

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

« 28 » февраля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Конструкция ракетных двигателей твердого топлива
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 252 (7)
(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 – получение знаний о существующих конструктивно-компоновочных схемах ракетных двигателей твердого топлива (РДТТ) и перспективах их совершенствования, конструктивных решениях, применяемых в РДТТ, приобретение навыков создания конструктивного облика РДТТ, развитие умений анализировать конструкции и методики проектирования РДТТ, в том числе с использованием программного обеспечения, получение знаний в области современного материаловедения применительно к элементам и узлам РДТТ и тенденций его развития.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- формирование теоретических знаний о концепциях совершенствования конструкции РДТТ;
- изучение основных конструктивно-компоновочных схем РДТТ, решений в области конструирования элементов и узлов РДТТ, технологии изготовления элементов и узлов РДТТ, основных свойств и характеристик конструкционных, теплозащитных и эрозионностойких материалов, характеристик топливных составов;
- формирование умений грамотно обосновывать выбранную конструктивно-компоновочную схему в зависимости от технического задания, проводить конструктивный анализ РДТТ, анализировать параметры РДТТ;
- формирование умений грамотного выбора топливного состава для РДТТ, системы воспламенения, инженерного обоснования проектных решений по выбору конструкционных, теплозащитных и эрозионностойких материалов для элементов и узлов РДТТ;
- формирование умений определять основные проектные параметры конструкции РДТТ: геометрические параметры корпусов и сопловых блоков, профиль соплового блока, моментные характеристики сопла, параметры раздвижки сопла, энергетические параметры РДТТ;
- формирование умений грамотного использования типовых конструкций при проектировании РДТТ, работать с конструкторской документацией на элементы и узлы РДТТ, создания эскизных и технических проектов узлов РДТТ.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- ракетные двигатели твердого топлива;
- системы управления вектором тяги РДТТ;
- камеры сгорания;
- системы воспламенения;
- топливные составы;
- твердотопливные заряды;
- сопла РДТТ;
- конструкции соединительных узлов в РДТТ;
- материалы и технологии для изготовления элементов и узлов РДТТ;
- критерии совершенства 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
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.6	ИД-1ПК-2.6	Знает основные типы конструктивно-компоновочных схем РДТТ; правила формирования эскизных и технических проектов РДТТ; характеристики конструкционных, теплозащитных и эрозионностойких материалов, используемых в элементах и узлах РДТТ и технологию их изготовления; конструктивные схемы соединений, применяемых в РДТТ; типы уплотнений, применяемых в конструкциях РДТТ;	Знает методы и способы проектирования узлов ракетных двигателей твёрдого топлива, их деталей и узлов.	Экзамен
ПК-2.6	ИД-2ПК-2.6	Умеет выбирать обоснованные значения геометрических параметров элементов и узлов РДТТ; выбирать конструкционные, теплозащитные и эрозионностойкие материалы для элементов и узлов РДТТ; выполнять проектные расчеты основных параметров РДТТ с использованием программных пакетов; конструировать узлы РДТТ и РДТТ в целом; разрабатывать эскизные и технические проекты РДТТ; производить расчеты для оценки эффективности принятых конструктивных решений в РДТТ; анализировать конструктивные решения по параметру эффективности РДТТ; формулировать задания для расчета и конструирования РДТТ; учитывать тепловые, механические нагрузки,	Умеет разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты проектируемых деталей и узлов ракетных двигателей твёрдого топлива, их деталей и узлов.	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		также внешние климатические факторы, действующие на РДТТ.		
ПК-2.6	ИД-3ПК-2.6	Владеет навыками определения характеристик РДТТ на этапе эскизного проектирования; навыками формирования конструктивного облика РДТТ; навыками расчета основных параметров РДТТ и узлов с использованием информационных технологий; знаниями о типовых конструкциях РДТТ, отдельных узлов, тенденциях совершенствования РДТТ; методами компьютерного моделирования РДТТ с использованием САПР.	Владеет навыками использования средств автоматизированного проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных ракетных двигателей твёрдого топлива, их деталей и узлов.	Курсовой проект
ПК-2.7	ИД-1ПК-2.7	Знает структуру построения технического предложения; прикладные компьютерные программы для разработки технической документации и создания презентаций.	Знает структуру построения технического предложения; прикладные компьютерные программы для разработки технической документации и создания презентаций.	Зачет
ПК-2.7	ИД-2ПК-2.7	Умеет анализировать техническое задание и предлагать варианты возможных решений с оценкой эффективности их реализации при проектировании ракетных двигателей твёрдого топлива.	Умеет анализировать техническое задание и предлагать варианты возможных решений с оценкой эффективности их реализации при проектировании ракетных двигателей твёрдого топлива.	Отчёт по практическому занятию
ПК-2.7	ИД-3ПК-2.7	Владеет навыками разработки технического предложения, выбора и аргументации оптимальных вариантов решений при проектировании ракетных двигателей твёрдого топлива.	Владеет навыками разработки технического предложения, выбора и аргументации оптимальных вариантов решений при проектировании ракетных двигателей твёрдого топлива.	Курсовой проект

