции ракетных двигателей различных типов. Конструкции камер и турбонасосных агрегатов ЖРД. Компоновка и узлы общей сборки РДТТ. Конструкции корпусов и сопловых блоков РДТТ.					
Основная литература		1. Дорофеев А.А. Основы теории тепловых ракетных двигателей. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. - 571с. 2. Конструкция и проектирование комбинированных ракетных двигателей на твердом топливе/ Б.В. Обносов В.А. Сорокин, Л.С. Яновский и др. -М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012.-303с. 3. Энергетические характеристики твердых и гибридных топлив и определение основных параметров ракетных двигателей [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.О. Вашурин, Б.Б. Петрикевич, Д.А. Чумаев. — Электрон. текстовые дан-ные. —М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2010. — 40 с. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31333.html.					
Технические средства		Персональный компьютер					
Компетенции		Приобретаются студентами при освоении модуля					
Общекультурные		–					
Профессиональные		ПК-2. Способность анализировать состояние и перспективы развития как ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений, создавать математические модели функционирования объектов ракетной и ракетно-космической техники. ПК-8. Способность проводить математическое моделирование разрабатываемого изделия и его подсистем с использованием методов системного подхода и современных программных продуктов для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования изделия в целом, а так же его подсистем с учетом используемых материалов, ожидаемых рисков и возможных отказов.ПК-29. Знание и понимание устройства, работы и процессов, происходящие в изделиях ракетно-космической техники. ПСК-5.1. Способность проводить проекторочные расчёты баллистических ракет с РДТТ различного назначения, а также прочностные, тепловые, теплофизические и динамические расчёты твёрдотопливных двигателей, зарядов твёрдого топлива, подкреплённых отсеков, вспомогательных двигателей и других систем. ПСК-5.2. Способность разрабатывать технологические процессы изготовления и испытания корпусов и зарядов РДТТ, отсеков ракет из конструкционных, в том числе новых композиционных материалов.					
Зачетных единиц	5	Форма проведения занятий	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	
		Всего часов	16	16	16	96	
Виды контроля	Диф.зач /зач/ экз	КП/КР	Условие зачета	Получение оценки 3, 4 или 5	Форма проведения самостоятельной работы	Подготовка к практическим и лабораторным работам, экзамену; выполнение курсовой работы	
формы	Экз.	да	дисциплины				
Перечень дисциплин, знание которых необходимо для изучения дисциплины			Высшая математика, Инженерная графика, Сопротивление материалов, Введение в специальную технику, Двигательные установки и энергосистемы.				

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью преподавания дисциплины является ознакомление студентов с конструкциями ракетных двигателей различных типов и их основных агрегатов, принципами проектирования жидкостных и твердотопливных двигателей, представление знаний по методам расчета и анализа различных элементов конструкций, а также выработка навыков самостоятельной инженерной работы.

Задачи дисциплины:

- приобретение знаний по основным типам и конструкциям ракетных двигателей;
- изучение основ проектирования и конструирования ракетных двигателей;
- изучение основной специальной литературы, освещающей вопросы конструкций и проектирования ракетных двигателей.

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- основные типы ракетных двигателей и виды топлив;
- конструкции ракетных двигателей различных типов и их основных агрегатов;
- наиболее важные параметры и характеристики основных типов ракетных двигателей;
- основы проектирования ракетных двигателей различных типов;
- направления перспективных разработок ракетных двигателей;

уметь:

- анализировать варианты конструкций двигателей;
- выбрать тип ракетного двигателя;
- рассчитывать основные характеристики РДТТ;
- определять геометрические размеры сопловых блоков РДТТ;

владеть:

- методиками определения основных параметров РДТТ;
- навыком математического описания рабочих процессов в РДТТ;
- навыком использования специальной литературы и справочного материала при решении инженерно-технических задач.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО:

2.1. Дисциплина «Ракетные двигатели» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» ООП.

2.2. Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: Высшая математика, Инженерная графика, Сопротивление материалов, Введение в специальную технику, Двигательные установки и энергосистемы.

2.3. Для изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основы теории тепловых ракетных двигателей;
- методы расчета термодинамических и газодинамических параметров процессов в камере сгорания;
- особенности рабочих процессов в различных моделях термических двигателей;
- способы защиты стенок камеры сгорания; механизм горения твердых топлив;
- виды и принципы инженерных расчетов;

уметь:

- исследовать и решать задачи термодинамики;
- рассчитывать процессы теплообмена и защиты стенок камеры сгорания;
- рассчитывать кривую давления в камере РДТТ;

владеть:

- владеть методиками термодинамических расчетов;
- владеть методиками расчета процессов теплопередачи и теплообмена;
- методиками определения термодинамических и внутрибаллистических параметров ракетного двигателя.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:**3.1. Знания, приобретаемые в ходе изучения дисциплины**

№ п/п	Знания
1.	Основные типы ракетных двигателей и виды топлив.
2.	Конструкции ракетных двигателей различных типов и их основных агрегатов.
3.	Наиболее важные параметры и характеристики основных типов ракетных двигателей.
4.	Основы проектирования ракетных двигателей различных типов.
5.	Направления перспективных разработок ракетных двигателей.

