

**Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ»**

Институт (факультет) **Институт авиации, наземного транспорта и энергетики**
(наименование института, в состав которого входит кафедра, ведущая дисциплину)
Кафедра **Реактивных двигателей и энергетических установок**
(наименование кафедры, ведущей дисциплину)

Регистрационный № 1130.2/50

**АННОТАЦИЯ
к рабочей программе
дисциплины (модуля)
Теория рабочих процессов в РДТТ**

Индекс по учебному плану **Б1.В.ДВ.07.01**

Направление подготовки: **24.04.05 Двигатели летательных аппаратов**

Квалификация: **магистр**

Магистерская программа подготовки **«Ракетные двигатели на твердом топливе»**

Вид профессиональной деятельности: научно- исследовательская,
проектно-конструкторская

Разработана доцентом кафедры РДЭУ, к.т.н. А.Н. Сабирзяновым

Казань 2017

РАЗДЕЛ 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И КОНЕЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Цель преподавания учебной дисциплины (модуля)

Целью изучения дисциплины является формирование у будущих магистров комплекса знаний об общих методах теории и расчета РДТТ, физических основах процессов горения твердых топлив, внутренней баллистики, методах расчета внутрикамерных процессов и практических навыков, необходимых для решения прикладных задач определения параметров рабочего процесса и характеристик РДТТ.

1.2. Задачи учебной дисциплины (модуля)

Основные задачи дисциплины:

- вооружить магистрантов фундаментальными и прикладными знаниями в области теории, расчета и проектирования РДТТ;
- привить магистрантам практические навыки расчета параметров ракетных двигателей;
- подготовить магистрантов к проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности.

1.3. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП ВО

Дисциплина Б1.В.ДВ.07.01 «Теория рабочих процессов в РДТТ» входит в вариативную часть дисциплин профессионального цикла и изучается в течение 2-х семестров. Дисциплина закладывает знания для получения требуемых компетенций по направлению подготовки 24.04.05 «Двигатели летательных аппаратов» магистерской программы «Ракетные двигатели на твердом топливе».

1.4. Объем учебной дисциплины (модуля) (с указанием трудоемкости всех видов учебной работы)

Таблица 1

Объем дисциплины (модуля) для очной формы обучения

Вид учебной работы	Общая трудоемкость		семестры			
			2		3	
	в ЗЕ	в час.	в ЗЕ	в час.	в ЗЕ	в час.
Общая трудоемкость дисциплины	7	252	2	72	5	180
<i>Аудиторные занятия</i>	<i>2</i>	<i>72</i>	<i>2/3</i>	<i>24</i>	<i>4/3</i>	<i>48</i>
Лекции	7/9	28	1/3	12	4/9	16
Лабораторные работы	4/9	16	-	-	4/9	16
Практические занятия	7/9	28	1/3	12	4/9	16
Самостоятельная работы студентов	5	180	4/3	48	11/3	132
Проработка учебного материала	4	144	4/3	48	8/3	96
Курсовой проект	-	-	-	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-	-	-	-
Подготовка к промежуточной аттестации (экзамену)	1	36	-	-	1	36
Промежуточная аттестация	Зачет, Экзамен		Зачет		Экзамен	

