

**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 № 1130.2/56

**АННОТАЦИЯ  
к рабочей программе  
дисциплины (модуля)  
Комбинированные двигатели**

Индекс по учебному плану **Б1.В.ДВ.10.01**

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 изучения дисциплины (модуля)

Цель изучения дисциплины – формирование комплекса знаний и практических навыков, необходимых для инженерного расчета и проектирования комбинированных ракетных двигателей.

### 1.2. Задачи дисциплины (модуля)

Основные задачи дисциплины:

- вооружить студентов фундаментальными и прикладными знаниями в области теории, расчета и проектирования комбинированных ракетных двигателей;
- привить студентам практические навыки инженерного расчета основных параметров и характеристик комбинированных ракетных двигателей и его основных конструктивных элементов;
- подготовить студентов к проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности.

### 1.3. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП ВО

Дисциплина Б1.В.ДВ.10.01 «Комбинированные двигатели» входит в вариативную часть Блока Б1 дисциплин по выбору.

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

Таблица 1

Объем дисциплины (модуля) для очной формы обучения

Вид учебной работы	Общая трудоемкость		семестр 4	
	ЗЕ	час.	ЗЕ	час.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>3</b>	<b>108</b>
<b><i>Аудиторные занятия</i></b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>1</b>	<b>36</b>
Лекции	2/3	24	2/3	24
Практические занятия	1/3	12	1/3	12
Лабораторные работы				
<b><i>Самостоятельная работы студентов</i></b>	<b>2</b>	<b>72</b>	<b>2</b>	<b>72</b>
Проработка учебного материала	1	36	1	36
Курсовой проект				
Курсовая работа				
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	1	36
Промежуточная аттестация:			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
<b><i>ПК-4 – способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности</i></b>			
<b>Знать</b> физико-химические процессы, протекающие в комбинированных ракетных двигателях, основополагающие закономерности и методологию выбора основных параметров.	Посредственное знание физико-химических процессов, протекающих в комбинированных ракетных двигателях, основных параметров.	Знание основ физико-химических процессов, протекающих в комбинированных ракетных двигателях, основополагающих закономерностей выбора основных параметров.	Знание физико-химических процессов, протекающих в комбинированных ракетных двигателях, основополагающих закономерностей и методологию выбора основных параметров.
<b>Уметь</b> разрабатывать физико-химические модели для описания рабочих процессов, протекающих в комбинированных ракетных двигателях, определения основных параметров.	Посредственное умение разработки физико-химических моделей для определения основных параметров комбинированных ракетных двигателей.	Уметь разрабатывать физико-химические модели для определения основных параметров комбинированных ракетных двигателей.	Уметь разрабатывать физико-химические модели для описания рабочих процессов, протекающих в комбинированных ракетных двигателях, определения основных параметров.
<b>Владеть</b> навыками разработки физико-химических моделей для описания рабочих процессов, протекающих в комбинированных ракетных двигателях, определения основных параметров.	Посредственное владение навыками разработки физико-химических моделей для определения основных параметров комбинированных ракетных двигателей.	Владеть навыками разработки физико-химических моделей для определения основных параметров комбинированных ракетных двигателей.	Владеть навыками разработки физико-химических моделей для описания рабочих процессов, протекающих в комбинированных ракетных двигателях, определения основных параметров.
<b><i>ПК-5 – способность осуществлять подготовку заданий на разработку проектных решений</i></b>			
<b>Знать</b> закономерности изменения рабочих процессов комбинированных ракетных двигателей для разработки проектных решений.	Посредственное знание рабочих процессов в комбинированных ракетных двигателях.	Знание основных закономерностей изменения рабочих процессов комбинированных ракетных двигателей для разработки проектных решений.	Знание закономерностей изменения рабочих процессов комбинированных ракетных двигателей для разработки проектных решений.
<b>Уметь</b> осуществлять подготовку заданий на разработку проектных решений в процессе проектирования комбинированных ракетных двигателей.	Посредственное умение осуществлять подготовку заданий на разработку простейших проектных решений в процессе проектирования комбинированных ракетных двигателей.	Уметь осуществлять подготовку заданий на разработку простейших проектных решений в процессе проектирования комбинированных ракетных двигателей.	Уметь осуществлять подготовку заданий на разработку проектных решений в процессе проектирования комбинированных ракетных двигателей.
<b>Владеть</b> навыками подготовки заданий на разработку проектных решений в процессе проектирования комбинированных ракетных двигателей.	Посредственное владение навыками подготовки заданий на разработку простейших проектных решений при проектировании комбинированных ракетных двигателей.	Владеть навыками подготовки заданий на разработку простейших проектных решений при проектировании комбинированных ракетных двигателей.	Владеть навыками подготовки заданий на разработку проектных решений в процессе проектирования комбинированных ракетных двигателей.