3.2. Умения, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п	Умения
1.	Анализировать варианты конструкций двигателей.
2.	Выбирать тип ракетного двигателя.
3.	Рассчитывать основные характеристики РДТТ.
4.	Определять геометрические размеры сопловых блоков РДТТ.

3.3. Навыки, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п	Навыки
1.	Владеть методиками определения основных параметров РДТТ.
2.	Владеть навыком математического описания рабочих процессов в РДТТ.
3.	Применять на практике навыки использования специальной литературы и справочного материала при решении инженерно-технических задач.

3.4. Компетенции, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

Компетенции	Знания (№№ из 3.1)	Умения (№№ из 3.2)	Навыки (№№ из 3.3)
ПК-2. Способность анализировать состояние и перспективы развития как ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений, создавать математические модели функционирования объектов ракетной и ракетно-космической техники.	1,2,3	1,2	2,3
ПК-8. Способность проводить математическое моделирование разрабатываемого изделия и его подсистем с использованием методов системного подхода и современных программных продуктов для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования изделия в целом, а так же его подсистем с учетом используемых материалов, ожидаемых рисков и возможных отказов.	2,3,4	2,3	2,3
ПК-29. Знание и понимание устройства, работу и	1,2,5	1,3,4	1,2

процессы, происходящие в изделиях ракетно-космической техники.			
ПСК-5.1. Способность проводить проектировочные расчёты баллистических ракет с РДТТ различного назначения, а также прочностные, тепловые, теплофизические и динамические расчёты твёрдотопливных двигателей, зарядов твёрдого топлива, подкреплённых отсеков, вспомогательных двигателей и других систем.	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3
ПСК-5.2. Способность разрабатывать технологические процессы изготовления и испытания корпусов и зарядов РДТТ, отсеков ракет из конструкционных, в том числе новых композиционных материалов.	2,5	1,3	1,3

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				лек	прак	лаб	СРС*	
	9 семестр							
1	Общие сведения о ракетных двигателях и их основные параметры. Классификации ракетных двигателей. Типы ракетных двигателей; виды жидких и твердых топлив. Типовые схемы ЖРД, конструкции основных элементов	9	1 2 3 4 5	2 2 2	 2 2	2 2 2	16	Защита отчетов по практическим и лабораторным работам Контрольная работа 1
2	Системы создания управляющих усилий и моментов. Классификация РДТТ. Вспомогательные РДТТ. Топливные заряды РДТТ. Основные характеристики камеры сгорания и двигателя	9	6 7 8 9 10	2 2 2	2 2 2	2 2 2	22	1 аттестация (9 неделя) Защита отчетов по практическим и лабораторным работам
3	Основы проектирования ЖРД и РДТТ. Расчет и проектирование элементов конструкций РДТТ. Сопловые блоки РДТТ. Конструкции воспламенительных устройств РДТТ	9	11 12 13 14 15 16 17	2 2 2 2	 2 2 2	2 2 2	22	отчетов по практическим и лабораторным работам Контрольная работа 2 2 аттестация 3 аттестация
	Экзамен		18				36	Вопросы к экзамену
	Итого 9 семестр			16	16	16	96	

4	Выполнение курсовой работы. Защита курсовой работы	10 10	1-15 17				36	Смотры курсовых работ Пояснительная записка, презентация
	Итого 10 семестр						36	
	Всего			16	16	16	132	

*включая курсовое проектирование

4.2. Содержание разделов курса

№ п/п	Раздел дисциплины	Знания (номер из 3.1)	Умения (номер из 3.2)	Навыки (номер из 3.3)
1	1. Общие сведения о ракетных двигателях и их основные параметры. 1.1. Основные понятия, назначение и состав РД, Виды рабочих тел. Основные типы двигательных установок: с ЖРД, с РДТТ, с ядерным, электрическим, солнечным, воздушно- и гидро-реактивным ракетным двигателем. 1.2. Основные параметры РД. Классификации РД. Назначение РД и классификация рабочих тел. Общие и специфические требования к рабочим телам. 1.3. Типовые схемы ЖРД. Конструктивные особенности систем охлаждения камеры. Камеры ЖРД: общая характеристика камер, требования к ним, формы. Типы форсунок. Конструкции головок камер, элементов арматуры ЖРД.	1,2,3 1,3 1,2,3	1,2 1,2 1	1,3 1,3 1,3
2	2. Системы создания управляющих усилий и моментов. Классификация РДТТ. 2.1. Требования к системам создания управляющих усилий и моментов, классификация. Подвижные элементы, устанавливаемые в поток продуктов сгорания, истекающих из сопла камеры. Отклоняемые камеры и двигатели. Рулевые двигатели. Поворотные сопла. Впрыск жидкости, вдув газа. Рассогласование тяги двигателей, входящих в состав ДУ. 2.2. Особенности конструкции РДТТ. Конструкция с вкладным зарядом и со скрепленным зарядом. Основные параметры и особенности конструкций РДТТ. 2.3. Классификация РДТТ. Требования к конструкции РДТТ. Схемы размещения ДУ на ракете и конструктивные схемы РДТТ. Взаимосвязь характеристик ракеты и РДТТ. Тенденции развития РДТТ. 2.4. Назначение вспомогательных РДТТ, требования к ним, примеры. РДТТ для выполнения маневров межорбитальных переходов. Малогабаритные РДТТ. Топливные заряды РДТТ: трубчатый, телескопический, канально-щелевой, звездообразный и торцевой заряд – достоинства, недостатки. Бронирующие покрытия.	1,2,3 1,2,3 1,2,5 1,2,3,5	1,2 1,2 1,2 1	2,3 2,3 2,3 2,3
3	3. Основы проектирования ЖРД и РДТТ. 3.1. Основы проектирования ЖРД. Расчет и	2,4	1,3	1,3

