

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине: **Двигательные установки и энергосистемы**

для специальности: 24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов (уровень специалитета). Специализация – Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива

форма обучения: очная

Общая трудоемкость дисциплины составляет: 4 зачетных единиц(ы)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		8			
Контактные занятия (всего)	64	64			
В том числе			-	-	-
Лекции	32	32			
Практические занятия (ПЗ)	16	16			
Семинары (С)	-	-			
Лабораторные работы (ЛР)	16	16			
Самостоятельная работа "(всего)	80	80			
В том числе					
Курсовой проект (работа)	-	-			
Расчетно-графические работы	-	-			
Реферат	-	-			
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
<i>Вид промежуточной аттестации: экзамен</i>	36	36			
Общая трудоемкость	часы	144	144		
	з.е.	4	4		

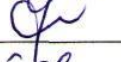
Кафедра «Ракетостроение»

Составитель: Уразбахтин Федор Асхатович, доктор технических наук, профессор

Заведующий кафедрой _____ /Ф.А.Уразбахтин

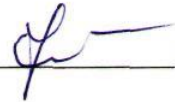
Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов» (уровень специалитета) № 1517 от 01.12.2016 (ред. от 13.07.2017) и утверждена на заседании кафедры

Протокол от 24 августа, 2018 г. №1

Заведующий кафедрой «Ракетостроение»  /Ф.А.Уразбахтин
25.08. 2018 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.
27.08.2018 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.
27.08 2018 г.

Аннотация к дисциплине «Двигательные установки и энергосистемы»

Название дисциплины		Двигательные установки и энергосистемы				
Номер	83	Академический год		2018/2019	семестр	8
кафедра	«Ракето-строение»	Программа	24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», специализация «Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива»			
Составитель	Корнев А.А., к.т.н.					
Цели и задачи дисциплины, основные темы	<p>Цели: Формирование у студента целостного, научно обоснованного представления о принципах реактивного движения и их реализации в ракетных двигателях, использующих различные источники энергии.</p> <p>Задачи: Приобретение теоретических знаний по основным типам ракетных двигателей и видам топлив, по основам теории тепловых ракетных двигателей; по способам защиты стенок камеры сгорания и механизму горения твердых и жидких топлив.</p> <p>Знания: Методы расчета термодинамических и газодинамических параметров процессов в камере сгорания; особенности рабочих процессов в различных моделях термических двигателей; основы проектирования жидкостных и твердотопливных двигателей.</p> <p>Умения: рассчитывать основные характеристики камеры сгорания и двигателя; рассчитывать процессы теплообмена и защиты стенок камеры сгорания; рассчитывать геометрические характеристики сопла.</p> <p>Навыки: владеть методиками определения термодинамических и внутрибаллистических параметров ракетного двигателя; производить математическое описание рабочих процессов в двигателях конкретного вида и назначения.</p> <p>Лекции (основные темы): Термодинамический расчет процессов, происходящих в камере сгорания; газодинамические процессы в камере сгорания; особенности рабочих процессов в различных моделях термических двигателей; процессы теплообмена и защиты стенок камеры сгорания; механизм горения твердых и гидрореагирующих топлив.</p> <p>Практические занятия: Расчет основных характеристик камеры и двигателя. Расчет и проектирование соплового блока и корпуса РДТТ. Расчет температуры воспламенения твердых топлив. Расчет кривой давления в камере РДТТ</p> <p>Лабораторные работы: Расчет основных характеристик камеры и двигателя. Расчет и проектирование соплового блока и корпуса РДТТ. Расчет температуры воспламенения твердых топлив. Расчет кривой давления в камере РДТТ</p>					
Основная литература	<p>1. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: учебник для высших учебных заведений / М.В. Добровольский.-М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016.-461с. 2. Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчет и проектирование: учебник /А.А. Дорофеев. -М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.-571с. 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</p>					
Технические средства	стандартно оборудованная лекционная аудитория; учебный класс натуральных образцов двигателей, их узлов и элементов					
Компетенции	Приобретаются студентами при освоении модуля					
Общекультурные	-					
Профессиональные	<p>ПК-2. Способен 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-3. Способен разрабатывать с использованием технологий на базе системного подхода последовательность решения поставленной задачи, определять внешний облик изделий, состав и объемно-массовые характеристики приборов, систем, механизмов и агрегатов, входящих в ракетный или ракетно-космический комплекс, а также состав, структуру, объемно-компоновочные схемы объектов наземного ракетно-космического комплекса (в том числе объектов наземного комплекса управления); ПК-6. Способен на основе системного подхода разрабатывать технические задания на проектирование и конструирование систем, механизмов и агрегатов, входящих в проектируемое изделие ракетно-космического комплекса, разрабатывать технические задания на проектирование конструкций и сооружений наземного комплекса; ПК-29. Знает и понимает устройство, работу и процессы, происходящие в изделиях ракетно-космической техники; ПСК-5.1. Способен и готов проводить проектировочные расчёты баллистических ракет с ракетными двигателями твердого топлива различного назначения, а также прочностные, тепловые, теплофизические и динамические расчёты твёрдотопливных двигателей, зарядов твёрдого топлива, подкреплённых отсеков, вспомогательных двигателей и других систем.</p>					
Зачетных единиц	4	Форма проведения занятий	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
		Всего часов	32	16	16	80
Виды контроля	Диф.зач /зач/ экз	КП/КР	Условие зачета дисциплины	Получение оценки «3, 4 или 5»	Форма проведения самостоятельной работы	Подготовка к контрольным, практическим занятиям, лабораторным работам и к экзамену
формы	Экзамен	нет				
Перечень модулей, знание которых необходимо для изучения дисциплины				Математический анализ, Физика, Химия, Информатика, Сопротивление материалов, Введение в ракетно-космическую технику, Термодинамика и теплопередача.		

