

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 12 » мая \_\_\_\_\_ 20 22 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_ **Дополнительные главы вычислительной механики**  
(наименование)

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

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

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

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ **15.03.03 Прикладная механика**  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ **Прикладная механика (общий профиль, СУОС)**  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование комплекса знаний, умений и навыков по углубленному использованию численных методов решения механических задач, конструированию численных алгоритмов, оценки их работоспособности, точности и практической реализации на современных ЭВМ, в том числе с применением современных информационных систем, использующих численные методы анализа.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Численные методы решения краевых задач механики деформируемого твердого тела.  
Технологии реализации численных методов, построения вычислительных алгоритмов и программной реализации их на ЭВМ.  
Анализ результатов численного решения прикладных задач.

### 1.3. Входные требования

Знание основ программирования. Знания основ вычислительной математики и численных методов. Знание основ теории упругости. Владение языками программирования. Навыки построения программ и алгоритмов с использованием ЭВМ. Навыки постановки задач прикладной механики. Знания основ вычислительной механики. Знания, умения и навыки работы с отчетной документацией.

## 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-2.2	ИД-1ПК-2.2	Знает современные и эффективные численные методы, алгоритмические языки, пакеты прикладных программ, средства представления результатов для проведения инженерных расчетов и исследовательских работ в прикладной механике	Знает современные и эффективные численные методы, алгоритмические языки, пакеты прикладных программ, средства представления результатов для проведения инженерных расчетов и исследовательских работ в прикладной механике	Собеседование

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.2	ИД-2ПК-2.2	Умеет создавать и использовать компьютерные модели материалов и конструкций для проведения инженерных расчетов в различных областях техники с использованием современных эффективных методов и средств, в том числе численных методов, алгоритмических языков, пакетов прикладных программ, средств представления результатов, выполнять анализ результатов расчета	Умеет создавать и использовать компьютерные модели материалов и конструкций для проведения инженерных расчетов в различных областях техники с использованием современных эффективных методов и средств, в том числе численных методов, алгоритмических языков, пакетов прикладных программ, средств представления результатов, выполнять анализ результатов расчета	Защита лабораторной работы
ПК-2.2	ИД-3ПК-2.2	Владеет навыками верификации компьютерных моделей на основе экспериментальных данных при решении задач прикладной механики	Владеет навыками верификации компьютерных моделей на основе экспериментальных данных при решении задач прикладной механики	Курсовая работа

### 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:	52	52	
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)	34	34	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	92	92	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<b>7-й семестр</b>				
Методы построения конечно-элементных соотношений и применение метода конечных элементов (МКЭ) для решения некоторых прикладных задач механики.	12	0	24	62
Вариационный метод построения МКЭ-соотношений. Решение трехмерных задач методом конечных элементов. Сходимость МКЭ. Численное интегрирование в МКЭ. МКЭ в напряжениях.				
Метод граничных элементов (МГЭ).	4	0	10	30
Основные понятия. Фундаментальные сингулярные решения. Непрямой МГЭ. Прямой МГЭ.				
<b>ИТОГО по 7-му семестру</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>34</b>	<b>92</b>
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>34</b>	<b>92</b>

## Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Решение задачи механики МКЭ с использованием нелинейных конечных элементов
2	Численное интегрирование: метод Гаусса–Лежандра
3	Решение задачи об изгибе балки непрямым МГЭ

## Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Выполнение научно-исследовательской работы в области прикладной механики с применением численных методов и современных вычислительных систем.
2	Численный анализ напряженно-деформированного состояния конструкций с использованием метода конечных элементов.
3	Исследование напряженно-деформированного состояния конструкций с использованием прикладных программных пакетов инженерного анализа.

## 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.

### 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. 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	Баженов В. Г., Игумнов Л.А. Методы граничных интегральных уравнений и граничных элементов в решении задач трехмерной динамической теории упругости с сопряженными полями. Москва Нижний Новгород : Физматлит : Изд-во ННГУ, 2008. 351 с.	2
2	Бояршинов М. Г. Вычислительное моделирование узлов и элементов строительных и дорожных машин и комплексов : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2021. 254 с. 16,0 усл. печ. л.	5
3	Механика сплошной среды. Основы механики твёрдых сред. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. 623 с. 50,7 усл. печ. л.	10
4	Образцов И. Ф., Савельев Л. М., Хазанов Х. С. Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов : учебное пособие для вузов. Москва : Высш. шк., 1985. 392 с.	5
5	Сегерлинд Л. Д. Применение метода конечных элементов : пер. с англ. Москва : Мир, 1979. 392 с.	12
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Победря Б. Е., Георгиевский Д. В. Основы механики сплошной среды : курс лекций учебное пособие для вузов. Москва : Физматлит, 2006. 272 с.	20
2	Суходоева А. А. Конечные элементы в строительной механике : учебное пособие. Москва : Изд-во ПГТУ, 2006. 99 с.	22
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Суходоева А.А. Конечные элементы в строительной механике: учебное пособие	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2556">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2556</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Носов, В.В. Механика неоднородных материалов.	<a href="http://e.lanbook.com/book/90061">http://e.lanbook.com/book/90061</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	MS Windows 7 (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Mathematica Professional Version (лиц. L3263-7820*)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.

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

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

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Персональный компьютер	25
Лекция	Проектор, ноутбук	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	25

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

Описан в отдельном документе