	проектирование элементов конструкций РДТТ. Расчет и проектирование металлических элементов конструкций. Расчет обечайки двигателя на прочность, устойчивость. Расчет днищ (полусферическое, эллиптическое, торосферическое, днище Бицено). Компенсация отверстий.			
	3.2. Виды соединений, конструкции (фланцевые, штифто-болтовые, шпоночные, клиновые и резьбовые соединения). Конструкции уплотнений разъемных соединений. Неразъемные соединения.	2,4,5	1,3	1,3
	3.3. Сопловые блоки РДТТ. Классификация сопл. Потери в соплах. Выбор формы и углов раскрытия сопел. Построение профиля сопла. Конструкции односопловых блоков. Многосопловые блоки. Кольцевые сопла. Конструкции сопловых блоков изменяемой геометрии с высокой степенью расширения.	2,4,5	1,3,4	1,2,3
	3.4. Конструкции воспламенительных устройств РДТТ. Характеристики и параметры ВУ. Конструктивные схемы ВУ. Виды инициирующих устройств. Состав, принцип работы. Варианты исполнения корпуса ВУ. Назначение основных частей воспламенителя. Варианты расположения ВУ в корпусе РДТТ и характерные особенности протекания процесса воспламенения.	2,4	1,3	1,2,3

4.3. Наименование тем практических занятий, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Трудоемкость (час)
1.	1	Расчет сопла. Расчет корпуса ракетного двигателя	2
2.	2	Выбор и обоснование топлива и формы заряда	2
3.	2	Определение размеров топливного заряда и условий заряжания	2
4.	2	Расчет бронирующего покрытия	1
5.	1	Расчет характеристик камеры двигателя	2
6.	3	Выбор и расчет воспламенительного устройства	2
7.	3	Расчет кривой давления в камере РД	2
8.	3	Расчет высотной характеристики	1
9.	3	Выбор и расчет теплозащитного покрытия	2
	Всего		16

4.4. Наименование тем лабораторных работ, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час)
1.	1	Конструкции ракетных двигателей различных типов	4
2.	2	Конструкции камер и турбонасосных агрегатов ЖРД	4
3.	2	Компоновка и узлы общей сборки РДТТ	4
4.	3	Конструкции корпусов и сопловых блоков РДТТ	4
	Всего		16

4.5. Тематика курсовых работ

Конструирование и расчеты (проектные, прочностные, тепловые) ракетного двигателя и его элементов на твердом топливе: камеры, днищ, сопловых блоков и воспламенителей.

Разработка расчетных схем твердотопливных ракетных двигателей.

Рекомендуемые образовательные технологии

В данном курсе используются классические аудиторные методы обучения с использованием мультимедийного оборудования. Лабораторные работы проходят в вычислительных центрах вуза.

Для проработки и закрепления лекционного материала по дисциплине «Ракетные двигатели» применяются:

Технология
Работа в малых группах
Видеоуроки
Индивидуальные задания
Работа с презентациями лекций и лабораторных работ

5. Содержание самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

5.1. Содержание самостоятельной работы

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование тем	Трудоемкость (час)
	9 семестр		
1	1	Общие сведения о ракетных двигателях и их основные параметры. Классификации ракетных двигателей. Типы ракетных двигателей; виды жидких и твердых топлив. Типовые схемы ЖРД, конструкции основных элементов	16
2	2	Системы создания управляющих усилий и моментов.	22

		Классификация РДТТ. Вспомогательные РДТТ. Топливные заряды РДТТ. Основные характеристики камеры сгорания и двигателя	
3	3	Основы проектирования ЖРД и РДТТ. Расчет и проектирование элементов конструкций РДТТ. Сопловые блоки РДТТ. Конструкции воспламенительных устройств РДТТ	22
		Всего 9 семестр	60
	10 семестр		
4	1,2,3	Разработка технического задания на выполнение проверочно-расчетных работ к курсовой работе	5
	1,2,3	Конструктивно-силовая и расчетная схемы. Расчет параметров объекта.	10
	1,2,3	Анализ результатов расчета	5
	1,2,3	Разработка технического предложения по результатам расчета	6
	1,2,3	Оформление пояснительной записки (ПЗ) в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95, ГОСТ 2.106-96; Оформление графической части курсового проекта (чертежи, плакаты): Подготовка доклада.	10
	1,2,3	Разработка технического задания на выполнение проверочно-расчетных работ к курсовой работе	5
	Всего 10 семестр		36
	ИТОГО		96

