

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 09 » декабря 20 19 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Численные методы в механике сплошных сред (специальные  
разделы)  
\_\_\_\_\_ (наименование)

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

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

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 108 (3)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ 01.04.02 Прикладная математика и информатика  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Математическое моделирование физико-механических  
процессов  
\_\_\_\_\_ (наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель изучения дисциплины – сформировать представление, теоретические знания и практические навыки решения нестационарных, физически и геометрически нелинейных задач механики сплошных сред (МСС) (в частности механики деформируемого твердого тела (МДТТ)), обратных и некорректных задач для их эффективного использования при построении и анализе математических моделей систем и процессов.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен

Знать:

подходы к построению разрешающих соотношений метода конечных элементов для стационарных, нестационарных, физически и геометрически нелинейных задач механики сплошных сред.

Уметь:

использовать численные методы для решения реальных задач, связанных с научно-исследовательской работой студентов.

Владеть:

- навыками формирования представлений о методах и подходах решения обратных и некорректных задач.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения дисциплины являются метод конечных элементов, применительно к решению стационарных и нестационарных задач, задач упругости, пластичности и вязкости при простом и сложном нагружении, геометрически нелинейных задач МСС; понятийный аппарат, теоретические подходы к регуляризации решения обратных и некорректных задач, численные алгоритмы методов регуляризации.

### 1.3. Входные требования

Студенты должны знать основные численные методами алгебры, анализа, решения линейных дифференциальных уравнений.

Кроме того, излагаемый материал основывается на знаниях, полученных при изучении математических и физических дисциплин естественнонаучного направления (линейная алгебра, дифференциальное и интегральное исчисление, дифференциальные уравнения, функциональный анализ, тензорный анализ, механика сплошных сред, теория определяющих соотношений)

## 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-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает: основные численные методы для решения дифференциальных уравнений, нелинейных, некорректных и обратных задач их возможности и ограничения; способы оценки корректности численных результатов, возможности и ограничения основных численных методов; способы оценки корректности численных результатов	Знает особенности и границы применимости современных моделей материалов, аналитических и численных методов решения задач физики и механики сплошных сред, знает методы построения новых математических моделей для решения прикладных задач моделирования физико-механических процессов.	Контрольная работа
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет: выбрать и применить наиболее эффективный численный метод или существующий пакет для решения многомерных, нестационарных, связанных, нелинейных, некорректных и обратных задач, связанных с реализацией моделей физико-механических процессов	Умеет обосновывать выбор и применять современные математические модели материалов, разрабатывать новые математические модели сплошных сред для решения междисциплинарных прикладных и фундаментальных научных задач, анализировать результаты их решения и идентифицировать параметры математических моделей по экспериментальным данным, умеет модифицировать и развивать методы решения прикладных задач физики и механики сплошных сред	Индивидуальное задание
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет: навыками разработки и реализации вычислительных алгоритмов; использования существующих вычислительных пакетов; оценки точности и адекватности численных результатов при решении практических прикладных задач	Владеет навыками технологией разработки новых математических моделей сложных сред и имеет опыт решения современных междисциплинарных физико-механических задач с использованием известных и модифицированных подходов и методов	Курсовая работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		моделирования физико-механических процессов	физики и механики сплошных сред, опытом применения на практике результатов их решения	

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	
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)	18	18	
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
2-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
Теоретические основы и практическое применение метода конечных элементов	12	0	16	42
Тема 1. Введение. Проекционный и вариационный подходы к построению разрешающих соотношений МКЭ. Тема 2.. Виды конечных элементов и их классификация. Дискретизация расчетной области. Тема 3. Отображение и численное интегрирование. Тема 4. Постановка и решение нестационарных и динамических задач. Тема 5. Физически нелинейные задачи. Тема 6. Геометрически нелинейные задачи. Общие положения.				
Введение в методы решения обратных и некорректных задач	4	0	11	21
Тема 7. Введение. Основные понятия, определения и примеры обратных и некорректных задач. Тема 8. Методы регуляризации. Тема 9. Применение методов регуляризации для решения задач МДТТ.				
ИТОГО по 2-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	Проекционные и вариационные подходы к построению разрешающих соотношений МКЭ. Минимизация функционала и уравнение Эйлера в простейших примерах.
2	Построение базисных функций для элементов различного типа, формы, порядка аппроксимации.
3	Параметрические отображения из локальных координат в глобальные. Применение интегральных квадратурных формул Гаусса
4	Вывод разрешающих соотношений для двумерных нестационарных и динамических задач на основе пространственной и пространственно-временной дискретизации в рамках МКЭ.
5	Вывод разрешающих соотношений для двумерных задач пластичности и текучести для различных типов КЭ.
6	Вывод и доказательство разрешающих соотношений геометрически нелинейных задач теории упругости.
7	Вывод и доказательство теоретических утверждений, приведенных на лекции. Проверка самосопряженности и положительности операторов.
8	Методы регуляризации
9	Решение обратной задачи теплопроводности (первая, вторая постановки) в виде интегрального уравнения Фредгольма I-го рода. Метод квазиобращения.

## Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Применение метода дополнительных деформаций для решения задачи пластичности методом конечных элементов при сложном нагружении
2	Применение метода дополнительных деформаций для решения задачи вязкоупругости методом конечных элементов при сложном нагружении
3	Методы регуляризации для решения некорректных задач линейной алгебры.
4	Регуляризованные разностные схемы.
5	Итерационное решение ретроспективной задачи.

### 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, 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	Зубко И. Ю. Математическое моделирование: дискретные подходы и численные методы : учебное пособие для вузов / И. Ю. Зубко, Н. Д. Няшина. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012.	5
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Ватульян А. О. Коэффициентные обратные задачи механики : монография / А. О. Ватульян. - Москва: Физматлит, 2019.	1
2	Зенкевич О. К. Метод конечных элементов в технике : пер. с англ. / О. К. Зенкевич. - Москва: Мир, 1975.	1
3	Самарский А. А. Численные методы решения обратных задач математической физики : учебное пособие / А. А. Самарский, П. Н. Вабищевич. - Москва: Изд-во ЛКИ, 2015.	2
4	Самарский А.А. Введение в численные методы : учебное пособие для вузов / А. А. Самарский. - Санкт-Петербург: Лань, 2005.	40
5	Сегерлинд Л. Д. Применение метода конечных элементов : пер. с англ. / Л. Д. Сегерлинд. - Москва: Мир, 1979.	12
6	Тихонов А. Н. Методы решения некорректных задач : учебное пособие для вузов / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. - Москва: Наука, 1986.	13
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Вестник ПНИПУ. Механика : журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. А. А. Ташкинова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012 - .	
2	Вычислительная механика сплошных сред : журнал / Российская академия наук, Уральское отделение; Институт механики сплошных сред. - Пермь: ИМСС УрО РАН, 2008 - .	
<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	Введение в математическое моделирование : учебное пособие / В. Н. Ашихмин [и др.]. - М: Логос, 2007.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks118312">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks118312</a>	сеть Интернет; свободный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Зубко И. Ю. Математическое моделирование: дискретные подходы и численные методы : учебное пособие для вузов / И. Ю. Зубко, Н. Д. Няшина. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3502">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3502</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	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Среды разработки, тестирования и отладки	Embarcadero Delphi 2007, лиц. № 33948, 137 лиц. ПНИПУ 2008 г.

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
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
Курсовая работа	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	10
Лекция	Видеопроектор	1
Лекция	Ноутбук	1



Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Практическое занятие	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	10

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

Описан в отдельном документе