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		9	10
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	108	54	54
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	36	18	18
- лабораторные работы (ЛР)	36	18	18
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	28	14	14
- контроль самостоятельной работы (КСР)	8	4	4
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	108	54	54
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36		36
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)	36		36
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	252	108	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				
Ракетные двигатели твердого топлива (РДТТ)	4	1	1	8
Тема 1. Классификация и области применения РДТТ. Этапы развития. Пути и перспективы совершенствования РДТТ, их составных частей, элементов и узлов. Критерии совершенства РДТТ. Расчет массового и энергомассового совершенства РДТТ. Тема 2. Конструктивно-компоновочные схемы маршевых РДТТ, стартово-разгонных ступеней (СРС), вспомогательных РДТТ и РДТТ космических аппаратов. Посещение музея НПО «Искра», знакомство с материальной частью маршевых РДТТ четырех поколений, материальной частью СРС, вспомогательных РДТТ, РДТТ космических аппаратов.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Корпуса РДТТ	4	6	0	8
Тема 3. Конструктивные схемы корпусов РДТТ. Основные сведения о принципах выбора конструктивной схемы корпусов. Днища РДТТ: эллиптические, сферические, плоские. Назначение стыков элементов конструкции. Соединения, применяемые в РДТТ. Требования, предъявляемые к стыковочным узлам. Сварные, резьбовые, фланцевые, клиновые, штифто-шпилечные, штифто-болтовые соединения. Конструктивная реализация стыковочных узлов. Методы уплотнений стыков. Тема 4. Конструкция корпусов типа «кокон». Определение проектных параметров корпусов типа «кокон». Соединения, применяемые в РДТТ с корпусами типа «кокон». Рекомендации по выбору полюсных отверстий. Рекомендации по формированию узлов стыка.				
Топливные составы.	4	2	2	8
Тема 5. Баллиститные твердые ракетные топлива (БТРТ). Смесевые твердые ракетные топлива (СТРТ). Основные характеристики БТРТ и СТРТ. Рекомендации по выбору топливных составов РДТТ. Формы зарядов твердого топлива. Рекомендации по выбору формы заряда твердого топлива, исходя из требований технического задания. Тема 6. Воспламенение зарядов РДТТ. Особенности устройств системы воспламенения. Пирозлектрозапалы, пиропатроны. Требования к системе воспламенения. Воспламенители картузные, рулонные, коробчатые, кольцевого, корзиночного, трубчатого типа. Расчетные зависимости по определению массы воспламенительного состава.				
Органы управления РДТТ	4	5	3	12
Тема 7. Конструктивные схемы и принципы создания управляющих усилий. Механические надстроечные органы управления: рулевые двигатели, газовые рули, дефлекторы, триммеры, поворотные насадки. Управляющие сопла: вращающиеся, качающиеся, разрезные, поворотные. Инжекционные органы управления: вдув (перепуск) газа, впрыск жидкости в закритическую часть сопла. Тема 8. Конструкция поворотного-управляющего сопел (ПУС). Эластичный опорный шарнир (ЭОШ), как узел подвеса ПУС: конструкция, принцип и особенности работы, параметры и характеристики. Составляющие шарнирного				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
момента, расчет моментных характеристик ЭОШ. Сопла с изменяемой геометрией, расчет параметров раздвижки насадков. Тема 9. Профилирование сопел РДТТ, расчет энергетических характеристик РДТТ. Составляющие потерь удельного импульса тяги РДТТ и их определение.				
Материалы, применяемые в конструкциях РДТТ	2	2	8	16