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью преподавания дисциплины является формирование у студента целостного, научно обоснованного представления о принципах реактивного движения и их реализации в ракетных двигателях, использующих различные источники энергии.

Задачи дисциплины:

- формирование у студентов знаний, умений, навыков и компетенций в области анализа и разработки двигательных установок ракет;
- приобретение теоретических знаний по основным типам ракетных двигателей и видам топлив;
- приобретение знаний по основам теории тепловых ракетных двигателей;
- получение представления о способах защиты стенок камеры сгорания и механизме горения твердых и жидких топлив;
- выработка навыка определения термодинамических и внутрибаллистических параметров ракетного двигателя;
- освоение методов расчета основных характеристик камеры сгорания и двигателя.

В результате 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;
- основы проектирования жидкостных и твердотопливных двигателей;
- способы защиты стенок камеры сгорания; механизм горения твердых и жидких топлив;

уметь:

- рассчитывать основные характеристики камеры сгорания и двигателя;
- рассчитывать процессы теплообмена и защиты стенок камеры сгорания;
- рассчитывать геометрические характеристики сопла;
- рассчитывать кривую давления в камере РДТТ;

владеть:

- методиками определения термодинамических и внутрибаллистических параметров ракетного двигателя;
- навыком математического описания рабочих процессов в двигателях конкретного вида и назначения;
- навыком использования справочного материала при решении инженерно-технических задач.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО:

2.1. Дисциплина относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)» ООП ВО.

2.2. Изучение дисциплины (модуля) базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин (модулей) и практик: Математический анализ, Физика, Химия, Информатика. Общий курс, Сопротивление материалов, Введение в ракетно-космическую технику, Термодинамика и теплопередача.

2.3. Для изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные законы термодинамики и термодинамические процессы;
- виды теплообмена и основные законы теплопередачи;
- виды и принципы инженерных расчетов;

уметь:

- исследовать и решать задачи термодинамики;
- определять термическую эффективность любого теплового двигателя;
- исследовать и решать задачи теплопередачи и теплообмена;

владеть:

- методиками термодинамических расчетов;
- методиками расчета процессов теплопередачи и теплообмена.

2.4. Освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее для изучения дисциплин (модулей) и практик:

1. Ракетные двигатели.
2. Конструирование летательных аппаратов.
3. Производство летательных аппаратов.
4. Государственный экзамен.

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

№ п/п З	Знания
1.	Основы теории тепловых ракетных двигателей
2.	Методы расчета термодинамических и газодинамических параметров процессов в камере сгорания
3.	Особенности рабочих процессов в различных моделях термических двигателей
4.	Основы проектирования жидкостных и твердотопливных двигателей
5.	Способы защиты стенок камеры сгорания; механизм горения твердых и жидких топлив

3.2. Умения, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п У	Умения
1.	Рассчитывать основные характеристики камеры сгорания и двигателя
2.	Рассчитывать процессы теплообмена и защиты стенок камеры сгорания
3.	Рассчитывать геометрические характеристики сопла
4.	Рассчитывать кривую давления в камере РДТТ

