

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Теория вязкоупругости М2.ДВ.1

Направление подготовки: 010800.68 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика твердого деформируемого тела

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Кузнецов С.А.

**Рецензент(ы):**

Коноплев Ю.Г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Коноплев Ю. Г.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (с.н.с.) Кузнецов С.А. Кафедра теоретической механики отделение механики, Sergea.Kuznetsov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина теория вязкоупругости

Предназначена для магистрантов 1 курса. Целями освоения дисциплины "теория вязкоупругости" являются получение и последующее применение студентами ключевых представлений постановки краевых задач теории вязкоупругости и решения некоторых простейших задач вязкоупругости.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.ДВ.1 Профессиональный" основной образовательной программы 010800.68 Механика и математическое моделирование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 1, 2 семестры.

Дисциплина относится к вариативной части блока Б.3 профессиональных дисциплин. Она включает подготовку по циклу естественно-научных дисциплин. Для обучения дисциплине обучаемый должен овладеть дисциплинами: математический анализ, механика сплошных сред, дифференциальные уравнения, теоретическая и прикладная механика, теория упругости.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции                        | Расшифровка приобретаемой компетенции   |
|---|---|
| ОК-5<br>(общекультурные компетенции)    | способностью порождать новые идеи   |
| ОК-8<br>(общекультурные компетенции)    | способностью к проявлению инициативы и лидерских качеств  |
| ПК-13<br>(профессиональные компетенции) | способностью к самостоятельному построению целостной картины дисциплины   |
| ПК-19<br>(профессиональные компетенции) | умением извлекать актуальную научно-техническую информацию из электронных библиотек, реферативных журналов  |
| ПК-2<br>(профессиональные компетенции)  | владением методами математического и алгоритмического моделирования при анализе проблем техники и естествознания  |
| ПК-3<br>(профессиональные компетенции)  | способностью к интенсивной научно-исследовательской и научно-изыскательской деятельности  |
| ПК-6<br>(профессиональные компетенции)  | способностью к нахождению из определяющих экспериментов материальных функций (функционалов, постоянных) в моделях реальных тел и сред   |
| ПК-9<br>(профессиональные компетенции)  | умением ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики, совершенствовать, углублять и развивать математическую теорию и физико-механические модели, лежащие в их основе |

В результате освоения дисциплины студент:

4. должен демонстрировать способность и готовность:

использовать теоретические знания для создания математической модели вязкоупругого деформирования твердого тела;

4. должен демонстрировать способность и готовность:

использовать теоретические знания для создания математической модели вязкоупругого деформирования твердого тела;

4. должен демонстрировать способность и готовность:

использовать теоретические знания для создания математической модели вязкоупругого деформирования твердого тела;

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины отсутствует в 1 семестре; экзамен во 2 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

| N  | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля                        | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|----|--|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|    |  |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 1. | Тема 1. Введение.                                      | 1       | 1-4                | 3   | 5                       | 0                      | домашнее задание          |
| 2. | Тема 2. Простейшие модели вязкоупругого тела.          | 1       | 5-10               | 3   | 5                       | 0                      | домашнее задание          |
| 3. | Тема 3. Краевые задачи линейной теории вязкоупругости. | 1       | 11-18              | 2   | 6                       | 0                      | домашнее задание          |

| N  | Раздел Дисциплины/ Модуля   | Семестр | Неделя семестра | Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах) |                      |                     | Текущие формы контроля |
|----|---|---------|-----------------|--|----------------------|---------------------|------------------------|
|    |   |         |                 | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные работы |                        |
| 4. | Тема 4. Решение квазистатических задач первого и второго типа при постоянном коэффициенте Пуассона. | 2       | 1-9             | 6  | 9                    | 0                   | домашнее задание       |
| 5. | Тема 5. Метод аппроксимаций решения задач вязкоупругости.   | 2       | 10-17           | 6  | 9                    | 0                   | домашнее задание       |
|    | Тема . Итоговая форма контроля  | 1       |                 | 0  | 0                    | 0                   | экзамен                |
|    | Тема . Итоговая форма контроля  | 2       |                 | 0  | 0                    | 0                   | экзамен                |
|    | Итого   |         |                 | 20   | 34                   | 0                   |                        |

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение.

#### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Наблюдаемые процессы деформирования полимерных материалов. Принцип суперпозиции Больцмана. Ползучесть деформаций материала. Релаксация напряжений материала. Влияние режимов нагружения на диаграммы деформирования и релаксации. Влияние скорости нагружения на деформацию ползучести и релаксацию напряжений. Выбор функции влияния и методы определения ее параметров.