Тема 10. Требования, предъявляемые к конструкционным, теплозащитным и эрозионностойким материалам РДТТ. Современные композиционные материалы (КМ), применяемые в элементах и узлах РДТТ. Классификация КМ. Физико-механические (ФМХ) и теплофизические характеристики (ТФХ) органопластиков, стеклопластиков, углепластиков. Рекомендации по выбору КМ для элементов и узлов РДТТ. Пути повышения характеристик КМ, наноккомпозиты. Обзор армирующих материалов, особенности их получения, ФМХ и ТФХ. Обзор связующих, особенности их переработки, ФМХ и ТФХ. Тема 11. Современные высокопрочные стали и сплавы. Этапы развития высокопрочных сталей, титановых и алюминиевых сплавов. Рекомендации по выбору конструкционных материалов для элементов и узлов РДТТ. Тема 12. Область применения и классификация современных углерод-углеродных материалов (УУКМ). УУКМ 2D, 3D и 4D-структуры. Пути повышения эффективности УУКМ. Тема 13. Современные теплозащитные материалы (ТЗП), применяемые в конструкциях РДТТ. Назначение и их характеристики. Пути повышения эффективности ТЗП. Рекомендации по выбору ТЗП для элементов и узлов РДТТ.				
Расчет основных параметров РДТТ	0	2	0	2
Тема 14. Определение габаритных параметров РДТТ.				
ИТОГО по 9-му семестру	18	18	14	54
10-й семестр				
Технология изготовления составных частей, элементов и узлов РДТТ	18	18	14	54
Тема 15. Директивная технология изготовления корпусов типа «кокон». Основные этапы изготовления составных частей корпусов. Ознакомление с материальной частью корпусов типа «кокон». Оборудование для изготовления составных частей корпусов. Тема 16. Виды оправок для намотки корпусов из				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>композиционных материалов. Конструкция песчано-полимерных оправок. Технология изготовления песчано-полимерных оправок. Ознакомление с материальной частью песчано-полимерных оправок. Оборудование для изготовления составных частей песчано-полимерных оправок.</p> <p>Тема 17. Особенности изготовления корпусов типа «кокон» методом «сухой» и «мокрой» намотки. Оборудование для намотки корпусов из композиционных материалов.</p> <p>Тема 18. Директивная технология изготовления сопловых блоков. Основные этапы изготовления составных частей сопловых блоков. Ознакомление с материальной частью сопловых блоков. Оборудование для изготовления составных частей сопловых блоков. Технология изготовления деталей РДТТ методом аддитивных технологий.</p> <p>Тема 19. Технология изготовления теплозащитных покрытий. Способ послойной выкладки, обратного формования, интрузионного литья (экструдирования), намотки профильной лентой (шнуром). Оборудование для изготовления теплозащитных покрытий в зависимости от выбранного способа формования. Рекомендации по выбору способа формования теплозащитных покрытий для различных элементов РДТТ.</p> <p>Тема 20. Технология изготовления эластичного опорного шарнира (ЭОШ): метод прямого прессования, литьевого прессования, метод набора резиновых слоев. Основные этапы изготовления составных частей ЭОШ. Ознакомление с материальной частью ЭОШ. Оборудование для изготовления ЭОШ.</p> <p>Тема 21. Методы формования изделий из углепластика: формование с использованием пресс-форм, методом намотки нитями (жгутами, препрегами), инфузионный метод, метод формования на матрице листовых формовочных материалов, формование с помощью вспененного слоя, гидроклавное формование, вакуумно-автоклавное формование. Технология получения раструбов сопловых блоков из углепластика методом кольцевой намотки.</p> <p>Тема 22. Технология изготовления деталей газового тракта из углерод-углеродных материалов (УУКМ). УУКМ 2D, 3D, 4D-структуры. Ознакомление с материальной частью: вкладыш критического сечения, насадки сопловых блоков. Оборудование для изготовления УУКМ. Получение изделий методом порошковой</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
металлургии, псевдосплавы на основе вольфрама и меди. Технология изготовления облицовки из псевдосплава ВНДС.				
ИТОГО по 10-му семестру	18	18	14	54
ИТОГО по дисциплине	36	36	28	108