5.2. Оценочные средства, используемые для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по итогам освоения дисциплины, их виды и формы, требования к ним и шкалы оценивания приведены в приложении к рабочей программе дисциплины «Фонд оценочных средств по дисциплине «Ракетные двигатели», которое оформляется в виде отдельного документа.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература

№ п/п	Наименование книги	Год издания
1	Дорофеев А.А. Основы теории тепловых ракетных двигателей. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. -571с.	2014
2	Конструкция и проектирование комбинированных ракетных двигателей на твердом топливе/ Б.В. Обносков В.А. Сорокин, Л.С. Яновский и др. -М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012.-303с.	2012
3	Вашурин В.О. Энергетические характеристики твердых и гибридных топлив и определение основных параметров ракетных двигателей [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.О. Вашурин, Б.Б. Петрикевич, Д.А. Чумаев. — Электрон. текстовые данные. —М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2010. — 40 с. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31333.html .	2010

б) дополнительная литература

№	Наименование книги	Год
---	--------------------	-----

п/п		издания
1	Исследование и расчет РДТТ. Часть 1. Исследование и расчет автономного горения воспламенителя [Электронный ресурс]: учебное пособие по курсу «Проектирование энергетических установок ракетного оружия», «Специальные двигатели ракетного оружия» / И. О. Толкачева, М. А. Максимов, И. Е. Никитина. — Электрон. текстовые данные. — М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2011. — 40 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31002.html	2011
2	Твердые ракетные топлива [Электронный ресурс]: учебное пособие по курсу «Топлива и рабочие процессы ракетных двигателей на твердом топливе» / А. В. Сухов, М. В. Тюгаев, М. М. Фещенок [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2006. — 28 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31274.html	2006
3.	Ракетные двигательные установки. Термины и определения [Электронный ресурс]: учебное пособие / Д. А. Ягодников, Н. Я. Ирьянов. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2012. - 89 с. — 2227-8397. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31527.html .	2012

г) программное обеспечение:

1. Microsoft Office 2016.
2. OpenOffice.
3. КОМПАС-3D V15.

д) методические указания:

1. Усолкин Ю.Ю. Расчет энергомассовых и габаритных характеристик РДТТ: Метод. пособие. Миасс, 2001. 14 с.
2. Коренев А.А. Разработка маршевого РДТТ с заданными выходными характеристиками: Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Ракетные двигатели». Воткинск: Электронный ресурс кафедры «Ракетостроение», 2014. 49 с.
3. Коренев А.А., Уразбахтин Ф.А. Конструкции воспламенительных устройств РДТТ: Методические указания. Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2004. 35 с.
4. Дюнзе М.Ф., Викулин А.В. Ракетные двигатели на жидком и твердом топливах: Методические указания к лабораторной работе по курсу «Конструкция двигателей летательных аппаратов». М.: Изд-во МАТИ – РГТУ им. К.Э. Циолковского, 2002. 19 с.
5. Белов В.П. Расчет параметров и характеристик ракетных двигателей: практическое пособие. СПб.: Балт. гос. ун-т, 2013. 47 с.
6. Егорычев В.С. Конспекты лекций по учебной дисциплине «Теория, расчет и проектирование ракетных двигателей»: учеб. пособие. Самара: СГАУ, 2011. 142 с.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения занятий с перечнем основного оборудования
1	Аудитория №101. Лаборатория систем автоматизированного проектирования. Оборудование: Парты, стол преподавателя, доска аудиторная. Комьютер - 11 шт. Ноутбук. Проектор и экран. 3D-принтер BQ Witbox. 3D ручка Myriwell. Станок настольный сверлильно-фрезерный WMD20V с ЧПУ Mach3 с комплектом оснастки. Станок настольный токарный WM250Vx550 с ЧПУ Mach3 с комплектом оснастки. Набор инструментов. Набор мерительного инструмента: индикатор часового типа,

	микрометр гладкий, штангенциркуль, штатив. Графический планшет Wacom Intuos Pen.
2	Аудитория №106. Лаборатория сопротивления материалов и испытания элементов ракетной техники. Оборудование: Парты, стол преподавателя, доска аудиторная. Промежуточный приборный отсек «Тополя». Двигательная установка с турбонасосным агрегатом ракеты 8K14.
3	Аудитория №314. Учебная мультимедийная аудитория. Оборудование: парты, стол преподавателя, доска аудиторная, проектор, компьютер.
4	Аудитория №219. Именная лаборатория конструирования и проектирования ракет АО «Воткинский завод». Оборудование: парты, стол преподавателя, доска аудиторная. Ноутбук. Компьютеры - 13 шт. Телевизор. Стенд (наглядное пособие).
5	Аудитория для самостоятельной работы обучающегося - читальный зал Воткинского филиала ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ НА УЧЕБНЫЙ ГОД

Рабочая программа дисциплины утверждена на ведение учебного процесса в учебном году