#### **практическое занятие (5 часа(ов)):**

Наблюдаемые процессы деформирования полимерных материалов. Принцип суперпозиции Больцмана. Ползучесть деформаций материала. Релаксация напряжений материала. Влияние режимов нагружения на диаграммы деформирования и релаксации. Влияние скорости нагружения на деформацию ползучести и релаксацию напряжений. Выбор функции влияния и методы определения ее параметров.

### Тема 2. Простейшие модели вязкоупругого тела.

#### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Простейшие модели вязкоупругого тела. Модели Максвелла, Фойгта, Кельвина и их обобщения. Интегральные уравнения Вольтерра. Ядра ползучести и релаксации. Интегральное преобразование Лапласа.

#### **практическое занятие (5 часа(ов)):**

Простейшие модели вязкоупругого тела. Модели Максвелла, Фойгта, Кельвина и их обобщения. Интегральные уравнения Вольтерра. Ядра ползучести и релаксации. Интегральное преобразование Лапласа.

### Тема 3. Краевые задачи линейной теории вязкоупругости.

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Краевые задачи линейной теории вязкоупругости. Влияние температурного поля.

#### **практическое занятие (6 часа(ов)):**

Решение квазистатических задач первого и второго типа методом интегральных преобразований. Решение задач первого и второго типов интегрально-операторным методом.

#### **Тема 4. Решение квазистатических задач первого и второго типа при постоянном коэффициенте Пуассона.**

##### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Решение квазистатических задач первого и второго типа при постоянном коэффициенте Пуассона. Метод упругих решений. Решение задач первого и второго типов с условиями на подвижной границе.

##### **практическое занятие (9 часа(ов)):**

Решение квазистатических задач первого и второго типа при постоянном коэффициенте Пуассона. Метод упругих решений. Решение задач первого и второго типов с условиями на подвижной границе.

#### **Тема 5. Метод аппроксимаций решения задач вязкоупругости.**

##### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Метод аппроксимаций решения задач вязкоупругости. Метод аппроксимаций Ильюшина. Определение функций, входящих в решение задач термовязкоупругости, методом аппроксимации. Экспериментальное определение функций связной ползучести. Примеры решения инженерных задач вязкоупругости методом аппроксимации.

##### **практическое занятие (9 часа(ов)):**

Метод аппроксимаций решения задач вязкоупругости. Метод аппроксимаций Ильюшина. Определение функций, входящих в решение задач термовязкоупругости, методом аппроксимации. Экспериментальное определение функций связной ползучести. Примеры решения инженерных задач вязкоупругости методом аппроксимации.

### **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

| <b>N</b> | <b>Раздел Дисциплины</b>  | <b>Семестр</b> | <b>Неделя семестра</b> | <b>Виды самостоятельной работы студентов</b> | <b>Трудоемкость (в часах)</b> | <b>Формы контроля самостоятельной работы</b> |
|----------|---|----------------|------------------------|--|-------------------------------|--|
| 1.       | Тема 1. Введение.   | 1              | 1-4                    | подготовка домашнего задания                 | 10                            | домашнее задание                             |
| 2.       | Тема 2. Простейшие модели вязкоупругого тела.   | 1              | 5-10                   | подготовка домашнего задания                 | 12                            | домашнее задание                             |
| 3.       | Тема 3. Краевые задачи линейной теории вязкоупругости.  | 1              | 11-18                  | подготовка домашнего задания                 | 10                            | домашнее задание                             |
| 4.       | Тема 4. Решение квазистатических задач первого и второго типа при постоянном коэффициенте Пуассона. | 2              | 1-9                    | подготовка домашнего задания                 | 12                            | домашнее задание                             |
| 5.       | Тема 5. Метод аппроксимаций решения задач вязкоупругости.   | 2              | 10-17                  | подготовка домашнего задания                 | 10                            | домашнее задание                             |
|          | Итого   |                |                        |  | 54                            |  |

### **5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения**

лекционные занятия, семинары, анализ моделей в среде ANSYS.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **Тема 1. Введение.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Принцип суперпозиции Больцмана. Ползучесть деформаций материала. Релаксация напряжений материала. Влияние режимов нагружения на диаграммы деформирования и релаксации. Влияние скорости нагружения на деформацию ползучести и релаксацию напряжений. Выбор функции влияния и методы определения ее параметров.

### **Тема 2. Простейшие модели вязкоупругого тела.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Простейшие модели вязкоупругого тела. Модели Максвелла, Фойгта, Кельвина и их обобщения. Интегральные уравнения Вольтерра. Ядра ползучести и релаксации. Интегральное преобразование Лапласа.

### **Тема 3. Краевые задачи линейной теории вязкоупругости.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Краевые задачи линейной теории вязкоупругости. Влияние температурного поля. Решение квазистатических задач первого и второго типа методом интегральных преобразований. Решение задач первого и второго типов интегрально-операторным методом.