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Изучение конструктивно-компоновочных схем РДТТ (посещение музея НПО «Искра»)
2	Расчет поверхности горения заряда твердого топлива
3	Определение геометрических параметров сопла
4	Расчет параметров раздвижки насадков соплового блока
5	Обоснование выбора материалов газового тракта соплового блока, исходя из условий функционирования РДТТ
6	Обоснование выбора конструкционных материалов корпуса РДТТ, исходя из внешних воздействующих на РДТТ факторов

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Расчет параметров массового и энергомассового совершенства РДТТ
2	Расчет габаритно-массовых характеристик корпусов РДТТ
3	Расчет габаритных параметров РДТТ
4	Расчет навески воспламенителя РДТТ
5	Расчет моментных характеристик ЭОШ поворотно-управляющего сопла РДТТ
6	Расчет энергетических характеристик РДТТ
7	Изучение технологического процесса изготовления раструба соплового блока из углепластика, получаемого методом кольцевой намотки («сухой» метод намотки)
8	Изучение технологического процесса изготовления ЭОШ методом литьевого прессования
9	Изучение технологического процесса изготовления ТЗП, получаемого методом послойной выкладки
10	Изучение технологического процесса изготовления форм песчано-полимерной оправки
11	Изучение технологического процесса намотки корпуса типа «кокон» («мокрый» метод намотки)

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Разработка маловысотного ракетносителя
2	Разработка крупногабаритного РДТТ с корпусом из композиционных материалов типа «кокон»

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
1. Основная литература		
1	Ерохин Б. Т. Теория и проектирование ракетных двигателей : учебник для вузов / Б. Т. Ерохин. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2015.	26
2	Энергетика ракетных двигателей на твёрдом топливе / Ю. М. Милёхин [и др.]. - Москва: Наука, 2013.	15
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
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
2	Фахрутдинов И. Х. Конструкция и проектирование ракетных двигателей твердого топлива : учебник для вузов / И. Х. Фахрутдинов, А. В. Котельников. - Москва: Машиностроение, 1987.	63
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	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	Евграшин Ю. Б. Проектирование и отработка ракетных двигателей на твёрдом топливе : учебное пособие для вузов / Ю. Б. Евграшин. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2739	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Ерохин Б. Т. Теория и проектирование ракетных двигателей / Ерохин Б. Т. - Санкт-Петербург: Лань, 2015.	http://elib.pstu.ru/Record/lan60037	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Конструирование ракетных двигателей твердого топлива. - Пермь: , Изд-во ПНИПУ, 2019. - (Конструкция ракетных двигателей твердого топлива : в 4 ч. : монография; Ч. 1).	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib7357	сеть Интернет; свободный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Технологии изготовления ракетных двигателей твердого топлива. - Пермь: , Изд-во ПНИПУ, 2019. - (Конструкция ракетных двигателей твердого топлива : монография : в 4 ч.; Ч. 3).	http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib7547	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.
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	SOLIDWORKS Education Edition (дог.№ L271113-83M от 27.10.2013 каф.РКТЭС АКФ)

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

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

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовой проект	Компьютер	12
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
«Конструкция ракетных двигателей твердого топлива»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей	
Специализация специалиста	Проектирование ракетных двигателей твердого топлива	
Квалификация выпускника:	инженер	
Выпускающая кафедра:	Ракетно-космическая техника и энергетические системы	
Форма обучения:	Очная	
Курс: 5	Семестр: 9, 10	
Трудоёмкость:		
Кредитов по рабочему учебному плану:	7 ЗЕ	
Часов по рабочему учебному плану:	252 ч	
Форма промежуточной аттестации:		
Экзамен: 10 семестр	Зачёт: 9 семестр	Курсовой проект: 10 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «Конструкция ракетных двигателей твердого топлива». 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 двух семестров (9-го и 10-го семестров учебного плана) и разбито на 7 учебных модулей. 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 практическим занятиям, лабораторным работам, курсовому проекту, зачета 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			промежуточный		
	С	ТО	ПЗ	ЛР	Т/КР	зачет	экзамен	экзамен
Усвоенные знания								
З.1. Знает основные типы конструктивно-компоновочных схем РДТТ; правила формирования эскизных и технических проектов РДТТ; характеристики конструкционных, теплозащитных и эрозионностойких материалов, используемых в элементах и узлах РДТТ и технологию их изготовления; конструктивные схемы соединений, применяемых в РДТТ; типы уплотнений, применяемых в конструкциях РДТТ;	<i>С1-3</i>	<i>ТО 1-3</i>			<i>КР1-4</i>			<i>ТВ 1-3</i>