1.5. Планируемые результаты обучения

Таблица 2

Формируемые компетенции

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)	Уровни освоения составляющих компетенций		
	Пороговый	Продвинутый	Превосходный
1	2	3	4
ПК-2 способностью осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований, выбирать методы и средства решения задач			
Знать теоретические основы расчета и проектирования РДТТ, определяющие необходимость сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации на основе передового отечественного и зарубежного опыта.	Знание инженерных методов оценки основных параметров РДТТ, определяющие соответствующую необходимость сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации на основе передового отечественного и зарубежного опыта.	Знание инженерных методов расчета и проектирования РДТТ, определяющие необходимость сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации на основе передового отечественного и зарубежного опыта.	Знание теоретических основ расчета и проектирования РДТТ, определяющие необходимость сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации на основе передового отечественного и зарубежного опыта.
Уметь осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации для расчета и проектирования РДТТ, используя отечественный и зарубежный опыт.	Умение выполнять сбор и обработку научно-технической информации для расчета и проектирования РДТТ.	Умение выполнять сбор, обработку и систематизацию научно-технической информации для расчета и проектирования РДТТ, используя отечественный и зарубежный опыт.	Умение выполнять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации для расчета и проектирования РДТТ, используя отечественный и зарубежный опыт, вести дискуссию, публично выступать.
Владеть навыками сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации для расчета и проектирования РДТТ, используя отечественный и зарубежный опыт.	Владение навыками сбора и обработки научно-технической информации для расчета и проектирования РДТТ.	Владение навыками сбора, обработки и систематизации научно-технической информации для расчета и проектирования РДТТ, используя отечественный и зарубежный опыт.	Владение навыками сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации для расчета и проектирования РДТТ, используя отечественный и зарубежный опыт, ведения дискуссии и публичного выступления.
ПК-4 способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности			
Знать теоретические основы разработки физических и математических моделей для описания рабочих процессов в РДТТ.	Знание инженерных методов расчета основных параметров РДТТ.	Знание основ физико-химических процессов и математических моделей для расчета основных параметров РДТТ и оценки рабочих процессов.	Знание физико-химических процессов и математических моделей для расчета основных параметров рабочих процессов при проектировании РДТТ.
Уметь разрабатывать физические и математические модели для расчета и проектирования РДТТ.	Умение разработки физических моделей для инженерной оценки основных параметров РДТТ.	Умение разработки физических и математических моделей для инженерной оценки основных параметров РДТТ.	Умение разработки физических и математических моделей для расчета и проектирования РДТТ.
Владеть навыками разработки физических и математических моделей для расчета и проектирования РДТТ.	Владение навыками разработки физических моделей для инженерной оценки основных параметров РДТТ.	Владение навыками разработки физических и математических моделей для инженерной оценки основных параметров РДТТ.	Владение навыками разработки физических и математических моделей для расчета и проектирования РДТТ.
ПК-5 способностью осуществлять подготовку заданий на разработку проектных решений			
Знать теоретические основы расчета и проектирования РДТТ, подготовки заданий на разработку проектных решений.	Знание теоретических основ инженерных методов оценки основных параметров РДТТ для подготовки заданий на разработку простейших проектных решений.	Знание теоретических основ инженерных методов расчета проектных параметров РДТТ для подготовки заданий на разработку простых проектных решений.	Знание теоретических основ расчета и проектирования РДТТ для подготовки заданий на разработку проектных решений.

1	2	3	4
Уметь осуществлять подготовку заданий на разработку проектных решений при создании РДТТ.	Умение осуществлять подготовку заданий на разработку простейших проектных решений в области двигателестроения.	Умение осуществлять подготовку заданий на разработку простых проектных решений при создании РДТТ.	Умение осуществлять подготовку заданий на разработку проектных решений при создании РДТТ.
Владеть навыками подготовки заданий на разработку проектных решений при создании РДТТ.	Владение навыками подготовки заданий на разработку простейших проектных решений в области двигателестроения.	Владение навыками подготовки заданий на разработку простых проектных решений при создании РДТТ.	Владение навыками подготовки заданий на разработку проектных решений при создании РДТТ.

РАЗДЕЛ 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЕ ОСВОЕНИЯ

2.1. Структура дисциплины (модуля), ее трудоемкость

Таблица 3

Распределение фонда времени по видам занятий

Наименование раздела и темы	Всего часов	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах/интерактивные часы)					Коды составляющих компетенций	Формы и вид контроля освоения составляющих компетенций (из фонда оценочных средств)
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.			
1	2	3	4	5	6	7	8	
Раздел 1. Общие сведения об РДТТ. Физические принципы и основные параметры.							<i>ФОС ТК-1 тесты</i>	
Тема 1.1. Введение. Общие сведения об РДТТ.	4	2			2	ПК-2.3, ПК-4.3	Собеседование	
Тема 1.2. Основные характеристики РДТТ. Взаимосвязь параметров ракеты и двигателя.	18	2		4	12	ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-2.В, ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В, ПК-5.3, ПК-5.У, ПК-5.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль. Отчет о самостоятельной работе.	
Раздел 2. Горение твердых ракетных топлив							<i>ФОС ТК-2 тесты</i>	
Тема 2.1. Твердые ракетные топлива	8	2			6	ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-4.3, ПК-4.У	Собеседование	
Тема 2.2. Механизмы горения твердых ракетных топлив	14	2		4	8	ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-2.В, ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.	
Тема 2.3. Горение топлив	8	2			6	ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-4.3, ПК-4.У	Отчет о самостоятельной работе.	
Раздел 3. Расчет заряда и двигателя							<i>ФОС ТК-3 тесты</i>	
Тема 3.1. Приближенный расчет параметров РДТТ. Принципы выбора параметров двигателя.	20	2		4	14	ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В, ПК-5.3, ПК-5.У, ПК-5.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль. Отчет о самостоятельной работе.	
Зачет							<i>ФОС ПА-1 комплексное задание</i>	
Всего за семестр	72	12		12	48			