3.3. Навыки, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п Н	Навыки
1.	Владеть методиками определения термодинамических и внутрибаллистических параметров ракетного двигателя
2.	Владеть навыком математического описания рабочих процессов в двигателях конкретного вида и назначения
3.	Применять на практике навыки использования справочного материала при решении инженерно-технических задач

3.4. Компетенции, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

Компетенции	Знания	Умения	Навыки
ПК-2. Способен 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	1,2,4	2,3
ПК-3. Способен разрабатывать с использованием технологий на базе системного подхода	2,4,5	1,2,3	1,3

последовательность решения поставленной задачи, определять внешний облик изделий, состав и объемно-массовые характеристики приборов, систем, механизмов и агрегатов, входящих в ракетный или ракетно-космический комплекс, а также состав, структуру, объемно-компоновочные схемы объектов наземного ракетно-космического комплекса (в том числе объектов наземного комплекса управления).			
ПК-6. Способность на основе системного подхода к проектированию разрабатывать технические задания на проектирование и конструирование систем, механизмов и агрегатов, входящих в проектируемое изделие ракетно-космического комплекса, разрабатывать технические задания на проектирование конструкций и сооружений наземного комплекса.	3,4	1,3	1,2
ПК-29. Знает и понимает устройство, работу и процессы, происходящие в изделиях ракетно-космической техники	1,3,5	2,3,4	1,2
ПСК-5.1. Способен и готов проводить проекторочные расчёты баллистических ракет с ракетными двигателями твердого топлива различного назначения, а также прочностные, тепловые, теплофизические и динамические расчёты твёрдотопливных двигателей, зарядов твёрдого топлива, подкреплённых отсеков, вспомогательных двигателей и других систем.	1,2,4,5	1,2,3,4	1,2,3

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплин и виды занятий (очная форма обучения)

№ 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	
1	Основные характеристики камеры сгорания и двигателя. Термодинамический расчет процессов, происходящих в камере сгорания.	8	1	2	2		12	
			2	2		2		
			3	2	2			
			4	2		2		
			5	2	2			
2	Газодинамические процессы в камере сгорания. Особенности рабочих процессов в различных моделях термических двигателей	8	6	2		2	16	Контрольная работа 1 1 аттестация
			7	2	2			
			8	2		2		
			9	2	2			
			10	2		2		
3	Процессы теплообмена и защиты стенок камеры сгорания. Механизм горения твердых и гидрореагирующих топлив	8	11	2	2		16	Контрольная работа 2 2 аттестация
			12	2		2		
			13	2	2			
			14	2		4		
			15	2	2			
			16	2				

		17					
		18					
	Экзамен	19				36	Вопросы к экзамену
	Всего	144	32	16	16	80	

4.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины	Трудоемкость (в часах)	Компоненты компетенций		
			Знать	Уметь	Владеть
1	<p>1.1. Основные характеристики камеры и двигателя: тяга, удельный импульс тяги, суммарный импульс и мощность, расходный комплекс и характеристическая скорость, тяговый комплекс и коэффициент тяги, удельная масса.</p> <p>1.2. Задачи и методы термодинамического расчета процессов в РД. Модель рабочего тела, модели процессов в камере сгорания. Термическая диссоциация продуктов сгорания. Понятия равновесного и неравновесного расширения продуктов сгорания. Константы равновесия.</p> <p>1.3. Основы расчета термодинамических параметров продуктов сгорания в камере двигателя и на срезе сопла. Определение температуры в камере сгорания и на срезе сопла.</p>	10	1,2,4	1,3	1,2,3
2	<p>2.1. Высотная и дроссельная характеристики РД, нерасчетные режимы работы сопла. Основные законы газовой динамики применительно к одномерному стационарному процессу течения газа в камере сгорания.</p> <p>2.2. Расчет периодов горения воспламенительного устройства РДТТ. Период стабилизации давления в камере и период последствия тяги. Расчеты заряда с цилиндрической формой канала. Особенности расчета и проектирования РДТТ при наличии конденсированной фазы в продуктах сгорания. Течение двухфазового потока в сопле и расчет выходных характеристик РДТТ на смешанном топливе.</p> <p>2.3. Понятие термических РД, особенности. Основные характеристики химических топлив. Внутренняя энергия и энтальпия продуктов сгорания. Рабочий процесс в термическом двигателе.</p> <p>2.4. Особенности рабочих процессов в РДТТ, процессы в сопле. Схема, состав и особенности рабочих процессов в двигательных установках с ЖРД, радиоизотопным РД, ядерным РД, солнечным РД, резисторным электрическим РД, электродуговым электрическим РД и РД на гибридном топливе</p>	10	1,2,3	1,4	1,2,3
3	<p>3.1. Теплоотдача от продуктов сгорания к стенкам камеры и трение в ЖРД. Распределение плотности теплового потока и трения по тракту камеры. Основные способы защиты стенок камеры ЖРД: наружное, внутреннее и емкостное охлаждение.</p>	12	1,4,5	1,2	1,2,3