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля							
	текущий		рубежный			промежуточный		
	С	ТО	ПЗ	ЛР	Т/КР	зачет	экзамен	экзамен
З.2. Знает структуру построения технического предложения; прикладные компьютерные программы для разработки технической документации и создания презентаций.	<i>С1-3</i>	<i>ТО 1-3</i>			<i>КР1</i>			<i>ТВ</i>
Освоенные умения								
У.1. Умеет выбирать обоснованные значения геометрических параметров элементов и узлов РДТТ; выбирать конструкционные, теплозащитные и эрозионностойкие материалы для элементов и узлов РДТТ; выполнять проектные расчеты основных параметров РДТТ с использованием программных пакетов; конструировать узлы РДТТ и РДТТ в целом; разрабатывать эскизные и технические проекты РДТТ; производить расчеты для оценки эффективности принятых конструктивных решений в РДТТ; анализировать конструктивные решения по параметру эффективности РДТТ; формулировать задания для расчета и конструирования РДТТ; учитывать тепловые, механические нагрузки, также внешние климатические факторы, действующие на РДТТ.			<i>ПЗ 1-6</i>	<i>ЛР 1-8</i>	<i>КР 1-4</i>			<i>ВКП</i>
У.2. Умеет анализировать техническое задание и предлагать варианты возможных решений с оценкой эффективности их реализации при проектировании ракетных двигателей твёрдого топлива			<i>ПЗ 2-6</i>	<i>ЛР 2-11</i>	<i>КР 2-8</i>			<i>ВКП КЗ</i>
Приобретенные владения								
В.1. Владеет навыками определения характеристик РДТТ на этапе эскизного проектирования; навыками формирования конструктивного облика РДТТ; навыками расчета основных параметров РДТТ и узлов с использованием информационных технологий; знаниями о типовых конструкциях РДТТ, отдельных узлов, тенденциях совершенствования РДТТ; методами компьютерного моделирования РДТТ с использованием САПР			<i>ПЗ 1-6</i>	<i>ЛР 1-8</i>				<i>ВКП</i>

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля							
	текущий		рубежный			промежуточный		
	С	ТО	ПЗ	ЛР	Т/КР	зачет	экзамен	экзамен
В.2. Владеет навыками разработки технического предложения, выбора и аргументации оптимальных вариантов решений при проектировании ракетных двигателей твёрдого топлива.			<i>ПЗ</i> 2-6	<i>ЛР</i> 2-11				<i>ВКП</i> <i>КЗ</i>

С – собеседование по теме; ТО – теоретический опрос; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ОЛР – отчет по лабораторной работе; ПЗ – решение задач практических занятий; ТВ – теоретический вопрос; ВКР/ВКП – выполнение курсовой работы (выполнение курсового проекта); КЗ – комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета и 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 бланочного 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 усвоения материала 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 промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

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

2.2.1. Защита практических занятий

Всего запланировано 6 практических занятий. Типовые темы практических занятий приведены в РПД.

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

2.2.2. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 11 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

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

2.2.3. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 4 рубежных контрольных работ (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Ракетные двигатели твердого топлива», вторая КР – по модулю 2 «Конструктивные особенности РДТТ», третья КР по модулю 3 «Расчет параметров РДТТ», четвертая КР по модулю 4 «Органы управления маршевых РДТТ».

Типовые задания первой КР:

1. Опишите соединения корпуса с передним и задним днищем.
2. Напишите конструктивные особенности систем воспламенения РДТТ.

