

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 07 » марта 20 23 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Конструирование и инженерные методы расчета ракетных двигателей твердого топлива  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** специалитет  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Проектирование ракетных двигателей твердого топлива (СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины формирование системы знаний и компетенций в области конструирования ракетных двигателей твердого топлива (РДТТ), методов расчета элементов и узлов РДТТ, в том числе с использованием программного обеспечения, развитие умений анализировать нагрузки, действующие на элементы и узлы РДТТ, формировать исходные данные для расчета.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- формирование теоретических знаний о современных методах расчета характеристик РДТТ;
- формирование умений анализировать тепловые и механические нагрузки, действующие на РДТТ и внешние воздействующие климатические факторы, грамотного формирования исходных данных для проведения расчета; анализировать результаты расчета.
- формирование умений грамотного проектирования заряда твердого топлива и конструирования элементов и узлов РДТТ.
- формирование навыков владения инженерными методами расчета на прочность основных элементов и узлов РДТТ (в том числе заряда) и соединительных элементов; расчета внутривалитических характеристик РДТТ; расчета тепловых параметров основных элементов и узлов РДТТ;
- формирование навыков работы с конструкторской документацией.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- инженерные методики расчета элементов и узлов РДТТ;
- методика расчета на прочность заряда твердого топлива;
- методика расчета на прочность основных элементов и узлов РДТТ и соединительных элементов;
- методика расчета тепловых параметров корпусов и сопловых блоков;
- методика расчета внутривалитических характеристик РДТТ.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.8	ИД-1ПК-2.8	Знает современные методы расчета основных характеристик РДТТ.	Знает методики и этапность проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов процессов в ракетных двигателях твёрдого топлива.	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.8	ИД-2ПК-2.8	Умеет формировать исходные данные для проведения расчетов, рассчитывать тепловое состояние основных элементов и узлов РДТТ, выбирать потребные толщины теплозащитных и эрозионноустойчивых материалов, рассчитывать на прочность основные элементы и узлы РДТТ, в том числе соединительные элементы.	Умеет проводить газодинамические, тепловые и прочностные расчёты ракетных двигателей твёрдого топлива и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования.	Отчёт по практическом у занятию
ПК-2.8	ИД-3ПК-2.8	Владеет навыками применения инженерных методов расчета для определения потребных толщин теплозащитных, эрозионноустойчивых и конструкционных материалов в конструкции РДТТ.	Владеет навыками проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов ракетных двигателей твёрдого топлива и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования с применением современных программных средств и анализа полученных результатов для принятия технических решений.	Защита лабораторной работы
ПК-2.9	ИД-1ПК-2.9	Знает конструктивно-компоновочные схемы РДТТ; конструкции составных частей и узлов РДТТ; циклограмму функционирования РДТТ; процессы, протекающие в камере сгорания и сопловом блоке РДТТ; принципы формирования конструкторской документации для производства составных частей и узлов РДТТ.	Знает требования к составлению описаний принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов.	Экзамен
ПК-2.9	ИД-2ПК-2.9	Умеет грамотно описать процессы, протекающие в камере сгорания и сопловом блоке РДТТ и	Умеет составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий.	Отчёт по практическом у занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		сформировать на их основе исходные данные для расчета; грамотно спроектировать элементы и узлы РДТТ; применять различные типовые конструкции при проектировании РДТТ; подбирать конструктивно-компоновочную схему РДТТ в зависимости от технического задания.		
ПК-2.9	ИД-3ПК-2.9	Владеть навыками описания процессов, протекающих в камере сгорания и сопловом блоке РДТТ и формирования на их основе исходных данные для расчета; оптимизации процесса проектирования РДТТ; создания эскизных проектов узлов РДТТ; работы с конструкторской документацией.	Владеет навыками составления описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с научно-техническим и технико-экономическим обоснованием принятых проектно-технических решений.	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		9	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	14	14	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
9-й семестр				
Проектирование зарядов твердого топлива	4	4	4	16
Тема 1. Методика расчета внутрибаллистических характеристик РДТТ. Формирование исходных данных для начала расчета. Тема 2. Расчет на прочность заряда твердого топлива. Расчетное определение параметров канала заряда для корпусов типа «кокон». Формирование исходных данных для начала расчета.				
Проектирование корпусов РДТТ	6	6	10	24
Тема 3. Методика расчета на прочность силовой оболочки корпуса типа «кокон» от действия внутреннего и наружного давления. Расчет перемещений днищ и цилиндрической части силовой оболочки корпуса. Расчет на прочность закладных элементов (фланцев). Формирование исходных данных для начала расчета. Тема 4. Методика расчета на прочность узлов стыка корпусов типа «кокон» и элементов соединения: штифто-шпилечное соединение, штифто-болтовое соединение. Расчет жесткостных характеристик корпуса. Формирование исходных данных для начала расчета. Тема 5. Методика расчета требуемых толщин теплозащитных покрытий для корпусов РДТТ. Формирование исходных данных для начала расчета.				
Сопловые блоки	4	8	4	14
Тема 6. Методика расчета на прочность силовых элементов соплового блока. Расчет на прочность соединительных элементов соплового блока. Расчет на прочность соединительных элементов составных частей РДТТ: шпоночное, шпилечное, болтовое (винтовое), резьбовое соединение. Тема 7. Методика расчета требуемых толщин теплозащитных покрытий вдвинутой части соплового блока. Методика расчета требуемых толщин элементов газового тракта соплового блока. Расчетное определение разгара вкладыша критического сечения сопла, выполненного из углерод-углеродного материала.				
ИТОГО по 9-му семестру	14	18	18	54
ИТОГО по дисциплине	14	18	18	54

## Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Расчет на прочность силовой оболочки корпуса типа «кокон»
2	Определение толщины ТЗП корпуса
3	Расчет теплозащиты соплового блока
4	Расчет жесткостных характеристик цилиндрической части корпуса
5	Расчет внутрибаллистических характеристик РДТТ

## Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Определение параметров канала заряда твердого топлива, прочно скрепленного с корпусом, в зависимости от жесткостных характеристик корпуса
2	Исследование теплового состояния корпуса в зависимости от выбранного типа ТЗП
3	Исследование массовых характеристик корпуса в зависимости от выбранного типа соединения в узле стыка корпус-сопло

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

## 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Евграшин Ю. Б. Проектирование и отработка ракетных двигателей на твёрдом топливе : учебное пособие для вузов / Ю. Б. Евграшин. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	152
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Ерохин Б. Т. Теория и проектирование ракетных двигателей : учебник для вузов / Б. Т. Ерохин. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2015.	26
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Ерохин Б. Т. Теория и проектирование ракетных двигателей / Ерохин Б. Т. - Санкт-Петербург: Лань, 2015.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lan60037">http://elib.pstu.ru/Record/lan60037</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Евграшин Ю. Б. Проектирование и отработка ракетных двигателей на твёрдом топливе : учебное пособие для вузов / Ю. Б. Евграшин. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2739">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2739</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Инженерные методы расчета ракетных двигателей твердого топлива. - Пермь: , Изд-во ПНИПУ, 2019. - (Конструкция ракетных двигателей твердого топлива : в 4 ч. : монография; Ч. 2).	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib7358">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib7358</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Конструирование ракетных двигателей твердого топлива. - Пермь: , Изд-во ПНИПУ, 2019. - (Конструкция ракетных двигателей твердого топлива : в 4 ч. : монография; Ч. 1).	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib7357">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib7357</a>	сеть Интернет; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

## **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Компьютер	12
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютер	12

## **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Конструирование и инженерные методы расчета РДТТ»**

---

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Специальность:</b>	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
<b>Специализация программы специалитета</b>	Проектирование ракетных двигателей твердого топлива
<b>Квалификация выпускника:</b>	инженер
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Ракетно-космическая техника и энергетические системы
<b>Форма обучения:</b>	очная

Курс: 5

Семестр(ы): 9

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ  
Часов по рабочему учебному плану: 144 ч

