

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

« 22 » февраля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Конструкция двигателей летательных аппаратов
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов
(код и наименование направления)

Направленность: Суперкомпьютерные технологии проектирования двигателей
летательных аппаратов
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является

- получение знаний по методам проектирования и конструированию двигателей летательных аппаратов (ЛА);
- развитие умения анализировать конструкции и методики проектирования двигателей ЛА;
- приобретение навыков создания конструктивно-компоновочных схем и конструктивного облика установок, в том числе с использованием программного обеспечения.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- ознакомление с современными подходами и методами в области конструирования и проектирования двигателей ЛА;
- изучение конструкций узлов и систем ракетного двигателя;
- формирование умения проводить конструктивный анализ и определять параметры ракетного двигателя;
- формирование навыков расчета параметров двигателя ЛА с использованием программного обеспечения и разрабатывать документацию по реализации проектов.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- конструирование и проектирование ракетных двигателей ЛА;
- конструктивные и силовые схемы ракетных двигателей;
- эскизные проекты и конструкторская документация;
- выбор материалов.

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-2.7	ИД-1ПК-2.7	Знает порядок разработки эскизных проектов и конструкторской документации ракетных двигателей в составе летательного аппарата.	Знает структуру построения технического предложения.	Защита лабораторной работы
ПК-2.7	ИД-2ПК-2.7	Умеет анализировать технические и рабочие проекты ракетных двигателей в составе летательного аппарата.	Умеет анализировать техническое задание и предлагать варианты возможных решений с оценкой эффективности их реализации при проектировании двигателей летательных аппаратов.	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.7	ИД-3ПК-2.7	Владеет навыками разработки оптимальных вариантов решений при проектировании ракетных двигателей в составе летательного аппарата.	Владеет навыками разработки технического предложения, выбора и аргументации оптимальных вариантов решений при проектировании двигателей летательных аппаратов.	Индивидуальное задание

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	45	45	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	25	25	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	63	63	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

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	
1-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
1. Физические принципы, основные параметры и характеристики ракетных двигателей	3	5	0	10
1.1 Тяга камеры РД. Составляющие тяги. выражение тяги через газодинамические функции. 1.2 Удельные параметры камеры РД: удельный импульс, расходный комплекс. Удельный импульс и тяга РД. 1.3 Характеристики РД: дроссельная и расходная характеристики камеры РД и РД в целом; высотная характеристика; характеристика по составу топлива. 1.4 Документооборот при проектировании ракетного двигателя (структура технического предложения).				
2. Анализ работы РД с учетом реальных условий протекания процессов	3	0	0	21
2.1 Закон сохранения энергии применительно к камере РД. 2.2 Методы определения теоретических параметров камеры РД: теоретический метод, графический метод. 2.3 Учет тепловых потерь при работе РД. 2.4 Влияние конденсированной фазы на импульсные характеристики РД.				
3. Конструкция ракетного двигателя на твердом топливе в составе ЛА	7	10	0	20
3.1 Конструктивные особенности и схемы камер сгорания с вкладными зарядами. 3.2 Опорные, фиксирующие элементы, тепловая защита, конструктивные элементы, особенности их проектирования. 3.3 Эскизные, технические и рабочие проекты двигателей с вкладным зарядом. 3.4 Особенности конструкции РДТТ с прочноскрепленными зарядами, конструктивные элементы корпуса. Анализ и выбор оптимальных проектных решений при разработке конструкции с вкладным зарядом. Характеристики формы зарядов. 3.5 Расчет и проектирование соединительных узлов корпуса. 3.6 Разработка эскизного проекта и конструкторской документации для изготовления узлов ракетного двигателя на твердом топливе.				
4. Сопла ракетных двигателей	5	10	0	12
4.1 Энергетические и геометрические характеристики сопла. Анализ газодинамических параметров в сопле ракетного двигателя на твердом топливе. 4.2 Общие задачи профилирования сопла:				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
профилирование дозвуковой части осесимметричного сопла; профилирование сверхзвуковой части осесимметричного сопла. 4.3 Оценка влияния газового следа на аппарат-носитель.				
ИТОГО по 1-му семестру	18	25	0	63
ИТОГО по дисциплине	18	25	0	63

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Выбор и определение основных параметров камеры сгорания
2	Разработка конструкторской документации для изготовления узлов ракетного двигателя на твердом топливе
3	Анализ газодинамических параметров в сопле ракетного двигателя на твердом топливе
4	Влияние конденсированной фазы на газовую струю сопла ракетного двигателя
5	Оценка влияния газового следа на аппарат-носитель

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.