Учебный год	«Согласовано»: заведующий кафедрой, ответственной за РПД (подпись, дата)
2018-2019	Изменений нет <i>У</i> - Уразбахтин Ф.Ф. 25.08.2018 г.
2019-2020	Изменений нет <i>У</i> - Уразбахтин Ф.Ф. 26.08.2019 г.
2020-2021	
2021-2022	
2022-2023	
2023-2024	
2024-2025	

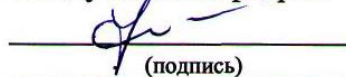
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»
(ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)
Воткинский филиал
Кафедра Ракетостроения
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДЕН

на заседании кафедры
«_20_»_04_2019 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой

 Уразбахтин Ф.А.
(подпись)

**ФОНД
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

(наименование дисциплины)

**24.05.01 - ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАКЕТ
И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

(шифр и наименование направления/специальности наименование дисциплины)

СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ «РАКЕТЫ С РАКЕТНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА»

(наименование профиля/специализации/магистерской программы)

Специалист

Квалификация (степень) выпускника

форма обучения: очная

Воткинск 2019

Паспорт
фонда оценочных средств
по дисциплине
РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ
(наименование дисциплины)

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины*	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Общие сведения о ракетных двигателях и их основные параметры. Классификации ракетных двигателей. Типы ракетных двигателей; виды жидких и твердых топлив. Типовые схемы ЖРД, конструкции основных элементов	ПК-2, ПК-8, ПК-29	Собеседование по вопросам лекционного материала Контрольная работа 1
2	Системы создания управляющих усилий и моментов. Классификация РДТТ. Вспомогательные РДТТ. Топливные заряды РДТТ. Основные характеристики камеры сгорания и двигателя	ПК-2, ПК8, ПСК 5.1	Собеседование по вопросам по лекционному материалу Темы для самостоятельной работы
3	Основы проектирования ЖРД и РДТТ. Расчет и проектирование элементов конструкций РДТТ. Сопловые блоки РДТТ. Конструкции воспламенительных устройств РДТТ Экзамен	ПСК 5.1, ПСК.5.2	Собеседование по вопросам по лекционному материалу Контрольная работа 2 Отчет по СРС. Отчеты по лабораторным работам. Вопросы к экзамену
4	Курсовая работа	ПСК 5.1, ПСК.5.2	Пояснительная записка

*Наименование темы (раздела) или тем (разделов) берется из рабочей программы дисциплины.

1. Зачетно-экзаменационные материалы

1.1. Перечень контрольных вопросов для проведения экзамена.

1. Основные понятия (реактивного двигателя, реактивной струи, реактивной силы, камеры сгорания, сопла, рабочего тела, двигателя). Назначение и состав ракетных двигателей, их место в летательных аппаратах и объектах различного назначения.
2. Виды рабочих тел. Что может быть рабочим телом? Понятие двигательной установки, основные типы двигательных установок: с ЖРД, с РДТТ, с ядерным, электрическим, солнечным, воздушно- и гидро-реактивным ракетным двигателем.
3. Виды ядерных РД, основные отличия. Схема, состав двигательной установки с аннигиляционным РД. Схема, состав фотонного РД. Солнечный парус.
4. Понятие тяги, ее разновидности. Вывод уравнений, используемые допущения. Мощность реактивной струи.
5. Удельные параметры РД: перечисление, вывод уравнений (в рамках лекционного материала). Общие параметры РД. Общая классификация РД.
6. Схема, состав турбокомпрессорного и прямоточного воздушно-реактивного двигателя.
7. Области применения ракетных аппаратов. Назначение РД (маршевые, рулевые, корректирующие, тормозные, систем ориентации и стабилизации).
8. Классификация рабочих тел РД. Общие и специфические требования к рабочим телам РД.
9. Схемы ЖРД с вытеснительной и насосной подачей, с выбросом отработанного генераторного газа в окружающую среду и его подачей в камеру сгорания.
10. Схемы ЖРД с окислительным и восстановительным одно- и двухкомпонентным жидкостным газогенератором.
11. Схема ЖРД с газификацией рабочего тела турбины в охлаждающем тракте камеры, схема «газ-газ» и с вводом рабочего тела после срабатывания в турбине в расширяющуюся часть сопла.
12. Виды охлаждения ЖРД. Конструкции охлаждающих трактов камеры ЖРД.
13. Способы снижения тепловых потоков в стенку камеры.
14. Общая характеристика камер, требования к ним. Схема и состав цилиндрической камеры с охлаждающим трактом. Форма камер сгорания, достоинства и недостатки цилиндрических, сферических, кольцевых. Полутепловое сопло.
15. Общая характеристика различных типов форсунок (струйные, центробежные, одно- и двухкомпонентные, тангенциальные, шнековые и комбинированные).
16. Варианты конструктивных исполнений струйных, щелевых, центробежных и комбинированных форсунок, их достоинства и недостатки.
17. Назначение головки камеры, требования к конструкции. Способы размещения форсунок на плоских головках. Системы подачи жидких компонентов топлива. Клапаны, регуляторы, дроссели, датчики. Системы зажигания ЖРД.
18. Системы создания управляющих усилий и моментов: требования к ним, классификация. Конструктивные схемы подвижных элементов, устанавливаемых в поток продуктов сгорания, истекающих из сопла камеры (газовые рули, дефлекторы, триммеры).
19. Схемы с отклоняемыми камерами и двигателями. Рулевые двигатели. Поворотные сопла. Впрыск жидкости, вдув газа. Рассогласование тяги двигателей, входящих в состав ДУ.
20. Достоинства и недостатки РДТТ. Основные параметры и особенности конструкции РДТТ.
21. Конструкции РДТТ с вкладным зарядом (с зарядом всестороннего горения и горящим по внутренним поверхностям), конструкция крепления заряда к переднему дну.
22. Конструкции РДТТ со скрепленным зарядом.
23. Варианты конструкции корпуса РДТТ (металлический корпус, комбинированный, кокон и полукокон).
24. Краткая история развития РДТТ. Классификация РДТТ. Этапы и организация разработки РДТТ. Требования к конструкции РДТТ.