1	2	3	4	5	6	7	8
Раздел 4. Внутренняя баллистика РДТТ							<i>ФОС ТК-4 тесты</i>
Тема 4.1. Пространственное движение продуктов сгорания. Приближенные методы газодинамического расчета.	21	2		4	15	ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-2.В, ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В, ПК-5.3, ПК-5.У, ПК-5.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.
Тема 4.2. Нестационарные процессы работы РДТТ	21	2	4		15	ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-2.В, ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В, ПК-5.3, ПК-5.У, ПК-5.В	Текущий контроль. Отчеты по лаб. и сам-ной работам.
Раздел 5. Газодинамические характеристики соплового блока							<i>ФОС ТК-5 тесты</i>
Тема 5.1. Расчет коэффициента расхода. Оценка потерь удельного импульса	21	2	4	4	11	ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-2.В, ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В, ПК-5.3, ПК-5.У, ПК-5.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль. Отчет по лаб. работам.
Тема 5.2. Профилирование сопел РДТТ	18	2		4	12	ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-2.В, ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В, ПК-5.3, ПК-5.У, ПК-5.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.
Тема 5.3. Газодинамические возмущения и управляющие усилия	18	2		4	12	ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-2.В, ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В, ПК-5.3, ПК-5.У, ПК-5.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль. Отчет о самостоятельной работе.
Раздел 6. Регулирование рабочих процессов и управление тягой РДТТ							<i>ФОС ТК-6 тесты</i>
Тема 6.1. Неустойчивость рабочего процесса	12	2			10	ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-5.3, ПК-5.У	Собеседование
Тема 6.2. Статические и динамические характеристики РДТТ	23	2	8		13	ПК-2.3, ПК-2.У, ПК-2.В, ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В, ПК-5.3, ПК-5.У, ПК-5.В	Отчет по лаб. работам. Текущий контроль.
Тема 6.3. Стабилизация и изменение величины тяги РДТТ	10	2			8	ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-5.3, ПК-5.У	Отчет о самостоятельной работе.
Подготовка к аттестации	36				36		
Экзамен							<i>ФОС ПА-2 комплексное задание</i>
Всего за семестр	180	16	16	16	132		
Общая трудоемкость	252	28	16	28	180		

РАЗДЕЛ 3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И КРИТЕРИИ ОЦЕНОК ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

3.1. Оценочные средства для текущего контроля

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля (ФОС ТК) является составной частью РП дисциплины (модуля) и хранится на кафедре.

Фонд оценочных средств текущего контроля

№ п/п	Наименование раздела	Вид оценочных средств	Примечание
1	Общие сведения об РДТТ. Физические принципы и основные параметры.	ФОС ТК-1	Отчеты по индивидуальным заданиям на практических занятиях (таблица 3). Отчет о выполнении самостоятельной работы. Тест текущего контроля дисциплины по первому разделу (модулю) (ФОС ТК-1).
2	Горение твердых ракетных топлив	ФОС ТК-2	Отчеты по индивидуальным заданиям на практических занятиях (таблица 3). Отчет о выполнении самостоятельной работы. Тест текущего контроля дисциплины по второму разделу (модулю) (ФОС ТК-2).
3	Расчет заряда и двигателя	ФОС ТК-3	Отчеты по индивидуальным заданиям на практических занятиях (таблица 3). Отчет о выполнении самостоятельной работы. Тест текущего контроля дисциплины по третьему разделу (модулю) (ФОС ТК-3).
4	Внутренняя баллистика РДТТ	ФОС ТК-4	Отчеты по лабораторным работам, индивидуальным заданиям на практических занятиях (таблица 3). Отчет о выполнении самостоятельной работы. Тест текущего контроля дисциплины по четвертому разделу (модулю) (ФОС ТК-4).
5	Газодинамические характеристики соплового блока	ФОС ТК-5	Отчеты по лабораторным работам, индивидуальным заданиям на практических занятиях (таблица 3). Отчет о выполнении самостоятельной работы. Тест текущего контроля дисциплины по пятому разделу (модулю) (ФОС ТК-5).
6	Регулирование рабочих процессов и управление тягой РДТТ	ФОС ТК-6	Отчеты по лабораторным работам (таблица 3). Отчет о выполнении самостоятельной работы. Тест текущего контроля дисциплины по шестому разделу (модулю) (ФОС ТК-6).

