

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  
Кафедра Реактивных двигателей и энергетических установок

## **АННОТАЦИЯ**

к рабочей программе

### **«Тепловой расчет элементов конструкции РДТТ»**

Индекс по учебному плану: **Б1.В.ДВ.05.02**

Направление подготовки: **24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»**

Квалификация: **инженер**

Специализация: **«Проектирование ракетных двигателей твердого топлива»**

Вид(ы) профессиональной деятельности: **проектно- конструкторская,**  
**научно –исследовательская**

Разработчик: доцент кафедры РДЭУ к.т.н. А.Н. Сабирзянов

Казань 2017 г.

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

### 1.1 Цель изучения дисциплины (модуля)

Основная цель изучения дисциплины – формирование у будущих специалистов комплекса знаний о методах расчета теплового состояния элементов конструкции РДТТ и выработки практических навыков решения прикладных задач, необходимых для обоснованного выбора тепловой защиты РДТТ.

### 1.2 Задачи дисциплины (модуля)

Основные задачи дисциплины:

- вооружить студентов знаниями о методах расчета теплового состояния элементов конструкции;
- вооружить студентов фундаментальными и прикладными знаниями в области тепловой защиты РДТТ;
- привить студентам практические навыки расчета тепловой защиты РДТТ;
- подготовить студентов к проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности.

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

Дисциплина «Тепловой расчет элементов конструкции РДТТ» входит в состав Вариативного модуля Блока 1 раздела 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		семестры	
			8	
	ЗЕ	час.	ЗЕ	час.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>3</b>	<b>108</b>
<i>Аудиторные занятия</i>	<i>2</i>	<i>72</i>	<i>2</i>	<i>72</i>
Лекции	1	36	1	36
Практические занятия	1	36	1	36
Лабораторные работы	-	-	-	-
<i>Самостоятельная работы студентов</i>	<i>1</i>	<i>36</i>	<i>1</i>	<i>36</i>
Проработка учебного материала	1	36	1	36
Курсовой проект	-	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-	-
Подготовка к промежуточной аттестации	-	-	-	-
Промежуточная аттестация:			зачет	

## 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>ПК-1 – способность принимать участие в работах по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок ЛА в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования</b>			
<b>Знать</b> методы расчета теплового состояния отдельных деталей и узлов двигателей ЛА в соответствии с техническим заданием и с использованием вычислительных средств.	Посредственное знание методов расчета отдельных деталей и узлов двигателей ЛА в соответствии с техническим заданием с использованием вычислительных средств.	Знание методы расчета теплового состояния отдельных деталей и узлов двигателей ЛА в соответствии с техническим заданием и с использованием вычислительных средств не в полной мере.	Знание методы расчета теплового состояния отдельных деталей и узлов двигателей ЛА в соответствии с техническим заданием и с использованием вычислительных средств в полном объеме.
<b>Уметь</b> принимать участие в работах по расчету теплового состояния отдельных деталей и узлов двигателей ЛА в соответствии с техническим заданием и с использованием вычислительных средств.	Посредственное умение участвовать в работах по расчету теплового состояния отдельных деталей и узлов двигателей.	Умение принимать участие в некоторых работах по расчету теплового состояния отдельных деталей и узлов двигателей ЛА в соответствии с техническим заданием и с использованием вычислительных средств.	Умение в полном объеме принимать участие в работах по расчету теплового состояния отдельных деталей и узлов двигателей ЛА в соответствии с техническим заданием и с использованием вычислительных средств.
<b>Владеть</b> навыками расчета теплового состояния отдельных деталей и узлов двигателей ЛА в соответствии с техническим заданием и с использованием вычислительных средств.	Посредственное владение навыками расчета теплового состояния отдельных деталей и узлов двигателей ЛА	Владеть некоторыми навыками расчета теплового состояния отдельных деталей и узлов двигателей ЛА в соответствии с техническим заданием и с использованием вычислительных средств.	Владеть в полном объеме навыками расчета теплового состояния отдельных деталей и узлов двигателей ЛА в соответствии с техническим заданием и с использованием вычислительных средств.
<b>ПК-26 – способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности</b>			
<b>Знать</b> фундаментальные и прикладные основы разработки физических и математических моделей расчета тепловой защиты РДТТ.	Посредственные знания основных законов теплообмена для разработки простейших моделей оценки тепловой защиты РДТТ.	Знать фундаментальные и прикладные законы теплообмена для разработки инженерных моделей расчета тепловой защиты РДТТ.	Знать фундаментальные и прикладные основы разработки физических и математических моделей расчета тепловой защиты РДТТ.
<b>Уметь</b> разрабатывать физические и математические модели расчета тепловой защиты РДТТ.	Уметь разрабатывать простейшие модели оценки тепловой защиты РДТТ.	Уметь использовать фундаментальные и прикладные законы теплообмена для разработки инженерных моделей расчета тепловой защиты РДТТ.	Уметь использовать фундаментальные и прикладные основы для разработки физических и математических моделей расчета тепловой защиты РДТТ.