25. Схемы размещения ДУ с РДТТ на ракете и конструктивные схемы РДТТ.
26. Взаимосвязь характеристик ракеты и РДТТ. Тенденции развития РДТТ.
27. Вспомогательные РДТТ: назначение, виды, требования к ним. Примеры конструкций тормозных РДТТ. РДТТ для выполнения маневров межорбитальных переходов.
28. Конструкции топливных зарядов РДТТ: трубчатый, телескопический, канально-щелевой – достоинства и недостатки, схемы щелей в сечении заряда.
29. Преимущества и недостатки звездообразных зарядов, три фазы горения. Преимущества и недостатки торцевых зарядов.
30. Назначение и требования к бронирующим покрытиям. Расчет бронирующего покрытия.
31. Основы проектирования ЖРД.
32. Расчет и проектирование металлических элементов конструкций: расчет обечайки двигателя на прочность и устойчивость при различных видах нагружения.
33. Расчет днищ (полусферическое, эллиптическое, торосферическое, днище Бицено). Схемы компенсации отверстий.
34. Виды соединений, конструкции (фланцевые, штифто-болтовые, шпоночные, клиновые и резьбовые соединения).
35. Конструкции уплотнений разъемных соединений. Неразъемные соединения.
36. Сопловые блоки РДТТ. Определение, назначение сопла, классификация сопел.
37. Потери в соплах. Выбор формы и углов раскрытия сопел. Построение профиля сопла (конического, профилированного).
38. Конструкции односопловых и многосопловых блоков.
39. Конструкции кольцевых сопел (с центральным телом). Конструкции сопловых блоков изменяемой геометрии с высокой степенью расширения (раздвижное секционное сопло, с деформируемым насадком, разворачивающееся сопло, лепестковое и надувное сопло).
40. Характеристики и параметры ВУ. Конструктивные схемы ВУ.
41. Виды инициирующих устройств – состав, принцип работы. Варианты исполнения корпуса ВУ.
42. Назначение основных частей воспламенителя. Варианты расположения ВУ в корпусе РДТТ и характерные особенности протекания процесса воспламенения.

2. Комплекты оценочных средств

2.1. Вопросы к собеседованию по лекционному материалу на темы «Общие сведения о ракетных двигателях и их основные параметры. Классификации ракетных двигателей; Типы ракетных двигателей; виды жидких и твердых топлив. Типовые схемы ЖРД, конструкции основных элементов; Системы создания управляющих усилий и моментов. Классификация РДТТ. Вспомогательные РДТТ; Топливные заряды РДТТ. Основные характеристики камеры сгорания и двигателя; Основы проектирования ЖРД и РДТТ. Расчет и проектирование элементов конструкций РДТТ; Сопловые блоки РДТТ. Конструкции воспламенительных устройств РДТТ»:

1. Основные понятия. Назначение и состав РД, их место в ЛА и объектах различного назначения.
2. Виды рабочих тел. Основные типы двигательных установок: с ЖРД, с РДТТ, с ядерным, электрическим, солнечным, воздушно- и гидро-реактивным ракетным двигателем.
3. Виды ядерных РД, основные отличия. Схема, состав двигательной установки с аннигиляционным РД. Схема, состав фотонного РД. Солнечный парус.
4. Вывод уравнений тяги, используемые допущения. Мощность реактивной струи.
5. Удельные параметры РД: перечисление, вывод уравнений (в рамках лекционного материала). Общие параметры РД. Общая классификация РД.
6. Области применения ракетных аппаратов. Назначение РД (маршевые, рулевые, корректирующие, тормозные, систем ориентации и стабилизации).