3.2. Оценочные средства для промежуточного контроля

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации (ФОС ПА) является составной частью РП дисциплины, разработан в виде отдельного документа, в соответствии с положением о ФОС ПА.

3.3. Форма и организация промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

По итогам освоения дисциплины зачет и экзамен проводятся в два этапа: **тестирование** и выполнение **письменного задания**.

Первый этап проводится в виде тестирования. **Тестирование** ставит целью оценить **пороговый** уровень освоения обучающимися знаний и умений, предусмотренных компетенциями.

Для оценки **превосходного и продвинутого** уровня усвоения компетенций проводится **Второй этап** в виде **письменного задания**, в которое входит письменный ответ на контрольные вопросы и решение задачи.

3.4. Критерии оценки промежуточной аттестации

Результаты промежуточного контроля заносятся в АСУ «Деканат» в баллах.

Таблица 5

Система оценки промежуточной аттестации

Описание оценки в требованиях к уровню и объему компетенций	Выражение в баллах	Словесное выражение
Освоен превосходный уровень усвоения компетенций	от 86 до 100	Отлично
Освоен продвинутый уровень усвоения компетенций	от 71 до 85	Хорошо
Освоен пороговый уровень усвоения компетенций	от 51 до 70	Удовлетворительно
Не освоен пороговый уровень усвоения компетенций	до 51	Неудовлетворительно

РАЗДЕЛ 4 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

4.1.1. Основная литература

1. Ерохин, Б.Т. Теория и проектирование ракетных двигателей. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2015. – 608 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/60037>

4.1.2. Дополнительная литература

1. Алемасов, В.Е. Теория ракетных двигателей: Учебник для студентов вузов / В.Е. Алемасов, А.Ф. Дрегалин, А.П. Тишин; Под ред. В.П. Глушко. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 464 с.

2. Абугов, Д.И. Теория и расчет ракетных двигателей твердого топлива. Учебник для машиностроительных вузов / Д.И. Абугов, В.М. Бобылев – М.: Машиностроение, 1987. – 272 с.

3. Липанов, А.М. Проектирование ракетных двигателей твердого топлива: учебник для студентов вузов / А.М. Липанов, А.В. Алиев – М.: Машиностроение, 1995. – 400 с.

4. Дюнзе, М.Ф. Ракетные двигатели твердого топлива для космических систем / М.Ф. Дюнзе, В.Г. Жимолохин – М.: Машиностроение, 1982. – 160 с.

5. Баллистическая ракета на твердом топливе / Под ред. А.М. Синюкова. – М.: Воениздат, 1972. – 512 с.

6. Губертов, А.М. Газодинамические и теплофизические процессы в ракетных двигателях твердого топлива / А.М. Губертов, В.В. Миронов, Д.М. Борисов и др.; Под ред. А.С. Коротеева. – М.: Машиностроение, 2004. – 512 с.

7. Шишков, А.А. Рабочие процессы в ракетных двигателях твердого топлива. Справочник / А.А. Шишков, С.Д. Панин, Б.В. Румянцев – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.

8. Цуцуран, В.И. Военно-технический анализ состояния и перспектив развития ракетных топлив. Учебник / В.И. Цуцуран, Н.В. Петрухин, С.А. Гусев – М.: МО РФ, 1999. – 332 с.

9. Сухов, А.В. Твердые ракетные топлива: Учеб. пособие по курсу «Топлива и рабочие процессы ракетных двигателей на твердом топливе». [Электронный ресурс] / А.В. Сухов, М.В. Тюгаев, М.М. Фещенок. – Электрон. дан. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 28 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/58420>

10. Тимнат, И. Ракетные двигатели на химическом топливе: пер. с англ. В.А. Вебера и С.М. Фролова. – М.: Мир, 1990. – 294 с.

