

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

**Кафедра вычислительной и экспериментальной механики**

Авторы-составители: **Скачков Андрей Павлович  
Терпугов Виктор Николаевич**

Рабочая программа дисциплины  
**ПОСТАНОВКИ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ  
ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**  
Код УМК 95997

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

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Постановки и методы решения задач механики деформируемого твердого тела

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

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

Направление: **01.04.03** Механика и математическое моделирование  
направленность Фундаментальная и прикладная механика

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

В результате освоения дисциплины **Постановки и методы решения задач механики деформируемого твердого тела** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**01.04.03** Механика и математическое моделирование (направленность : Фундаментальная и прикладная механика)

**ОПК.1** Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы механики и математики

#### **Индикаторы**

**ОПК.1.1** Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области

**ОПК.1.2** Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	01.04.03 Механика и математическое моделирование (направленность: Фундаментальная и прикладная механика)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	1
<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>	36
<b>Проведение лекционных занятий</b>	24
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	12
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	72
<b>Формы текущего контроля</b>	Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (1 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Постановки и методы решения задач механики деформируемого твердого тела**

Рассматриваются современные методы решения задач механики деформируемого твердого тела. Основное внимание уделено математическим формулировкам постановки задач. Предлагаются различные методы решения таких задач.

### **Дифференциальные и вариационных постановки статических задач теории упругости и их конечно-элементные реализации.**

Рассматриваются различные модели механического поведения сжимаемых и несжимаемых материалов. Для каждой разновидности предлагаются варианты формулировки физических соотношений и методы решения полученных уравнений.

### **Дифференциальные и вариационных постановки динамических задач теории упругости и их конечно-элементные реализации.**

Построение разрешающих уравнений собственных колебаний систем с сосредоточенными и распределенными массами. Рассматриваются методы решения полученных уравнений и анализа полученных результатов.

### **Собственные колебания упругих тел.**

Получение системы уравнений, описывающих вынужденные колебания различных конструкций оболочечного типа. Для классических типов оболочек проводится вывод уравнений для определения критических нагрузок при потере устойчивости.

### **Распространение волн в упругой среде.**

Проводится построение системы разрешающих уравнений механики вязкоупругих материалов. Демонстрируется использование операторов Больцмана-Вольтерры. Рассматривается влияние переменной температуры на вязкоупругое поведение материалов. Демонстрируется необходимость рассмотрения связанных процессов механического деформирования и процессов теплопереноса. Рассматривается постановка квазистатических краевых задач линейной теории термовязкоупругости. Предлагается построение решений таких задач на основе принципа Вольтерры. Демонстрируется метод аппроксимаций Ильюшина.

### **Задачи электровязкоупругости для SMART-материалов: дифференциальные и вариационные постановки их и их конечно-элементные реализации.**

Проводится построение системы разрешающих уравнений в дифференциальной форме. Рассматривается многообразие формулировок граничных условий. Предлагаются различные методы решения полученных уравнений. Оценивается влияние механических характеристик материалов на конечный результат.

### **Механика деформируемого твердого тела в задачах мониторинга инженерных и природных объектов.**

Рассматриваются современные методы решения задач механики деформируемого твердого тела применительно к исследованию инженерных сооружений. Основное внимание уделено математическим формулировкам постановки таких задач. Демонстрируется важность правильных формулировок граничных и начальных условий. Рассматриваются методы решения.