7. Классификация рабочих тел РД. Общие и специфические требования к рабочим телам РД.
8. Схемы ЖРД с вытеснительной и насосной подачей.
9. Виды охлаждения ЖРД. Конструкции охлаждающих трактов камеры ЖРД.
10. Способы снижения тепловых потоков в стенку камеры.
11. Системы создания управляющих усилий и моментов.
12. Схемы с отклоняемыми камерами и двигателями. Рулевые двигатели. Поворотные сопла. Впрыск жидкости, вдув газа. Рассогласование тяги двигателей, входящих в состав ДУ.
13. Достоинства и недостатки РДТТ. Основные параметры и особенности конструкции РДТТ.
14. Конструкции РДТТ с вкладным зарядом (с зарядом всестороннего горения и горящим по внутренним поверхностям), конструкция крепления заряда к переднему дну.
15. Конструкции РДТТ со скрепленным зарядом.
16. Варианты конструкции корпуса РДТТ (металлический корпус, комбинированный, кокон и полукокон).
17. Краткая история развития РДТТ. Классификация РДТТ. Этапы и организация разработки РДТТ. Требования к конструкции РДТТ.
18. Схемы размещения ДУ с РДТТ на ракете и конструктивные схемы РДТТ.
19. Взаимосвязь характеристик ракеты и РДТТ. Тенденции развития РДТТ.
20. Вспомогательные РДТТ: назначение, виды, требования к ним. Примеры конструкций тормозных РДТТ. РДТТ для выполнения маневров межорбитальных переходов.
21. Конструкции топливных зарядов РДТТ: трубчатый, телескопический, канально-щелевой – достоинства и недостатки, схемы щелей в сечении заряда.
22. Преимущества и недостатки звездообразных зарядов, три фазы горения. Преимущества и недостатки торцевых зарядов.
23. Назначение и требования к бронирующим покрытиям. Расчет бронирующего покрытия.
24. Основы проектирования ЖРД.
25. Расчет и проектирование металлических элементов конструкций: расчет обечайки двигателя на прочность и устойчивость при различных видах нагружения.
26. Расчет днищ. Схемы компенсации отверстий. Виды соединений, конструкции.
27. Конструкции уплотнений разъемных соединений. Неразъемные соединения.
28. Сопловые блоки РДТТ. Определение, назначение сопла, классификация сопл.
29. Конструкции односопловых и многосопловых блоков.
30. Характеристики и параметры ВУ. Конструктивные схемы ВУ.
31. Виды инициирующих устройств – состав, принцип работы. Варианты исполнения корпуса ВУ.
32. Назначение основных частей воспламенителя. Варианты расположения ВУ в корпусе РДТТ и характерные особенности протекания процесса воспламенения.

На собеседовании задается три вопроса. Критерии формирования оценок по результатам собеседования:

- «**неудовлетворительно**» - обучающийся не ответил правильно ни на один вопрос;
- «**удовлетворительно**» - обучающийся развернуто и правильно ответил на один вопрос;
- «**хорошо**» - обучающийся развернуто и правильно ответил на два вопроса;
- «**отлично**» - обучающийся развернуто и правильно ответил на три вопроса.

2.2. Варианты заданий для контрольных работ

Контрольная работа 1

Вариант 1

1. Виды рабочих тел. Основные типы двигательных установок.
2. Схемы ЖРД с вытеснительной и насосной подачей компонентов.

Вариант 2

1. Тяга РД в пустоте, на уровне земли и на произвольной высоте, вывод уравнений.

2. Виды охлаждения камеры. Конструкции охлаждающих трактов камеры.

Контрольная работа 2

Вариант 1

1. Системы создания управляющих усилий и моментов.
2. Конструкция с вкладным зарядом (РДТТ с зарядом всестороннего горения и горящим по внутренним поверхностям).
3. Построение профиля сопла. Конструкции односопловых блоков.

Вариант 2

1. Топливные заряды РДТТ.
2. Конструкция со скрепленным зарядом (металлический корпус, комбинированный, кокон и полукокон).
3. Характеристики и параметры ВУ. Конструктивные схемы ВУ.

3. Темы для самостоятельной работы

3.1. Варианты заданий для самостоятельной работы: поиск учебных пособий по данному материалу, подготовка презентации и доклада

1. Конструкции систем управления тягой РДТТ.
2. Конструкции соединений и уплотнений РДТТ.
3. Конструкции сопловых блоков РДТТ.
4. Конструкции воспламенительных устройств РДТТ.
5. Конструкции твердотопливных зарядов.
6. Конструкция корпуса и камеры РДТТ.
7. Конструктивные схемы РДТТ.
8. Конструкции РДТТ баллистических ракет.
9. Конструкции крышек и днищ РДТТ.
10. Конструкции вспомогательных РДТТ.
11. Разработать маршевый РДТТ 1-й ступени с заданными выходными характеристиками.
12. Разработать маршевый РДТТ 2-й ступени с заданными выходными характеристиками.
13. Разработать маршевый РДТТ 3-й ступени с заданными выходными характеристиками.
14. Подвижные элементы, устанавливаемые в поток продуктов сгорания, истекающих из сопла камеры. Отклоняемые камеры и двигатели. Рулевые двигатели. Поворотные сопла. Впрыск жидкости, вдув газа. Рассогласование тяги двигателей, входящих в состав ДУ.
15. Особенности конструкции РДТТ. Конструкция с вкладным зарядом и со скрепленным зарядом. Основные параметры и особенности конструкций РДТТ.
16. Классификация РДТТ. Требования к конструкции РДТТ. Схемы размещения ДУ на ракете и конструктивные схемы РДТТ. Взаимосвязь характеристик ракеты и РДТТ. Тенденции развития РДТТ.