<p>3.2. Механизм теплообмена в РДТТ. Конвективный и лучистый теплообмен в РДТТ. Температурное поле стенки РДТТ. Инженерные методы расчета нагрева однослойной стенки РДТТ. Расчет пассивного теплозащитного покрытия (ТЗП). Теплообмен между газом и стенкой двигателя при абляции. Расчет температурного поля активного ТЗП с внутренним уносом массы. Нагрев и эрозия сопла.</p> <p>3.3. Механизм горения твердых ракетных топлив: двухосновные топлива; смесевые топлива; металлосодержащие смесевые топлива, агломерация и шлакообразование при их горении. Скорость горения твердого топлива, ее зависимость от основных факторов, горение в условиях перегрузок. Эрозионное горение. Воспламенение. Вибрационное горение.</p> <p>3.4. Механизм горения гидрореагирующих топлив. Общая характеристика процесса. Структурная схема процессов в ЖРД. Принципы построения математической модели горения распыленного топлива</p>				
---	--	--	--	--

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

Номер раздела дисциплины (модуля)	Темы практического занятия	Трудоемкость (час)
1	Расчет основных характеристик камеры и двигателя	4
2	Расчет и проектирование соплового блока и корпуса РДТТ	4
2	Расчет температуры воспламенения твердых топлив	2
3	Расчет кривой давления в камере РДТТ	6
Всего:		16

4.4. Наименование тем лабораторных работ, их объем в часах и формируемые компоненты компетенций

Номер раздела дисциплины (модуля)	Темы лабораторной работы	Трудоемкость (час)
1	Термодинамический расчет процессов в камере сгорания	4
2	Определение параметров рабочего процесса в камере РДТТ	4
2	Исследование процесса горения ракетных топлив.	2
3	Анализ кривой давления в камере РДТТ	6
Всего		16

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

5.1. Содержание самостоятельной работы

№ раздела	Наименование тем	Трудоемкость
-----------	------------------	--------------

		(час.)
1	Обзор характеристик ракетных двигателей ракет стратегического назначения.	12
2	Обзор методик расчета термодинамических процессов в ракетных двигателях	16
3	Обзор механизмов горения твердых ракетных топлив	16

5.2. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Оценочные средства, используемые для текущего контроля успеваемости студентов и их промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, их виды и формы, требования к ним и шкалы оценивания приведены в приложении к РПД «Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) «Двигательные установки и энергосистемы», которое оформляется в виде отдельного документа

6. Рекомендуемые образовательные технологии

Образовательная технология	Кол-во ауд. часов при изучении дисциплины (модуля)
1. Иллюстративный материал, представленный в слайдах.	8
2. Работа в малых группах	8
Всего	16(25,0%)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

№ п/п	Наименование книги	Год издания
1.	Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: учебник для высших учебных заведений / М.В. Добровольский; под ред. Д.А. Ягодникова.-М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016.-461с.	2016
2.	Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчет и проектирование: учебник /А.А. Дорофеев. -М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.-571с.	2014
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
4.	Гречух, Л. И. Жидкостные ракетные двигатели [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. И. Гречух, И. Н. Гречух. Электрон. текстовые данные. -Омск: Омский государственный технический университет, 2017. - 140 с. 978-5-8149-2470-4. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/78430.html	2017

б) дополнительная литература

№ п/п	Наименование книги	Год издания
1.	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
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.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2006. — 28 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31274.html	2006
3.	Топлива жидкостных ракетных двигателей [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Сухов, К. Э. Парыгин, А. В. Сергеев, И. В. Гавриленко. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011. — 40 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31299.html .	2011

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Microsoft Office 2016.
2. KMPlayer.
3. OpenOffice.
4. КОМПАС-3D.