## 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)				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
<b>Раздел 1. Основы баллистического проектирования летательных аппаратов с ракетно-прямоточными двигателями</b>							<i>ФОС ТК-1 тесты</i>
Тема 1.1. Аэродинамические и весовые характеристики летательных аппаратов с РПД	8	2		2	4	ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В, ПК-5.3, ПК-9.3, ПК-9.У, ПК-9.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.
Тема 1.2. Воздухозаборные устройства РПД	10	4		2	4	ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В, ПК-5.3, ПК-8.3, ПК-8.У, ПК-8.В, ПК-9.3, ПК-9.У, ПК-9.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.
Тема 1.3. Совместная работа сверхзвукового диффузора, эжектора и камеры сгорания ПРД	4	1			3	ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-5.3, ПК-8.3, ПК-9.3, ПК-9.У	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль. Отчет о выполнении самостоятельной работы.
<b>Раздел 2. Проектирование стартово-разгонных двигателей и камеры сгорания</b>							<i>ФОС ТК-2 тесты</i>
Тема 2.1. Типы стартово-разгонных ступеней	3	1			2	ПК-5.3, ПК-8.3	Текущий контроль.
Тема 2.2. Расчет и проектирование разгонных двигателей	9	3		2	4	ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В, ПК-5.3, ПК-5.У, ПК-5.В, ПК-8.3, ПК-8.У, ПК-8.В, ПК-9.3, ПК-9.У, ПК-9.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.
Тема 2.3. Особенности воспламенительных устройств, тепловой защиты и других систем РПД	5	2			3	ПК-4.3, ПК-8.3, ПК-9.3	Текущий контроль.
Тема 2.4. Расчет и проектирование камер сгорания РПД	9	3		2	4	ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В, ПК-5.3, ПК-5.У, ПК-5.В, ПК-8.3, ПК-8.У, ПК-8.В, ПК-9.3, ПК-9.У, ПК-9.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль. Отчет о выполнении самостоятельной работы.
<b>Раздел 3. Проектирование маршевых РПД на твердых и пастообразных топливах</b>							<i>ФОС ТК-3 тесты</i>

1	2	3	4	5	6	7	8
Тема 3.1. Твердые и пастообразные топлива РПД	2	1			1	ПК-5.3	Текущий контроль.
Тема 3.2. Расчет поверхности горения заряда твердого и пастообразного топлива	7	2		2	3	ПК-5.3, ПК-5.У, ПК-8.3, ПК-8.У, ПК-8.В, ПК-9.3, ПК-9.У, ПК-9.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.
Тема 3.3. Особенности и расчет характеристик рабочего процесса в газогенераторе	7	2		2	3	ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-4.В, ПК-5.3, ПК-5.У, ПК-5.В, ПК-8.3, ПК-8.У, ПК-8.В, ПК-9.3, ПК-9.У, ПК-9.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.
Тема 3.4. Воспламенение топливных зарядов	1,5	0,5			1	ПК-4.3, ПК-4.У	Текущий контроль.
Тема 3.5. Компенсаторы температурных усадок пастообразных топлив	1,5	0,5			1	ПК-4.3, ПК-4.У, ПК-5.3, ПК-5.У, ПК-8.3, ПК-8.У	Текущий контроль.
Тема 3.6. Системы регулирования расхода продуктов газогенерации	5	2			3	ПК-5.3, ПК-5.У, ПК-8.3, ПК-8.У, ПК-9.3, ПК-9.У	Текущий контроль. Отчет о выполнении самостоятельной работы.
<b>Подготовка к аттестации</b>	<b>36</b>				36		
<b>Экзамен</b>							<i>ФОС ПА - комплексное задание</i>
<b>ИТОГО:</b>	<b>108</b>	<b>24</b>		<b>12</b>	<b>72</b>		

## 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.

Таблица 4

Фонд оценочных средств текущего контроля

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	Вид оценочных средств	Примечание
1	Основы баллистического проектирования летательных аппаратов с ракетно-прямоточными двигателями	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	Проектирование стартово-разгонных двигателей и камеры сгорания	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	Проектирование маршевых РПД на твердых и пастообразных топливах	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).