### **Тема 4. Решение квазистатических задач первого и второго типа при постоянном коэффициенте Пуассона.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Решение квазистатических задач первого и второго типа при постоянном коэффициенте Пуассона. Метод упругих решений. Решение задач первого и второго типов с условиями на подвижной границе.

### **Тема 5. Метод аппроксимаций решения задач вязкоупругости.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Метод аппроксимаций решения задач вязкоупругости. Метод аппроксимаций Ильюшина. Определение функций, входящих в решение задач термовязкоупругости, методом аппроксимации. Экспериментальное определение функций связанной ползучести. Решение инженерных задач вязкоупругости методом аппроксимации.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Принцип суперпозиции Больцмана.

Ползучесть деформаций материала.

Релаксация напряжений материала.

Влияние режимов нагружения на диаграммы деформирования и релаксации.

Влияние скорости нагружения на деформацию ползучести и релаксацию напряжений.

Выбор функции влияния и методы определения ее параметров.

Простейшие модели вязкоупругого тела.

Модели Максвелла, Фойгта, Кельвина и их обобщения.

Интегральные уравнения Вольтерра. Ядра ползучести и релаксации. Интегральное преобразование Лапласа.

Краевые задачи линейной теории вязкоупругости.

Влияние температурного поля.

Решение квазистатических задач первого и второго типа методом интегральных преобразований.

Решение задач первого и второго типов интегрально-операторным методом.

Решение квазистатических задач первого и второго типа при постоянном коэффициенте Пуассона.

Метод упругих решений.

Решение задач первого и второго типов с условиями на подвижной границе.

Метод аппроксимаций решения задач вязкоупругости.

Метод аппроксимаций Ильюшина.

Определение функций, входящих в решение задач термовязкоупругости, методом аппроксимации.

Экспериментальное определение функций связной ползучести.

Решение инженерных задач вязкоупругости методом аппроксимации.

### 7.1. Основная литература:

Краевые задачи теории пластичности и методы их решения, Бодунов, Николай Михайлович; Дружинин, Георгий Владимирович, 2011г.

Соппротивление материалов, Мартышев, Вячеслав Петрович, 2010г.

Соппротивление материалов, Каюмов, Рашит Абдулхакович, 2010г.

Механика процессов пластических сред, Зубчанинов, Владимир Георгиевич, 2010г.

Иродов И.Е. Механика. Основные законы. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=56889](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=56889)

Агамиров Л.В. Алимов М.А. Бабичев Л.П. Бакиров М.Б. Физико-механические свойства.

Испытания металлических материалов. Том II-1. М.: Машиностроение, 2010

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=789](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=789)

Жуков В.Г. Механика. Соппротивление материалов. М.: Лань, 2012

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3721](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3721)

### 7.2. Дополнительная литература:

Аналитические решения задач тепломассопереноса и термоупругости для многослойных конструкций, Кудинов, Василий Александрович; Карташов, Эдуард Михайлович; Калашников, Владимир Васильевич, 2005г.

Краевые задачи теории упругости для шара и цилиндра, Гурьянов, Николай Георгиевич; Тюленева, Ольга Николаевна, 2008г.

1. Колтунов М.А., Майборода В.П., Зубчанинов В.Г. Прочностные расчеты изделий из полимерных материалов. - М.: Машиностроение, 1983. - 239с.

2. Безухов Н.И. Примеры и задачи по теории упругости, пластичности и ползучести. - М.: Высшая школа, 1965. - 320 с.

3. Бленд Д. Теория линейной вязко-упругости. - М.: 1965. - 320 с.

4. Колтунов М.А. Ползучесть и релаксация. - М.: Высшая школа, 1976. - 277 с.

5. Варданян Г. С. Соппротивление материалов с основами теории упругости и пластичности: Учеб. / Г.С.Варданян, В.И.Андреев и др.; Под ред. Г.С.Варданяна, Н.М.Атарова - 2 изд., испр. и доп. - М.: ИНФРА-М, 2011. - 638 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=256769>

6. Астанин В.В. Техническая механика: в четырех книгах. Книга вторая. Соппротивление материалов: учебное пособие. - М.: Машиностроение, 2012. - 160 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/5800/>

7. Осташков В.Н. Практикум по решению инженерных задач математическими методами : учебное пособие. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. - 200 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/8722/>

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

Библиотека Машиностроителя - <http://lib-bkm.ru/>

Библиотека строительства - <http://www.zodchii.ws/books/>

КнигаФонд - [knigafund.ru](http://knigafund.ru)

Либрус - <http://www.librus.ru/index.php>

Техническая литература - [engenege.ru](http://engenege.ru)

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Теория вязкоупругости" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебные аудитории для проведения лекционных и семинарских занятий, учебный компьютерный класс, учебная версия пакета ANSYS.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010800.68 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе Механика твердого деформируемого тела .

Автор(ы):

Кузнецов С.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Коноплев Ю.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.