11. Соркин, Р.Е. Теория внутрикамерных процессов в ракетных двигателях на твердом топливе: внутренняя баллистика. – М.: Наука, ГРФМЛ, 1983. – 288 с.

12. Сабирзянов, А.Н. Воспламенение и выход РДТТ на стационарный режим: учебное пособие / А. Н. Сабирзянов, О. А. Тихонов. – Казань: Изд-во КГТУ им. А.Н. Туполева, 2004. – 152 с.

13. Архангельский, И.И. Проектирование зенитных управляемых ракет/ И.И. Архангельский, П.П. Афанасьев, Е.С. Болотов и др. Под ред. И.С. Голубева и В.Г. Светлинова / Учебник для студентов вузов. – М. Изд-во МАИ, 2001. – 732 с.

4.1.3. Методическая литература к выполнению практических и/или лабораторных работ

1. Исследование параметров двигателей летательных аппаратов: лаб. практикум по курсу "Теория двигателей летательных аппаратов" / Р.А. Гафуров, А.И. Глазунов, Г.А. Глебов [и др.]. Под редакцией проф. А.Ф. Дрегаллина – Казань: Изд-во КАИ, 1988. – 83 с.

2. Данилов Ю.М., Определяков В.А. Исследование ракетных двигателей на твердом топливе. Лабораторный практикум. / Под редакцией проф. А.Ф. Дрегаллина – Казань: Изд-во КАИ, 1978. – 27 с.

3. Глебов Г.А. Течение и теплообмен в соплах внешнего расширения: Учебное пособие / Г.А. Глебов; ред. А.Ф. Дрегаллин – Казань: Изд-во КАИ, 1981. – 72с.

4. Данилов Ю.М., Кондратьев В.А. К расчету внутрибаллистических характеристик ракетного двигателя на твердом топливе. Методическое руководство. / Под редакцией проф. В.Е. Алемасова – Казань: Изд-во КАИ, 1980. – 20 с.

5. Ермолаев В.М. Расчет и проектирование камер ДЛА: учебное пособие / В.М. Ермолаев – Казань: Изд-во КАИ, 1983. – 67 с

6. Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов: Метод. указания к курсовому проектированию / П.В. Семенихин, В.М. Ермолаев, А.И. Глазунов. Под ред. проф. А.Ф. Дрегаллина. – Казань: Изд-во КАИ, 1992. – 28 с.

7. Применение ЭВМ для термодинамических расчетов металлургических процессов / Синярев Г. Б., Ватолин Н. А., Трусов Б. Г., Моисеев Г. К. – М.: Наука, 1982. – 263 с.

4.2. Информационное обеспечение дисциплины (модуля)

4.2.1. Основное информационное обеспечение

1. Электронные ресурсы НТБ КНИТУ-КАИ
<http://library.kai.ru/index.php?inc=elib>

2. Лопанов, А.Н. Физико-химические основы теории горения и взрыва: учебное пособие / А.Н. Лопанов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 149 с: [Электронный ресурс], доступ <http://bg.bstu.ru/shared/attachments/108434>

4.2.2. Дополнительное информационное обеспечение

1. Ягодников, Д.А. Ракетные двигательные установки. Термины и определения: учеб. пособие. [Электронный ресурс] / Д.А. Ягодников, Н.Я. Ирьянов. – Электрон. дан. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 84 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/58406>

2. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания. Справочник. В 10-ти т. / Под ред. акад. В. П. Глушко. – М.: ВИНТИ, 1971 – 1980 гг.

4.3. Кадровое обеспечение

4.3.1. Базовое образование преподавателей

Высшее образование в предметной области двигателестроения и/или наличие ученой степени по специальностям 05.07.05, 01.02.05, 01.04.14 и/или ученого звания по указанным специальностям.

5. Вносимые изменения и утверждения

5.1. Лист регистрации изменений, вносимых в рабочую программу дисциплины (модуля)

Лист регистрации изменений

№ п/п	№ страницы внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

5.2 Лист ознакомления

№п/п	ФИО	Должность	Дата	Подпись