Типовые задания второй КР:

1. Напишите типы разъемных соединений применяемых в РДТТ.
2. Написать типы конструкций и нарисовать схемы охлаждаемых критических вкладышей в соплах РДТТ.

Типовые задания третьей КР:

1. Произведите расчет на прочность скрепленного заряда в программном пакете ANSYS.
2. Опишите процедуру внутрибаллистического расчета РДТТ.

Типовые задания четвертой КР:

1. Напишите принципы действия основных механических надстроечных органов управления.
2. Опишите основные методы управления вектором тяги с помощью управляющих сопел.

2.2.4. Выполнение курсового проекта

Для развития способности и оценки самостоятельного усвоения знаний, освоения умений и приобретения владения навыками компетенций дисциплины выполняется курсовой проект.

Курсовой проект представляет собой выполнения практических разделов, выполняется на тему: «Проектирование ракетного двигателя на твердом топливе».

Защита курсового проекта включает краткое устное изложение содержания и результатов выполнения задания на курсовой проект с одновременным собеседованием по теоретическим аспектам.

Цель курсового проекта – приобретение умений и навыков проведения проектного расчета двигательной установки на твердом топливе.

Содержание курсового проекта: выбор твердого ракетного топлива; выбор типа заряда твердого топлива; провести внутрибаллистический расчет двигателя; прочностной расчет заряда, корпуса и днищ двигателя; спроектировать воспламенитель и сопло; проведение термодинамического расчета и оформление конструкторской документации.

В результате выполнения курсового проекта обучающийся должен освоить следующие компоненты компетенций:

- владение: Владеет навыками использования средств автоматизированного проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных ракетных двигателей твёрдого топлива, их деталей и узлов. выбирать обоснованные значения геометрических характеристик узлов РДТТ; конструировать ракетные двигатели твердого топлива, их узлы и агрегаты (ПК-2.6).

- владение: Владеет навыками разработки технического предложения, выбора и аргументации оптимальных вариантов решений при проектировании ракетных двигателей твёрдого топлива (ПК-2.7).

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

2.3.1. Зачет (9 семестр)

Допуск к промежуточной 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.

2.3.1.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных 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, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций.

2.3.2. Экзамен (10 семестр)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех практических занятий и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная 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 освоенных 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, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций.

Пример типовой формы экзаменационного билета приведён в Приложении 1.

2.3.2.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

- 1) Ракетный двигатель на твердом топливе.
- 2) Выбор твердого ракетного топлива.
- 3) Конструктивные схемы РДТТ.
- 4) Способ крепления и ТТ в камере сгорания.
- 5) Несущие элементы корпуса. Требования, предъявляемые к конструкции РДТТ.
- 6) Клиновые соединения элементов корпусов РДТТ.
- 7) Схемы намотки: (продольно-поперечная, косослойная продольно-поперечная.
- 8) Способ охлаждения и защиты сублимирующими пастами сопловых блоков РДТТ.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

- 1) Проанализировать ТЗ на двигатель и подобрать метод изготовления корпуса.
- 2) Определить скорости истечения и давления по сечениям сопла, с применением таблиц ГДФ.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений

- 1) Рассчитать необходимую толщину ТЗП необходимое для устойчивой работы РДТТ.
- 2) Спроектировать профиль сопла методом парабол.

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

2.3.3.2. 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 (зачет – 9 семестр)

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в аттестационном испытании 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 компонентов компетенций (экзамен – 10 семестр)

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.

3.3. 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.

Приложение 1
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
«Конструкция ракетных двигателей
твердого топлива»

БИЛЕТ № 1

1. Основные требования, предъявляемые к корпусам РДТТ.
2. Определить массу воспламенителя при свободном объеме камеры 0.004 м^3 , давление в камере сгорания 11 МПа, молярный вес 145 г/моль, доля конденсированной фазы в продуктах сгорания воспламенителя, учитывает наличие твердых частиц, равна 60%, сила топлива $1.05 \cdot 10^6$ Дж/кг.
3. Анализ применения теплозащитных покрытий

Составитель _____
(подпись)

Лузенин А.Ю.

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

Соколовский М.И.

«__» _____ 202_ г.