3.2. Расширенная тематика курсовых работ

- Конструкции систем управления тягой РДТТ.
Конструкции соединений и уплотнений РДТТ.
Конструкции сопловых блоков РДТТ.
Конструкции воспламенительных устройств РДТТ.
Конструкции твердотопливных зарядов.
Конструкция корпуса и камеры РДТТ.
Конструктивные схемы РДТТ.
Конструкции РДТТ баллистических ракет.
Конструкции крышек и днищ РДТТ.
Конструкции вспомогательных РДТТ.
Разработать маршевый РДТТ 1-й ступени с заданными выходными характеристиками.
Разработать маршевый РДТТ 2-й ступени с заданными выходными характеристиками.

Разработать маршевый РДТТ 3-й степени с заданными выходными характеристиками.

4. Шкалы оценивания

4.1. Критерии оценивания контрольных работ.

Оценку «зачтено» за контрольную работу (работы) обучающийся получает при правильном выполнении не менее 80% заданий.

4.2. Критерии оценивания курсовой работы.

Аттестация по итогам Курсовой работы проводится на основании оформленной в соответствии с установленными требованиями расчетно-пояснительной записки и графической части.

На защите производится доклад, после чего студенту задаются вопросы по разделам пояснительной записки.

По итогам аттестации выставляется оценка (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно).

4.3. Критерии формирования оценок на экзамене

Допущенным к экзамену считается обучающийся:

- имеющий конспект 100% лекций;
- выполнивший все практические задания;
- выполнивший все контрольные работы;
- получивший «удовлетворительно» и выше оценку на собеседовании;
- выполнивший презентацию и сделавший доклад о выполнении самостоятельной работы;
- выполнивший и защитивший курсовую работу.

На экзамене студент получает билет, в котором содержится три вопроса.

Критерии оценки экзамена:

- «**неудовлетворительно**» - студент не ответил ни на один вопрос;
- «**удовлетворительно**» - студент решил задачу и ответил, неполно, не менее, чем на два вопроса;
- «**хорошо**» - студент развернуто и правильно ответил не менее, чем на два вопроса;
- «**отлично**» - студент развернуто и правильно ответил на три вопроса.

5. Методика организации текущего контроля

9 семестр

Вид обучения	Номер контрольной точки (КТ)	Темы лекций, практические занятия, лабораторные работы, рабочей программы, подлежащие контролю (номер из 4.1)			Форма и методы контроля КТ	Номер раздела РП с примерными заданиями	Максимальный балл по каждой форме контроля
		1	2	3			
1	2	3	4	5	6	7	8
Лекции	1А	*			Письм., контр. работа 1	6.1	15
	2А		*	*	Письм., контр. работа 2	6.1	15
	3А	*	*	*	Устно доп. вопросы		5

Вид обучения	Номер контрольной точки (КТ)	Темы лекций, практические занятия, лабораторные работы рабочей программы, подлежащие контролю (номер из 4.1)			Форма и методы контроля КТ	Номер раздела РП с примерными заданиями	Максимальный балл по каждой форме контроля
		1	2	3			
1	2	3	4	5	6	7	8
Практические занятия (семинары)	1А	*			Работа на занятиях Доп. вопросы Инд. защита отчетов по практ. р.	6.1, 6.3	10
	2А		*	*	Работа на занятиях Доп. вопросы Инд. защита отчетов по практ. р.	6.1, 6.3	10
	3А	*	*	*	Устно доп. вопросы	6.1, 6.3	3
Лабораторные занятия	1А				Работа на занятиях Инд. защита отчета по л/р Доп. вопросы	4.3, 6.3	10
	2А				Работа на занятиях Инд. защита отчетов по л/р	4.3, 6.3	10
	3А				Устно доп. вопросы	4.3, 6.3	2
Самостоятельная работа	1А	*			Задания к темам лекций, лабор. и практич. работам	4.1, 4.3, 6.4	5
	2А		*	*	Задания к темам лекций, лабор. и практич. работам	4.1, 4.3, 6.4	5
Посещение занятий	1А	*			9 неделя	—	5
	2А		*	*	в конце семестра	—	5
Экзамен	В конце семестра	*	*	*	собеседование	6.3	0/20
Всего баллов						100/120	

Обозначения, используемые в таблице:

1А, 2А, 3А – 1, 2, 3 контрольная точка (аттестация)

10 семестр

Вид обучения	Содержание работ	Максимальный балл
Выполнение курсовой работы.	1.Выдача технического задания на написание курсовой работы.	
	2. Анализ существующих методик по расчетам типовых элементов твердотопливной ракеты.	10
	3.Сбор и обработка информации для выполнения конструирования и расчетов.	25

	4. Проведение конструирования (расчетов).	
	5. Проведение анализа влияния факторов внешней среды на характеристики твердотопливного двигателя ракеты.	20
	6. Оформление курсовой работы.	20
	7. Подготовка к защите работы.	20
	8. Защита курсовой работы.	10
		5
	Всего	110