г) методические указания

1. Газодинамические и теплофизические процессы в ракетных двигателях твердого топлива / А.М. Губертов, В.В.Миронов Д.М. Борисов и др. -М.: Машиностроение, 2004.
2. Абугов Д. И., Бобылев В. М. Теория и расчет ракетных двигателей твердого топлива Учебник для машиностроительных вузов. -М.: Машиностроение, 1987.
3. Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчет и проектирование: учебник для авиа- и ракетостроительных специальностей вузов / А. А. Дорофеев. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010.
4. Фалалеев С.В. Современные проблемы создания двигателей летательных аппаратов. Учебное пособие. - Самара: изд-во СГАУ, 2012.
5. Основы тензометрии двигателей летательных аппаратов.: Метод,указания / Сост. Н.А.Панин. - Самара: Самар. гос. аэрокосм, ун-т; 2004.
6. Конструирование ракетных двигателей. Учебное пособие / В. А. Борисов. А. М. Жижкин. В. С. Мелентьев: -Самара: Самар. гос. аэрокосм, ун-т им. 2011.
7. Егорычев В.С. Расчёт и проектирование смесеобразования в камере ЖРД. – Самара, изд-во СГАУ, 2011.
8. Гимадисв А.Г., Быстров Н. Д. Экспериментальное исследование статических и динамических характеристик датчиков энергетических установок – Самара, изд-во СГАУ, 2012.
9. Корнев А.А., Уразбахтин Ф.А. Конструкции воспламенительных устройств РДТТ. – Воткинск: изд-во ИжГТУ, 2004.
10. Лабораторный практикум по проектированию элементов двигателей с использованием параметрического моделирования в САД/САЕ.: метод указание / Сост. Фалалеев С.В., Бондарчук П.В. Медников Н.В. -Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм ун-та, 2007.

10. Лабораторный анализ компонентов смесевых твердых ракетных топлив [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам / сост. И. Х. Гараев, А. В. Косточко, Т. И. Мухаметшин под ред. А. В. Косточко. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2015. — 72 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63718.html>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

№ п/п	Наименование оборудования учебных кабинетов, объектов для проведения занятий с перечнем основного оборудования
1.	Аудитория №314. Учебная мультимедийная аудитория. Оборудование: парты, стол преподавателя, доска аудиторная, проектор, компьютер.
2.	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).
3.	Аудитория №318. Лаборатория основ ракетной техники. Оборудование: парты, стол преподавателя, доска аудиторная. Компьютер. Питатели ракеты 8К14 – 4 шт. Вольфрамовые рули управления потоком. Стабилизатор ракеты. Макет топливного газогенератора. Руль машинка. Электронные блоки ракет. Шар баллон (аккумулятор) газогенератора. Заглушка топливной системы ЖРД.
4	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	<i>Изменений нет</i> <i>У</i> - <i>Уразбахтин Ф.Ф.</i> <i>25.08.2018 г.</i>
2019-2020	<i>Изменений нет</i> <i>У</i> - <i>Уразбахтин Ф.Ф.</i> <i>26.08.2019 г.</i>
2020-2021	
2021-2022	
2022-2023	
2023-2024	
2024-2025	

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

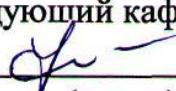
Федеральное государственное бюджетное федеральное образовательное учреждение
высшего образования

«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»
(ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)

Воткинский филиал

Кафедра «Ракетостроение»

(наименование кафедры)

	<p>УТВЕРЖДЕН на заседании кафедры «24» августа 2018 г., протокол №_1_ Заведующий кафедрой  Уразбахтин Ф.А. (подпись)</p>
--	--

**ФОНД
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

(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

Воткинск 2018

Содержание

Раздел	Стр.
Содержание	2
Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Двигательные установки и энергосистемы»	3
1. Зачетно-экзаменационные материалы	4
2. Комплекты оценочных средств	5
3. Темы для самостоятельной работы	7
4. Критерии формирования оценок на экзамене	8

**Паспорт
фонда оценочных средств
по дисциплине**

**Термодинамика и теплопередача. Двигательные установки
и энергосистемы**
(наименование дисциплины)

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины*	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Основные характеристики камеры сгорания и двигателя	ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-29, ПСК-5.1	
2	Термодинамический расчет процессов, происходящих в камере сгорания	ПК-2, ПК-3, ПК-29, ПСК-5.1	Контрольная работа 1
3	Газодинамические процессы в камере сгорания	ПК-2, ПК-3, ПК-29, ПСК-5.1	
4	Особенности рабочих процессов в различных моделях термических двигателей	ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-29, ПСК-5.1	Темы для самостоятельной работы
5	Процессы теплообмена и защиты стенок камеры сгорания	ПК-2, ПК-29, ПСК-5.1	Контрольная работа 2
6	Механизм горения твердых и гидрореагирующих топлив	ПК-2, ПК-29, ПСК-5.1	Собеседование по вопросам по лекционному материалу

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

1. Зачетно-экзаменационные материалы

Перечень контрольных вопросов для проверки остаточных знаний и для проведения экзамена.