### 3.2. Оценочные средства для промежуточного контроля

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации (ФОС ПА) является составной частью РП дисциплины и 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 экзамена проводится 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. Конструкция и проектирование комбинированных ракетных двигателей на твердом топливе: учеб. / [Б.В. Обносов и др.]; под общ. ред. В.А. Сорокина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 303 с.

2. Сорокин, В.А. Ракетно-прямоточные двигатели на твёрдых и пастообразных топливах. [Электронный ресурс] / В.А. Сорокин, Л.С. Яновский, В.А. Козлов, Е.В. Суриков. – Электрон. дан. – М.: Физматлит, 2010. – 320 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/49100>

3. 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. Интегральные прямоточные воздушно-реактивные двигатели на твердом топливе (Основы теории и расчета) / В.Н. Александров, В.М. Быцкевич, В.К. Верховоломов и др. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 303 с.

2. Зуев, В.С. Теория прямоточных и ракетно-прямоточных двигателей / В.С. Зуев, В.С. Макарон – М.: Машиностроение, 1971. – 368 с.

3. Основы проектирования ракетно-прямоточных двигателей для беспилотных летательных аппаратов/ Б.В. Орлов, Г.Ю. Мазинг, А.Л. Рейдель, М.Н. Степанов, Ю.И. Топчеев; Под ред. Б.В. Орлова – М.: Машиностроение, 1967. – 424 с.

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

5. 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.

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. Коротева – М.: Машиностроение, 2004. – 512 с.

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

8. Фахрутдинов, И.Х. Конструкция и проектирование ракетных двигателей твердого топлива: Учебник для машиностроительных вузов / И.Х. Фахрутдинов, А.В. Котельников. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.

9. Соколовский, М.И. Управляемые энергетические установки на твердом топливе / В.И. Пертенко, М.И. Соколовский, Г.А. Зыков, С.В. Лянгузов, А.И. Годощенко, В.Л. Попов, Б.Ф. Потапов, В.В. Севостьянов, С.Г. Ярушин. Под общ. ред. М.И. Соколовский и В.И. Пертенко – М.: Машиностроение, 2003. – 464 с.

10. 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.

11. 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.

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

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



2. Расчет многоскачковых диффузоров и сверхзвуковых сопел. Методические указания / В.Б. Панфилович. Под ред. В.И. Панченко – Казань: КАИ, 1976. – 20 с.

3. Проектирование двигателей летательных аппаратов. Учебное пособие / В.М. Ермолаев, Ю.Н. Абрамов, Т.М. Магсумов и др. – Казань: КАИ, 1972. – 206 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. Артемов, О.А. Прямоточные воздушно-реактивные двигатели (расчет характеристик): Монография / О.А. Артемов – М.: Компания Спутник+, 2006. – 374 с.

### **4.2.2. Дополнительное справочное 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.

3. Соколов, Б.И. Газогенераторные твердые топлива / Б.И. Соколов, А.С. Черенков. Под редакцией проф. В.Е. Алемасова. – Казань: КАИ, 1980. – 82 с.

4. Соколов, Б.И. Нитроцеллюлозные твердые ракетные топлива / Б.И. Соколов, А.С. Черенков. Под редакцией проф. В.Е. Алемасова. – Казань: КАИ, 1978. – 76 с.

5. Соколов, Б.И. Смесевые твердые ракетные топлива / Б.И. Соколов, А.С. Черенков. Под редакцией проф. В.Е. Алемасова. – Казань: КАИ, 1981. – 76 с.

6. Термодинамические и теплофизические свойства твердых ракетных топлив и их продуктов сгорания. Пособие для курсового и дипломного проектирования / Б.И. Соколов, А.С. Черенков, А.И. Саломыков. Под редакцией проф. В.Е. Алемасова. – Министерство обороны СССР, 1977. – 318 с.

## **4.3. Кадровое обеспечение**

### **4.3.1. Базовое образование**

Высшее образование в предметной области двигателестроения и/или наличие ученой степени по специальностям 05.07.05, 01.02.05 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