1	2	3	4
<b>Владеть</b> навыками разработки физических и математических моделей расчета тепловой защиты РДТТ.	Владеть навыками разработки простейших физических и математических моделей оценки тепловой защиты РДТТ.	Владеть навыками разработки инженерных моделей расчета тепловой защиты РДТТ.	Владеть навыками разработки физических и математических моделей расчета тепловой защиты РДТТ.
<b>ПСК-4.6 – способность выполнять расчеты параметров рабочего процесса, нагруженности, теплового состояния и характеристик ракетных двигателей, их узлов и элементов</b>			
<b>Знать</b> современные методы расчета теплового состояния конструктивных элементов.	Знать методы оценки тепловой теплового состояния конструктивных элементов.	Знать инженерные методы расчета теплового состояния конструктивных элементов.	Знать современные методы расчета теплового состояния конструктивных элементов.
<b>Уметь</b> выполнять расчеты теплового состояния элементов конструкции РДТТ.	Уметь оценить тепловое состояние элементов конструкции РДТТ в менее теплонагруженных областях для заданных материалов.	Уметь применить инженерные методы оценки теплового состояния элементов конструкции РДТТ по всему тракту.	Уметь дать полный анализ теплового состояния элементов конструкции РДТТ по всему тракту.
<b>Владеть</b> навыками расчета теплового состояния элементов конструкции РДТТ.	Владеть навыками оценки теплового состояния элементов конструкции РДТТ в менее теплонагруженных областях.	Владеть навыками инженерной оценки теплового состояния элементов конструкции РДТТ по всему тракту.	Владеть навыками применения современных методов расчета теплового состояния элементов конструкции РДТТ по всему тракту.
<b>ПСК-4.8 – способность разрабатывать эффективные системы охлаждения, обеспечивающие надежный режим работы теплонагруженных узлов и деталей авиационных, ракетных двигателей и энергетических установок, а также высокоэффективные аппараты для передачи тепла</b>			
<b>Знать</b> теплообмен и тепловую защиту РДТТ, особенности теплообмена в РДТТ, существующие и перспективные системы тепловой защиты РДТТ.	Посредственные знания основных закономерностей теплообмена в РДТТ, существующих способов тепловой защиты РДТТ.	Знать закономерности теплообмена в РДТТ, особенности теплообмена в РДТТ, существующие способы тепловой защиты РДТТ.	Знать физические и математические модели, методы расчета теплообмена в РДТТ, особенности теплообмена в РДТТ, существующие и перспективные способы тепловой защиты РДТТ.
<b>Уметь</b> применять инженерные и современные методы расчета для разработки эффективных систем тепловой защиты РДТТ.	Уметь применять инженерные методы для предварительной оценки тепловой защиты РДТТ.	Уметь применять инженерные методы расчета для разработки систем тепловой защиты РДТТ.	Уметь применять инженерные и современные методы расчета для разработки эффективных систем тепловой защиты РДТТ.
<b>Владеть</b> навыками разработки эффективной тепловой защиты РДТТ.	Владеть навыками предварительной разработки тепловой защиты РДТТ.	Владеть навыками разработки эффективной тепловой защиты РДТТ, основанной на инженерных методах расчета.	Владеть навыками разработки эффективной тепловой защиты РДТТ, основанной на комплексных расчетах и анализе температурных полей элементов конструкции 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)				Коды составляющих компетенций	Формы и вид контроля освоения составляющих компетенций (из фонда оценочных средств)
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
<b>Раздел 1. Методы расчета теплообмена в РДТТ</b>							<i>ФОС ТК-1 тесты</i>
Тема 1.1. Методы расчета теплового состояния стенки	14	4		6	4	ПК- 1.3, ПК- 1.У, ПК- 1.В, ПСК-4.6.3, ПСК- 4.6.У, ПСК-4.6.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.
Тема 1.2. Конвективный теплообмен в камерах сгорания и соплах	20	8		6	6	ПК- 1.3, ПК- 1.У, ПК- 1.В, ПК- 26.3, ПК- 26.У, ПК- 26.В, ПСК-4.6.3, ПСК-4.6.У, ПСК-4.6.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.
Тема 1.3. Нестационарный теплообмен в РДТТ	10	2		4	4	ПК- 1.3, ПК- 1.У, ПК- 1.В, ПК- 26.3, ПК- 26.У, ПК- 26.В, ПСК-4.6.3, ПСК-4.6.У, ПСК-4.6.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.
Тема 1.4. Радиационный теплообмен в РДТТ	10	4		2	4	ПК- 1.3, ПК- 1.У, ПК- 1.В, ПК- 26.3, ПК- 26.У, ПК- 26.В, ПСК-4.6.3, ПСК-4.6.У, ПСК-4.6.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль. Отчет о самостоятельной работе.
<b>Раздел 2. Тепловой расчет элементов конструкции РДТТ</b>							<i>ФОС ТК-2 тесты</i>
Тема 2.1. Теплофизические и другие характеристики материалов	4	2			2	ПК- 26.3, ПСК-4.8.3	Собеседование
Тема 2.2. Особенности теплового режима и разрушения различных элементов конструкции и теплозащитных материалов	19	6		8	5	ПК- 1.3, ПК- 1.У, ПК- 1.В, ПК- 26.3, ПК- 26.У, ПК- 26.В, ПСК-4.6.3, ПСК-4.6.У, ПСК-4.6.В, ПСК-4.8.3, ПСК-4.8.У, ПСК-4.8.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.
Тема 2.3. Тепловая защита соплового блока	19	6		8	5	ПК- 1.3, ПК- 1.У, ПК- 1.В, ПК- 26.3, ПК- 26.У, ПК- 26.В, ПСК-4.6.3, ПСК-4.6.У, ПСК-4.6.В, ПСК-4.8.3, ПСК-4.8.У, ПСК-4.8.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.
Тема 2.4. Разрушение теплозащитных покрытий при осаждении частиц	8	2		2	4	ПК- 26.3, ПК- 26.У, ПК- 26.В, ПСК-4.6.3, ПСК- 4.6.У, ПСК-4.6.В, ПСК- 4.8.3, ПСК-4.8.У, ПСК- 4.8.В	Выполнение расчетных заданий. Текущий контроль.
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
Тема 2.5. Испытания тепловой	4	2			2	ПК- 1.3, ПСК-4.8.3	Собеседование. Отчет