1. Понятие двигательной установки, основные типы двигательных установок. Схема, состав двигательной установки с РДТТ и ЖРД.
2. Основные характеристики камеры: тяга камеры, удельный импульс тяги, расходный комплекс камеры и характеристическая скорость в камере, тяговый комплекс и коэффициент тяги.
3. Основные характеристики двигателя: тяга двигателя, суммарный импульс и мощность, удельный импульс тяги, удельная масса.
4. Задачи и методы термодинамического расчета процессов в РД. Модель рабочего тела, модели процессов в камере сгорания.
5. Термическая диссоциация продуктов сгорания. Понятия равновесного и неравновесного расширения продуктов сгорания. Константы равновесия.
6. Основы расчета термодинамических параметров продуктов сгорания в камере двигателя и на срезе сопла. Определение температуры в камере сгорания и на срезе сопла.
7. Высотная и дроссельная характеристики РД, нерасчетные режимы работы сопла.
8. Основные законы газовой динамики применительно к одномерному стационарному процессу течения газа в камере сгорания.
9. Расчет периодов горения воспламенительного устройства РДТТ.
10. Период стабилизации давления в камере и период последствий тяги.
11. Расчеты заряда с цилиндрической формой канала. Особенности расчета и проектирования РДТТ при наличии конденсированной фазы в продуктах сгорания.
12. Течение двухфазового потока в сопле и расчет выходных характеристик РДТТ на смесевом топливе.
13. Понятие термических РД, особенности. Основные характеристики химических топлив.
14. Внутренняя энергия и энтальпия продуктов сгорания. Рабочий процесс в термическом двигателе.
15. Особенности рабочих процессов в РДТТ, процессы в сопле.
16. Схема, состав и особенности рабочих процессов в двигательных установках с ЖРД, радиоизотопным РД и ядерным РД.
17. Схема, состав и особенности рабочих процессов в двигательных установках с солнечным РД, резисторным электрическим РД, электродуговым электрическим РД и РД на гибридном топливе.
18. Теплообмен в камере РД. Теплоотдача от продуктов сгорания к стенкам камеры и трение в ЖРД. Распределение плотности теплового потока и трения по тракту камеры.

19. Основные способы защиты стенок камеры ЖРД: наружное, внутреннее и емкостное охлаждение.
20. Механизм теплообмена в РДТТ. Конвективный и лучистый теплообмен в РДТТ. Среднее эффективное значение коэффициента теплоотдачи.
21. Температурное поле стенки РДТТ. Инженерные методы расчета нагрева однослойной стенки РДТТ.
22. Расчет пассивного теплозащитного покрытия (ТЗП). Теплообмен между газом и стенкой двигателя при абляции.
23. Расчет температурного поля активного ТЗП с внутренним уносом массы. Нагрев и эрозия сопла.
24. Механизм горения твердых ракетных топлив: двухосновные топлива; смесевые топлива.
25. Механизм горения твердых ракетных топлив: металлосодержащие смесевые топлива, агломерация и шлакообразование при их горении.
26. Скорость горения твердого топлива, ее зависимость от основных факторов, горение в условиях перегрузок.
27. Влияние скорости газового потока на скорость горения (эрозионное горение). Воспламенение. Вибрационное горение.
28. Механизм горения гидрореагирующих топлив. Общая характеристика процесса.
29. Структурная схема процессов в ЖРД. Принципы построения математической модели горения распыленного топлива.
30. Особенности сверхзвукового сопла и режимы его работы.

2. Комплекты оценочных средств

2.1. Вопросы к собеседованию по лекционному материалу на темы «Основные характеристики камеры сгорания и двигателя. Термодинамический расчет процессов, происходящих в камере сгорания. Газодинамические процессы в камере сгорания. Особенности рабочих процессов в различных моделях термических двигателей. Процессы теплообмена и защиты стенок камеры сгорания. Механизм горения твердых и гидрореагирующих топлив.»:

- Основные типы двигательных установок. Схема, состав двигательной установки с РДТТ и ЖРД.
- Основные характеристики камеры: тяга камеры, удельный импульс тяги, расходный комплекс камеры и характеристическая скорость в камере, тяговый комплекс и коэффициент тяги.
- Основные характеристики двигателя: тяга двигателя, суммарный импульс и мощность, удельный импульс тяги, удельная масса.
- Задачи и методы термодинамического расчета процессов в РД. Модель рабочего тела, модели процессов в камере сгорания.

