

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

« 15 » февраля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Математика, специальные главы
(наименование)

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

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

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

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

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

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью учебной дисциплины является получение студентами знаний о основах численного моделирования, формирование умений и навыков применять математический аппарат, численные методы и современное программное обеспечение для исследования внутрикамерных процессов в авиационных и ракетных двигателях.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- основные понятия дискретной вычислительной математики;
- приёмы и методы численного дифференцирования и интегрирования;
- элементы вычислительной технологии (алгоритмирование, программирование, проведение расчётов).

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
ОПК-1	ИД-1ОПК-1	Знает теорию, основные законы и методы в области естественнонаучных и общинженерных дисциплин.	Знает теорию, основные законы и методы в области естественнонаучных и общинженерных дисциплин.	Зачет
ОПК-1	ИД-2ОПК-1	Умеет применять методы математического анализа и моделирования для решения инженерных задач профессиональной деятельности.	Умеет применять методы математического анализа и моделирования для решения инженерных задач профессиональной деятельности.	Зачет
ОПК-1	ИД-3ОПК-1	Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.	Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.	Зачет

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	45	45	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	27	27	
- 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	СРС
7-й семестр				
Возможности численного подхода при решении прикладных задач.	2	0	3	10
Преимущества, недостатки численного подхода. Анализ. Критика.				
Обзор численных методов. Метод характеристик. Метод сеток (конечных разностей). Метод распада произвольного разрыва. Метод конечных элементов. Методы расщепления.	2	0	4	13
Основная идея численного подхода. Область применения. Приложения.				
Метод Давыдова (метод крупных частиц) – современный метод постановки вычислительного эксперимента.	4	0	10	20
Формальное изложение метода. Постановка граничных условий. Дифференциальное приближение и представление разностных схем метода. Анализ свойств. Многопараметрический класс разностных схем метода. Структура алгоритма и программы расчёта на ЭВМ методом Давыдова.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Результаты численного моделирования внутрикамерных процессов в РДТТ.	8	0	10	20
Численное моделирование обтекания единичного профиля лопаточных машин. Численное моделирование течения в турбине высокого давления авиационного двигателя. Численное моделирование выхода на режим работы РДТТ РСЗО. Численное моделирование процесса срабатывания бесплового РДТТ. Численное моделирование эффектов типа «биение» в РДТТ системы управления вектором тяги. Численное моделирование внутрикамерных процессов в РДТТ системы спасения космонавтов. Численное моделирование процесса срабатывания РДТТ для мобильных комплексов с многошашечным пороховым зарядом. Численное моделирование влияния полётной перегрузки на внутрикамерные процессы в маршевом РДТТ.				
ИТОГО по 7-му семестру	16	0	27	63
ИТОГО по дисциплине	16	0	27	63

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Анализ задач, решаемых методом характеристик и методом конечных разностей.
2	Анализ задач, решаемых методом распада произвольного разрыва, методом конечных элементов.
3	Анализ задач, решаемых методом расщепления и методом Давыдова.
4	Конечно-разностная аппроксимация исходных систем дифференциальных и интегральных уравнений в методе Давыдова.
5	Постановка граничных условий в методе Давыдова.
6	Анализ свойств разностной схемы метода Давыдова.
7	Многопараметрический класс разностных схем метода Давыдова.
8	Анализ результатов численного моделирования внутрикамерных процессов в авиационных и ракетных двигателях.

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.

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 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	Давыдов Ю. М. Совершенствование и оптимизация авиационных и ракетных двигателей с учетом нелинейных нестационарных газодинамических эффектов / Ю. М. Давыдов, И. М. Давыдова, М. Ю. Егоров. - М.: Нац. Акад. прикл. наук России, 2002.	17
2	Давыдов Ю.М. Численное моделирование нестационарных переходных процессов в активных и реактивных двигателях / Ю.М. Давыдов, М.Ю. Егоров. - М.: Нац. Акад. прикл. наук России, 1999.	21
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		