## **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. Связанные проблемы МТДТ. учебное пособие : в 3 ч./Перм. гос. нац. исслед. ун-т ; [сост.: Л. А. Голотина и др.]. Ч. 2. Термомеханика полимерных материалов в условиях релаксационного перехода.- Пермь, 2012, ISBN 978-5-7944-1915-3.-1 <http://www.campus.psu.ru/library/node/36351>
2. Бегун, П. И. Прикладная механика : учебник / П. И. Бегун, О. П. Кормилицын. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Политехника, 2020. — 464 с. — ISBN 978-5-7325-1089-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/94831>

### Дополнительная:

1. Зиомковский, В. М. Прикладная механика : учебное пособие для вузов / В. М. Зиомковский, И. В. Троицкий ; под научной редакцией В. И. Вешкурцева. — Москва : Издательство Юрайт, 2019 ; Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та. — 286 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-00196-9 (Издательство Юрайт). — ISBN 978-5-7996-1883-4 (Изд-во Урал. ун-та). — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/438147>

## **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 **Постановки и методы решения задач механики деформируемого твердого тела** 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;

При освоении материала и выполнении 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) 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  
Постановки и методы решения задач механики деформируемого твердого тела**

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

**ОПК.1**

**Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы механики и математики**

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ОПК.1.2</b> Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат</p>	<p>В результате обучения студент должен знать методы решения прикладных задач МДТТ, уметь формулировать постановку предложенной задачи, владеть навыками решения поставленной задачи и анализа полученного результата.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> Студент не знает методы решения прикладных задач МДТТ, не умеет формулировать постановку предложенной задачи, не владеет навыками решения поставленной задачи и анализа полученного результата.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> Студент знает некоторые методы решения прикладных задач МДТТ, затрудняется формулировать постановку предложенной задачи, не уверенно владеет навыками решения поставленной задачи и анализа полученного результата.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b> Студент знает основные методы решения прикладных задач МДТТ, формулирует постановку предложенной задачи, может решать поставленной задачи, затрудняется анализировать полученный результата.</p> <p align="center"><b>Отлично</b> Студент знает методы решения прикладных задач МДТТ, умеет формулировать постановку предложенной задачи, уверенно владеет навыками решения поставленной задачи и анализа полученного результата.</p>
<p><b>ОПК.1.1</b> Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области</p>	<p>В результате обучения студент должен знать основные формулировки классических задач МДТТ, владеть навыками использования терминологии предметной области.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> Студент не владеет навыками использования терминологии предметной области, не знает формулировки классических задач МДТТ.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> Студент неуверенно владеет навыками использования терминологии предметной области, знает некоторые формулировки классических задач МДТТ.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p>

<b>Индикатор</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Студент владеет навыками использования терминологии предметной области, знает некоторые формулировки классических задач МДТТ.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Студент уверенно владеет навыками использования терминологии предметной области, знает основные формулировки классических задач МДТТ.</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 (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ОПК.1.2</b> Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат</p> <p><b>ОПК.1.1</b> Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области</p>	<p>Дифференциальные и вариационные постановки динамических задач теории упругости и их конечно-элементные реализации.</p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знание дифференциальных и вариационных постановок теории упругости и их конечно-элементные реализации.</p>
<p><b>ОПК.1.2</b> Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат</p> <p><b>ОПК.1.1</b> Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области</p>	<p>Распространение волн в упругой среде.</p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>Умение решать предложенную задачу по теории свободных и вынужденных колебаний.</p>
<p><b>ОПК.1.2</b> Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат</p> <p><b>ОПК.1.1</b> Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области</p>	<p>Механика деформируемого твердого тела в задачах мониторинга инженерных и природных объектов.</p> <p><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Проверка знаний, полученных в результате прохождения курса (тест).</p>

## Спецификация мероприятий текущего контроля

### Дифференциальные и вариационных постановки динамических задач теории упругости и их конечно-элементные реализации.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

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

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

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Решение предложенной задачи и анализ полученного результата.	13
Математическая постановка предложенной задачи.	10
Выбор метода решения.	7

### Распространение волн в упругой среде.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

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

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

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Решение поставленной задачи.	13
Анализ полученного результата.	10
Получение системы разрешающих уравнений для предложенной задачи.	7

### Механика деформируемого твердого тела в задачах мониторинга инженерных и природных объектов.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

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

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

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Математическое моделирование предложенной задачи.	10
Анализ полученного результата.	10
Решение предложенной задачи.	10
Определение граничных условий.	10