- Термическая диссоциация продуктов сгорания. Понятия равновесного и неравновесного расширения продуктов сгорания. Константы равновесия.
- Основы расчета термодинамических параметров продуктов сгорания в камере двигателя и на срезе сопла. Определение температуры в камере сгорания и на срезе сопла.
- Высотная и дроссельная характеристики РД, нерасчетные режимы работы сопла.
- Основные законы газовой динамики применительно к одномерному стационарному процессу течения газа в камере сгорания.
- Расчет периодов горения воспламенительного устройства РДТТ.
- Период стабилизации давления в камере и период последствий тяги.
- Расчеты заряда с цилиндрической формой канала. Особенности расчета и проектирования РДТТ при наличии конденсированной фазы в продуктах сгорания.
- Течение двухфазового потока в сопле и расчет выходных характеристик РДТТ на смесевом топливе.
- Понятие термических РД, особенности. Основные характеристики химических топлив.
- Внутренняя энергия и энтальпия продуктов сгорания. Рабочий процесс в термическом двигателе.
- Особенности рабочих процессов в РДТТ, процессы в сопле.
- Схема, состав и особенности рабочих процессов в двигательных установках с ЖРД, радиоизотопным РД и ядерным РД.
- Схема, состав и особенности рабочих процессов в двигательных установках с солнечным РД, резисторным электрическим РД, электродуговым электрическим РД и РД на гибридном топливе.
- Теплообмен в камере РД. Теплоотдача от продуктов сгорания к стенкам камеры и трение в ЖРД. Распределение плотности теплового потока и трения по тракту камеры.
- Механизм теплообмена в РДТТ. Конвективный и лучистый теплообмен в РДТТ. Среднее эффективное значение коэффициента теплоотдачи.
- Температурное поле стенки РДТТ. Инженерные методы расчета нагрева однослойной стенки РДТТ.
- Расчет пассивного теплозащитного покрытия (ТЗП). Теплообмен между газом и стенкой двигателя при абляции.
- Расчет температурного поля активного ТЗП с внутренним уносом массы. Нагрев и эрозия сопла.
- Механизм горения твердых ракетных топлив: двухосновные топлива; смесевые топлива.
- Скорость горения твердого топлива, ее зависимость от основных факторов, горение в условиях перегрузок.

- Влияние скорости газового потока на скорость горения (эрозионное горение). Воспламенение. Вибрационное горение.
- Механизм горения гидрореагирующих топлив. Общая характеристика процесса.
- Особенности сверхзвукового сопла и режимы его работы.

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. Основные характеристики камеры: тяга камеры, удельный импульс тяги, расходный комплекс камеры и характеристическая скорость в камере, тяговый комплекс и коэффициент тяги
2. Задачи и методы термодинамического расчета процессов в РД. Модель рабочего тела

Вариант 2

1. Основные характеристики двигателя: тяга двигателя, суммарный импульс и мощность, удельный импульс тяги, удельная масса
2. Основы расчета термодинамических параметров продуктов сгорания в камере двигателя и на срезе сопла

Контрольная работа 2

Вариант 1

1. Схема, состав и особенности рабочих процессов в двигательных установках с ЖРД, радиоизотопным РД и ядерным РД
2. Определить степень расширения диффузора, диаметр критического и выходного сечения конического сопла. Исходные данные:

Тяга в пустоте, кН $P_0=25$
 Давление в камере сгорания, МПа .. $p_k=5,7$
 Значение показателя адиабаты $k=1,17$
 Высота работы двигателя, км $h=75..90$

Вариант 2

1. Схема, состав и особенности рабочих процессов в двигательных установках с солнечным РД, резисторным электрическим РД и электродуговым электрическим РД.

