

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра вычислительной и экспериментальной механики**

Авторы-составители: **Скачков Андрей Павлович**

Рабочая программа дисциплины

**ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД**

Код УМК 82487

Утверждено  
Протокол №6  
от «16» июня 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Численные методы механики сплошных сред

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **01.03.03** Механика и математическое моделирование  
направленность Программа широкого профиля

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Численные методы механики сплошных сред** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**01.03.03** Механика и математическое моделирование (направленность : Программа широкого профиля)

**ПК.5** способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	01.03.03 Механика и математическое моделирование (направленность: Программа широкого профиля)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	11
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	0
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Защищаемое контрольное мероприятие (3)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (11 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### **Численные методы механики сплошных сред**

В рамках дисциплины рассматриваются численные методы, предназначенные для моделирования деформируемых механических систем. Приводится алгоритмизация предложенных методов.

### **Введение. Типы конечных элементов. Дискретизация областей.**

История и развитие численного моделирования на основе вариационных постановок задач. Типы конечных элементов для одномерных, двумерных, трехмерных задач. Конечные элементы в пространстве Минковского.

### **Построение функций элементов. Построение системы разрешающих уравнений.**

Методика построения функций элементов. Основные свойства функций элементов. Соблюдение условий непрерывности и сходимости при их построении.

### **Решение задач теории поля.**

Получение вариационной постановки для задач теории поля. Процедура построения системы разрешающих уравнений. Формулировка и учет граничных условий. Реализация нестационарных задач.

### **Решение задач теории упругости.**

Получение вариационной постановки для задач теории упругости. Процедура построения системы разрешающих уравнений. Формулировка и учет граничных условий.

### **Кручение стержня произвольного сечения.**

Получение вариационной постановки для задач кручения стержня произвольного сечения. Использование функции Эри. Процедура построения системы разрешающих уравнений. Формулировка и учет граничных условий.

### **Симплекс элементы. Элементы высших порядков.**

Построение и использование симплекс элементов. Нелинейные конечные элементы и построение функций формы для них. Суб-, изо- и суперпараметрические элементы. Принципы их использования.

### **Использование смешанных функционалов.**

Смешанные функционалы. Их использование для решения задач теории упругости. Идеи метода суперэлементов.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Терпугов В. Н.,Вертгейм И. И. Современные численные методы механики деформируемого твердого тела. Основы технологии метода конечных элементов:учебно-методическое пособие/В. Н. Терпугов, И. И. Вертгейм.-Пермь,2007, ISBN 5-7944-0839-1.-101.-Библиогр.: с. 98-100
2. Аптуков В. Н.,Ландик Л. В.,Фонарев А. В. Метод конечных элементов и нерегулярные сетки для решения стационарных задач переноса тепла и статики упругих тел:учебное пособие для математических направлений и специальностей университетов/В. Н. Аптуков, Л. В. Ландик, А. В. Фонарев.-Пермь,2002, ISBN 5-7944-0264-4.-120.-Библиогр.: с. 118

### Дополнительная:

1. Сегерлинд Л. Дж. Применение метода конечных элементов/Л. Дж. Сегерлинд ; пер. А. А. Шестаков ; ред. Б. Е. Победря.-Москва:Мир,1979.-392.-Библиогр. в конце глав

## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

<http://window.edu.ru/> Единое окно доступа к образовательным ресурсам

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Численные методы механики сплошных сред** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»;

- офисный пакет приложений «LibreOffice», Alt Linux;

Специализированное программное обеспечение не требуется

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с

доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Численные методы механики сплошных сред**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и  
критерии их оценивания**

<b>Компетенция</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<p><b>ПК.5</b> способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач</p>	<p>В результате обучения студент должен быть способен описать вариационную постановку решаемой задачи, знать процедуру построения системы разрешающих уравнений МКЭ, уметь сформулировать граничные условия, иметь навыки решения поставленной задачи предложенным методом и оценить точность полученного решения.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> Студент не знает способов получения системы разрешающих уравнений МКЭ. Студент не может решить поставленную задачу предложенным методом.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> Студент имеет представление о способах получения системы разрешающих уравнений МКЭ. Студент может решить поставленную задачу предложенным методом.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b> Студент имеет представление о вариационной постановке решаемой задачи, способах получения системы разрешающих уравнений МКЭ. Студент может решить поставленную задачу предложенным методом и оценить точность полученного решения.</p> <p align="center"><b>Отлично</b> Студент способен описать вариационную постановку решаемой задачи, знает процедуру построения системы разрешающих уравнений МКЭ, может сформулировать граничные условия. Студент может решить поставленную задачу предложенным методом и оценить точность полученного решения.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ПК.5</b> способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач	Решение задач теории упругости. <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Умение провести дискретизацию области, способность задать граничные условия, навыки решения задачи теории упругости и анализа полученных результатов.
<b>ПК.5</b> способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач	Кручение стержня произвольного сечения. <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Умение провести дискретизацию области, способность задать граничные условия, навыки решения задачи кручения стержня и анализа полученных результатов.
<b>ПК.5</b> способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач	Использование смешанных функционалов. <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Знание принципов построения функционалов для рассматриваемой задачи, умение провести вариационную постановку задачи, навыки получения системы разрешающих уравнений для предложенного функционала.

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Решение задач теории упругости.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Решена задача теории упругости	10
Проведен анализ полученных результатов.	10
Сформулированы граничные условия	7
Проведена дискретизация области,	3

### **Кручение стержня произвольного сечения.**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Решена задача кручения стержня	10
Проведен анализ полученных результатов.	10
Сформулированы граничные условия	7
Проведена дискретизация области	3

### **Использование смешанных функционалов.**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Получена система разрешающих уравнений для предложенного функционала.	13
Проведена вариационная постановка предложенной задачи	10
Знание принципов построения функционалов для рассматриваемой задачи, умение провести вариационную постановку задачи, навыки получения системы разрешающих уравнений для предложенного функционала.	10
Знание принципов построения функционалов для рассматриваемой задачи	7