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 9 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «Конструирование и инженерные методы расчета РДТТ». Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (9-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВЫ)	Вид контроля				
	Текущий	Рубежный			Итоговый
	С	ПЗ	ЛР	КР	ИЗ Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>					
<b>З.1.</b> Знает современные методы расчета основных характеристик РДТТ.	С1			КР1	ТВ
<b>З.2.</b> Знает конструктивно-компоновочные схемы РДТТ; конструкции составных частей и узлов РДТТ; циклограмму функционирования РДТТ; процессы, протекающие в камере сгорания и сопловом блоке РДТТ; принципы формирования конструкторской документации для производства составных частей и узлов РДТТ	С1			КР2	ТВ
<b>Освоенные умения</b>					
<b>У.1.</b> Умеет формировать исходные данные для проведения расчетов, рассчитывать тепловое состояние основных элементов и		ПЗ1, ПЗ3	ЛР1	КР1	ТВ

узлов РДТТ, выбирать необходимые толщины теплозащитных и эрозионностойких материалов, рассчитывать на прочность основные элементы и узлы РДТТ, в том числе соединительные элементы.					
<b>У.2.</b> Умеет грамотно описать процессы, протекающие в камере сгорания и сопловом блоке РДТТ и сформировать на их основе исходные данные для расчета; грамотно спроектировать элементы и узлы РДТТ; применять различные типовые конструкции при проектировании РДТТ; подбирать конструктивно-компоновочную схему РДТТ в зависимости от технического задания.		ПЗ2, ПЗ5	ЛР1, ЛР2	КР1	ТВ
<b>Приобретенные владения</b>					
<b>В.1.</b> Владеет навыками применения инженерных методов расчета для определения потребных толщин теплозащитных, эрозионностойких и конструкционных материалов в конструкции РДТТ		ПЗ1-5	ЛР1-3		КЗ
<b>В.2.</b> Владеть навыками описания процессов, протекающих в камере сгорания и сопловом блоке РДТТ и формирования на их основе исходных данных для расчета; оптимизации процесса проектирования РДТТ; создания эскизных проектов узлов РДТТ; работы с конструкторской документацией		ПЗ1-5	ЛР1-3		КЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); РР - расчётная работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

– входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

– текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

– промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

– межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

– контроль остаточных знаний.

## **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль для оценивания в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении итоговой аттестации.

## **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 3 лабораторные работы. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.2. Рубежное тестирование**

Согласно РПД запланировано 2 рубежных контрольных работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Характеристики двигателей на твердом ракетном топливе», вторая КР – по модулю 2 «Сопловые блоки и органы управления».

### **Типовые задания первой контрольной работы:**

1. Классификация и области применения ракетных двигателей твердого топлива.
2. Этапы развития двигателестроения.
3. Критерии эффективности ракетных двигателей твердого топлива.
4. Конструирование корпусов типа «кокон».

### **Типовые задания второй контрольной работы:**

1. Опишите конструктивные схемы органов управления.
2. Приведите основные виды и методы неразрушающего контроля.
3. В чем заключается оптимизация характеристик сопла

Типовые шкалы и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3. Итоговая аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к итоговой аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Итоговая аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровнем сформированности всех дисциплинарных компетенций.

Пример типовой формы экзаменационного билета приведен в Приложении 1.

#### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

##### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Общая характеристика ракетных двигателей твердого топлива.
2. Коэффициент полезного действия ракетных двигателей твердого топлива.
3. Современные композиционные материалы применяемые в корпусах ракетных двигателей твердого топлива.
4. Нагрузки, действующие на сопловые блоки.
5. Типы органов управления ракетного двигателя.

##### **Типовые вопросы и практические задания для контроля усвоенных умений:**

1. Рассчитайте коэффициент полезного действия двигателя.

2. Проведите расчет поверхности горения заряда твердого топлива.
3. Проведите расчет толщины ТЗП.

#### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Проанализируйте возможность замены титанового корпуса камеры сгорания РД на композитный.
2. Приведите последовательность действий при исследовании средств имитации высотных условий работы ракетных двигателей.
3. Приведите последовательность действий при исследовании шарнирного момента эластичного опорного шарнира.

*Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

#### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

**Типовые контрольные задания для оценки результатов обучения по дисциплине, формирующих дисциплинарные части компетенций**

**Вопросы для контроля усвоенных знаний:**

*а) перечень вопросов для оценивания компетенции ПК-2.8:*

1. Классификация и области применения ракетных двигателей твердого топлива.
2. Этапы развития двигателестроения.
3. Общая характеристика ракетных двигателей твердого топлива
4. Коэффициент полезного действия ракетных двигателей твердого топлива
5. Современные композиционные материалы применяемые в корпусах ракетных двигателей твердого топлива.
6. Типы органов управления ракетного двигателя.
7. Критерии совершенства сопловых блоков.

*б) перечень вопросов для оценивания компетенции ПК-2.9:*

1. Нагрузки, действующие на сопловые блоки.
2. Методы и средства имитации высотных условий работы ракетных двигателей твердого топлива.
3. В чём заключается Оптимизация характеристик сопла.
4. Приведите основные виды и методы неразрушающего контроля.
5. Критерии эффективности ракетных двигателей твердого топлива
6. Конструирование корпусов типа «кокон».
7. Опишите конструктивные схемы органов управления.

**Задания для контроля усвоенных умений:**

*а) перечень вопросов для оценивания компетенции ПК-2.8:*

1. Рассчитайте коэффициент полезного действия двигателя.
2. Проведите расчет поверхности горения заряда твердого топлива.
3. Проведите расчет толщины ТЗП.
4. Проведите расчет прочности узла стыка переднего и заднего днища.
5. Рассчитайте НДС системы заряд корпус от действия внутрикамерного давления.

*б) перечень вопросов для оценивания компетенции ПК-2.9:*

1. Рассчитайте коэффициент истечения из сопла.
2. Проведите инженерный расчет на прочность резьбового соединения.
3. Проведите инженерный расчет на прочность шпоночного соединения.
4. Проведите модальный анализ корпуса из стали.
5. Проведите модальный анализ корпуса из стеклопластика.

**Задания для контроля усвоенных владений:**

*а) перечень вопросов для оценивания компетенции ПК-2.8:*

1. Проанализируйте возможность замены титанового корпуса камеры сгорания РД на композитный.
2. Приведите последовательность действий при исследовании средств имитации высотных условий работы ракетных двигателей.
3. Приведите последовательность действий при исследовании шарнирного момента эластичного опорного шарнира.
4. Приведите последовательность действий для расчета прочностного состояния заряда.
5. Приведите последовательность действий для расчета прочностного состояния корпуса.

*б) перечень вопросов для оценивания компетенции ПК-2.9:*

1. Приведите этапы эскизного проектирования двигателя РДТТ.
2. Приведите этапы эскизного проектирования теплозащиты РДТТ.
3. Проанализируйте две однотипные баллистические ракеты российского и зарубежного производства.
4. Приведите этапы технического проектирования корпуса РДТТ.
5. Приведите этапы технического проектирования сопла РДТТ.

Пример типовой формы экзаменационного билета



ФГАОУ ВО «Пермский национальный  
исследовательский политехнический  
университет»

**Специальность**  
24.05.02 «Проектирование авиационных и  
ракетных двигателей»  
**Специализация**  
«Проектирование ракетных двигателей  
твердого топлива»  
**Кафедра**  
«Ракетно-космическая техника и  
энергетические системы»  
**Дисциплина**  
«Конструирование и инженерные методы  
расчета РДТТ»

**БИЛЕТ № 1**

1. Классификация и области применения ракетных двигателей твердого топлива
2. Проведите расчет поверхности горения прочноскрепленного заряда твердого топлива с бронированным глухим торцем.  $D_з=300$  мм  $D_к=15$  мм
3. Приведите последовательность действий при исследовании шарнирного момента эластичного опорного шарнира.

Составитель \_\_\_\_\_  
(подпись)  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

Лузенин А.Ю.

Соколовский М.И.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г.