защиты							о самостоятельной работе.
зачет							ФОС ПА-1 - комплексное задание
ИТОГО:	108	36		36	36		

## 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	Методы расчета тепломассообмена в РДТТ	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	Тепловой расчет элементов конструкции РДТТ	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).

### 3.2 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** 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	Зачтено
Освоен продвинутый уровень усвоения компетенций	от 71 до 85	Зачтено
Освоен пороговый уровень усвоения компетенций	от 51 до 70	Зачтено
Не освоен пороговый уровень усвоения компетенций	до 51	Незачтено

## 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>

2. Белов, В.П. Тепловая защита элементов конструкции ракетных двигателей на твёрдом топливе: учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб.: БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2010. – 51 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/64100>

#### 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. 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.

4. Липанов, А.М. Проектирование ракетных двигателей твердого топлива: учебник для студентов вузов / А.М. Липанов, А.В. Алиев – М.: Машиностроение, 1995. – 400 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. Полежаев, Ю.В. Тепловая защита / Ю.В. Полежаев, Ф.Б. Юревич; Под редакцией А.В. Лыкова – М.: Энергия, 1976. – 392 с.

## **4.2 Информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **4.2.1 Основное 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>

### **4.2.2 Дополнительное справочное обеспечение**

1. 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**

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