2. Определить степень расширения диффузора, диаметр критического и выходного сечения конического сопла. Исходные данные:

Тяга в пустоте, кН $P_0=900$
Давление в камере сгорания, МПа .. $p_k=5,5$
Значение показателя адиабаты $k=1,19$
Высота работы двигателя, км $h=0..25$

3. Темы для самостоятельной работы

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

1. Основные характеристики камеры и двигателя: тяга, удельный импульс тяги, суммарный импульс и мощность, расходный комплекс и характеристическая скорость, тяговый комплекс и коэффициент тяги, удельная масса.
2. Задачи и методы термодинамического расчета процессов в РД. Модель рабочего тела, модели процессов в камере сгорания. Термическая диссоциация продуктов сгорания.
3. Основы расчета термодинамических параметров продуктов сгорания в камере двигателя и на срезе сопла. Определение температуры в камере сгорания и на срезе сопла.
4. Высотная и дроссельная характеристики РД, нерасчетные режимы работы сопла. Основные законы газовой динамики применительно к одномерному стационарному процессу течения газа в камере сгорания.
5. Расчет периодов горения воспламенительного устройства РДТТ.
6. Период стабилизации давления в камере и период последствия тяги. Расчеты заряда с цилиндрической формой канала.
7. Особенности расчета и проектирования РДТТ при наличии конденсированной фазы в продуктах сгорания. Течение двухфазового потока в сопле и расчет выходных характеристик РДТТ на смесевом топливе.
8. Понятие термических РД, особенности. Основные характеристики химических топлив. Внутренняя энергия и энтальпия продуктов сгорания. Рабочий процесс в термическом двигателе.
9. Схема, состав и особенности рабочих процессов в двигательных установках с ЖРД, радиоизотопным РД, ядерным РД, солнечным РД, резисторным электрическим РД, электродуговым электрическим РД и РД на гибридном топливе.
10. Теплоотдача от продуктов сгорания к стенкам камеры и трение в ЖРД. Распределение плотности теплового потока и трения по тракту камеры. Основные способы защиты стенок камеры ЖРД: наружное, внутреннее и емкостное охлаждение.
11. Механизм теплообмена в РДТТ. Конвективный и лучистый теплообмен в РДТТ.
12. Температурное поле стенки РДТТ. Инженерные методы расчета нагрева однослойной стенки РДТТ. Расчет пассивного теплозащитного покрытия (ТЗП). Теплообмен между газом и стенкой двигателя при абляции. Расчет температурного поля активного ТЗП с внутренним уносом массы. Нагрев и эрозия сопла.
13. Механизм горения твердых ракетных топлив: двухосновные топлива; смесевые топлива; металлосодержащие смесевые топлива, агломерация и шлакообразование при их горении. Скорость горения твердого топлива, ее зависимость от основных факторов, горение в условиях перегрузок. Эрозионное горение. Воспламенение. Вибрационное горение.
14. Механизм горения гидрореагирующих топлив. Общая характеристика процесса. Структурная схема процессов в ЖРД. Принципы построения математической модели горения распыленного топлива.

4. Критерии формирования оценок на экзамене

Допущенным к экзамену считается обучающийся:

- имеющий конспект 100% лекций;
- выполнивший все практические задания;

- выполнивший все лабораторные задания;
- выполнивший все контрольные работы;
- получивший «удовлетворительно» и выше оценку на собеседовании;
- выполнивший презентацию и сделавший доклад о выполнении самостоятельной работы.

На экзамене студент вытягивает билет, в котором два вопроса и задача.

Критерии оценки экзамена:

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

5. Методика организации текущего контроля

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
Практические занятия	1А	*			Работа на занятиях Доп. вопросы Инд. защита отчета по практ.р.	6.1, 6.2	10
	2А		*	*	Работа на занятиях Доп. вопросы Инд. защита отчета по практ.р.	6.1, 6.2	10
	3А	*	*	*	Устно доп. вопросы	6.1, 6.2	5
Лабораторные занятия	1А	*			Работа на занятиях Инд. защита отчета по л/р Доп. вопросы	4.3, 6.2	10
	2А		*	*	Работа на занятиях Инд. защита отчетов по л/р	4.3, 6.2	10
	3А	*	*	*	Устно доп. вопросы	4.3, 6.2	5
Самостоятельная работа	1А	*			Задания к темам лекций, лабор. и практич. работам	4.1, 4.3, 6.1	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
	2А		*	*	Задания к темам лекций, лабор. и практич. работам	4.1, 4.3, 6.1	5
Посещение занятий	1А	*			9 неделя	–	5
	2А		*	*	в конце семестра	–	5
Экзамен	В конце семестра	*	*	*	собеседование	6.2	0/20
Всего баллов						100/120	

Обозначения, используемые в таблице:

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