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 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. Теоретические основы проектирования РДТТ. М. : Машиностроение, 1982. 206с.	60
2	Калинчев В. А., Ягодников Д. А. Технология производства ракетных двигателей твердого топлива : учебное пособие для вузов. Москва : Изд-во МГТУ, 2011. 687 с. 43,0 усл. печ. л.	6
3	Фахрутдинов И. Х., Котельников А. В. Конструкция и проектирование ракетных двигателей твердого топлива : учебник для вузов. Москва : Машиностроение, 1987. 325 с.	61
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. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008. 353 с. 22,125 усл. печ. л.	151
2.2. Периодические издания		
1	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2012 -.	
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.	https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=2402	сеть Интернет; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Дорофеев А. А. Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчет и проектирование / Дорофеев А. А. - Москва: МГТУ им. Баумана, 2014.	https://e.lanbook.com/book/106391	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	MS Windows 7 (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022)
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	SOLIDWORKS Education Edition (дог.№ L271113-83M от 27.10.2013 каф.ПКТЭС 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/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
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
Лабораторная работа	Компьютеры	12
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1

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**

Аэрокосмический факультет

Кафедра «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Конструкция двигателей летательных аппаратов»**

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки **24.04.05 «Двигатели летательных аппаратов»**

Профиль магистратуры

Суперкомпьютерные технологии проектирования
двигателей летательных аппаратов

Квалификация выпускника:

магистр

Выпускающая кафедра:

Ракетно-космическая техника и

энергетические системы

Форма обучения:

очная

Курс: 1

Семестр(ы): 1

Трудоемкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:

3 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану:

108 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Зачет: 1 семестр

Пермь, 2022 г.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. 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 (1-го семестра учебного плана) и состоит из 2 учебных модулей. В учебном модуле предусмотрены аудиторские практические занятия, лабораторные работы, 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, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам, зачета. 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		Промежуточная аттестация	
	С	ТО	ОЛР	КР	ИЗ	Зачёт
Усвоенные знания						
З.1. Знает порядок разработки эскизных проектов и конструкторской документации ракетных двигателей в составе летательного аппарата.	С	ТО1-2			С	ТВ
Освоенные умения						
У.1. Умеет анализировать технические и рабочие проекты ракетных двигателей в составе летательного аппарата.			ОЛР 1-5	КР1-2	С	ПЗ1
Приобретенные владения						
В.1. Владеет навыками разработки оптимальных вариантов решений при проектировании ракетных двигателей в составе летательного аппарата			ОЛР 1-5	КР1-2	С	ПЗ2

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

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, 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 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 лабораторных работ, практических заданий и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 5 лабораторных работ. 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. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежных контрольных работы (КР) после освоения студентами учебного модуля дисциплины. КР по модулю 1 «Физические принципы, основные параметры и характеристики ракетных двигателей», КР по модулю 2 «Конструкция ракетного двигателя на твердом топливе в составе ЛА».

Типовые задания КР 1:

1. Тяга камеры РД. Составляющие тяги. выражение тяги через газодинамические функции.
2. Характеристики РД: дроссельная и расходная характеристики камеры РД и РД в целом.
3. Закон сохранения энергии применительно к камере РД.
4. Учет тепловых потерь при работе РД.

Типовые задания КР 2:

1. Расчет и проектирование соединительных узлов корпуса.
2. Энергетические и геометрические характеристики сопла.
3. Характеристики формы зарядов.
4. Конструктивные особенности и схемы камер сгорания с вкладными зарядами.

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

2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

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

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих практических 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.

2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

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, контролируемые уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

2.4.2.1. Типовые вопросы для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Дайте определение коэффициенту объемного заполнения РДТТ.
2. Какие твердые топлива применяются в РДТТ?
3. Требования, предъявляемые к зарядам РДТТ.
4. Какие параметры определяют тягу РДТТ?
5. Назовите наиболее простой воспламенительный состав для зарядов РДТТ из баллиститного топлива.
6. Какие воспламенительные устройства используются в РДТТ?
7. Какое назначение соплового вкладыша РДТТ?
8. Дайте понятие о материалах несущих конструкций РДТТ.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Сравните достоинства и недостатки зарядов смесового и баллиститного топлив.
2. Зависит ли скорость горения заряда от температуры эксплуатации РДТТ?

3. Назовите наиболее простой воспламенительный состав для зарядов РДТТ из баллиститного топлива.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Что является критерием оценки оптимальности давления в КС РДТТ?
2. Зависит ли скорость горения заряда от температуры эксплуатации РДТТ?
3. Какие нагрузки могут привести к потере устойчивости обечайки корпуса РДТТ?
4. Какой из параметров оказывает наибольшее влияние на разброс тяговых характеристик РДТТ?

2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

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

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

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

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

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 зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.