1	Белоцерковский О.М., Давыдов Ю.М. Метод крупных частиц в газовой динамике. Вычислительный эксперимент. – М.: Наука, 1982. – 392 с.	4
2	Егоров М.Ю. Методы численного решения прикладных задач. Метод Давыдова (метод крупных частиц). Учебное пособие по прикладной математике. - Пермь, ПГТУ, 2001. – 20 с.	20
3	Математическая энциклопедия – М.: Советская энциклопедия, 1982.	1
2.2. Периодические издания		
1	ВЕСТНИК ПНИПУ. Аэрокосмическая техника.	1
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	Численные методы. Учебное пособие.	https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/40678/1/978-5-7996-1781-3_2016.pdf	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Численные методы. Учебное пособие.	http://www.unn.ru/books/met_files/NumbMeth.pdf	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 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Среды разработки, тестирования и отладки	Embarcadero Delphi 2007, лиц.№ 33948 , 137 лиц. ПНИПУ 2008 г.
Среды разработки, тестирования и отладки	Microsoft Visual Studio (подп. Azure Dev Tools for Teaching)

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/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
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/
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	http://www.diss.rsl.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Доска. Мел. ЭВМ + проектор.	1
Практическое занятие	Доска. Мел.	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

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

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Математика, специальные главы»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	160300 «Двигатели летательных аппаратов»
Направленность (профиль) образовательной программы:	«Авиационные двигатели», «Ракетные двигатели» (СУОС)
Квалификация выпускника:	Специалист
Выпускающая кафедра:	«Авиационные двигатели», «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»
Форма обучения:	Очная

Курс: 4

Семестр: 7, 8

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 108 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Зачет: 8 семестр

Пермь, 2023

Фонд оценочных средств 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 разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и 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 зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий		Рубежный		Итоговый
	С	ТО	КР	КЗ	Зачет
Усвоенные знания					
З.1 знать основные численные методы (на уровне базового знания), используемые в газодинамических расчётах	С1	ТО1	КР1		ТВ
З.2 знать метод Давыдова (метод крупных частиц)			КР1		ТВ
Освоенные умения					
У.1 уметь применять метод Давыдова (метод крупных частиц) для решения актуальных фундаментальных и прикладных задач.				КЗ	ПЗ
У.2 уметь составлять сложные программные продукты (рабочую расчетную программу для ЭВМ)				КЗ	ПЗ
Приобретенные владения					
В.1 владеть основными численными					КЗ

методами газовой динамики (на уровне базового знания)					
В.2 владеть методом Давыдова (методом крупных частиц) – современным методом постановки вычислительного эксперимента					КЗ
В.3 владеть навыками написания, тестирования и отладки сложных программных продуктов для ЭВМ					КЗ

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); КР – контрольная работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание зачета.

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), 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, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) в форме рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР1 по модулю 1 «Возможности численного подхода при решении прикладных задач», вторая КР2 – по модулю 2 «Обзор численных методов», третья КР3 – «Метод Давыдова (метод крупных частиц) – современный метод постановки вычислительного эксперимента», четвёртая КР4 – «Результаты численного моделирования внутрикамерных процессов в РДТТ».

Типовые задания КР 1:

1. Возможности численного подхода при решении прикладных задач.

Типовые задания КР 2:

1. Метод характеристик. Метод сеток (конечных разностей).
2. Метод Давыдова (метод крупных частиц).

Типовые задания КР 3:

1. Конечно-разностная аппроксимация исходных систем дифференциальных и интегральных уравнений. Дискретное представление среды. Способы и виды аппроксимации. Точность аппроксимации.

2. Многопараметрический класс разностных схем расщепления. Оптимизация разностных схем по параметрам.

Типовые задания КР4:

1. Результаты численного моделирования внутрикамерных процессов в РДТТ.

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, 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 расчётно-графической работы 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 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.

2.4.2. 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.

2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Метод характеристик. Метод сеток (конечных разностей).
2. Метод распада произвольного разрыва (метод С.К. Годунова).
3. Многопараметрический класс разностных схем расщепления.

Оптимизация разностных схем по параметрам.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Анализ задач, решаемых методом характеристик и методом конечных разностей
2. Алгоритмирование и программирование задач газовой динамики.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Структура программы для решения типовой задачи газовой динамики методом Давыдова.

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 путем.

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.