

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



подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Реология вязкоупругих материалов М2.ДВ.4

Направление подготовки: 010800.68 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика жидкости, газа и плазмы

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Кузнецов С.А.

**Рецензент(ы):**

Егоров А.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 817224914

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

изучение методов математического моделирования реологически сложных сред

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.ДВ.4 Профессиональный" основной образовательной программы 010800.68 Механика и математическое моделирование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 1, 2 семестры.

Дисциплина основывается на знаниях, полученных слушателями при изучении дисциплин "Дифференциальные уравнения", "Уравнения математической физики" и "Механика сплошных сред".

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-5 (общекультурные компетенции)	способностью порождать новые идеи
ПК-1 (профессиональные компетенции)	владением методами математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных математических дисциплин и компьютерных наук
ПК-11 (профессиональные компетенции)	способностью к творческому применению, развитию и реализации математически сложных алгоритмов в современных специализированных программных комплексах
ПК-14 (профессиональные компетенции)	владением методами физического и математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин, теории эксперимента и компьютерных наук
ПК-19 (профессиональные компетенции)	умением извлекать актуальную научно-техническую информацию из электронных библиотек, реферативных журналов
ПК-2 (профессиональные компетенции)	владением методами математического и алгоритмического моделирования при анализе проблем техники и естествознания
ПК-5 (профессиональные компетенции)	глубоким пониманием теории эксперимента
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью к нахождению из определяющих экспериментов материальных функций (функционалов, постоянных) в моделях реальных тел и сред

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

законы состояния и вариационные уравнения, соответствующие классическим моделям вязкоупругой среды;

условия, при которых эти модели могут быть использованы в приложениях.

2. должен уметь:

получать решения начально-краевых задач линейной теории вязкоупругости, установившейся ползучести и наиболее простых задач неуставившейся ползучести.

3. должен владеть:

способами феноменологического описания реологически сложных сред, термодинамическими принципами описания диссипативных процессов, методами экспериментальной идентификации феноменологических моделей.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины отсутствует в 1 семестре; зачет 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 Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. 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.

1	1-4	3	5	0	презентация
					

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Простейшие модели вязкоупругого тела. Модели Максвелла, Фойгта, Кельвина и их обобщения. Интегральные уравнения Вольтерра. Ядра ползучести и релаксации. Интегральное преобразование Лапласа.	1	5-10	3	5	0	презентация
3.	Тема 3. 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.	1	11-18	2	6	0	презентация
4.	Тема 4. 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.	2	1-9	6	9	0	презентация

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Тема 5. Метод аппроксимаций решения задач вязкоупругости. Метод аппроксимации Ильюшина. Определение функций, входящих в решение задач вязкоупругости.						
	<b>4.2 Содержание дисциплины</b> <b>Тема 1. Введение. 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.</b>						
	<b>лекционное занятие (3 часа(ов)):</b> Введение наблюдаемые процессы деформирования полимерных материалов. Принцип суперпозиции Больцмана. Ползучесть деформаций материала. Экспериментальное определение функций связанной ползучести. Примеры решения инженерных задач вязкоупругости.		10-17	6	9	0	презентация
	<b>практическое занятие (5 часа(ов)):</b> 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.						
	<b>Тема 2. Простейшие модели вязкоупругого тела. Модели Максвелла, Фойгта, Кельвина и их обобщения. Интегральные уравнения Вольтерра. Ядра ползучести и релаксации. Интегральное преобразование Лапласа.</b>						
	<b>лекционное занятие (3 часа(ов)):</b> Простейшие модели вязкоупругого тела. Модели Максвелла, Фойгта, Кельвина и их обобщения.			0	0	0	зачет
	<b>практическое занятие (5 часа(ов)):</b> Интегральные уравнения Вольтерра. Ядра ползучести и релаксации. Интегральное преобразование Лапласа.			20	34	0	

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

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

**Тема 3. 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.**

**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. Метод упругих решений. Решение задач первого и второго типов с условиями на подвижной границе.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

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

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

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

**Тема 5. Метод аппроксимаций решения задач вязкоупругости. Метод аппроксимаций Ильюшина. Определение функций, входящих в решение задач термовязкоупругости, методом аппроксимации. Экспериментальное определение функций вязкой ползучести. Примеры решения инженерных задач вязкоупругости методом аппроксимации.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Метод аппроксимаций решения задач вязкоупругости. Метод аппроксимаций Ильюшина. Определение функций, входящих в решение задач термовязкоупругости, методом аппроксимации.

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

Экспериментальное определение функций вязкой ползучести. Примеры решения инженерных задач вязкоупругости методом аппроксимации.

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

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Введение. 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.	1	1-4	подготовка к презентации	18	презентация



N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Простейшие модели вязкоупругого тела. Модели Максвелла, Фойгта, Кельвина и их обобщения. Интегральные уравнения Вольтерра. Ядра ползучести и релаксации. Интегральное преобразование Лапласа.	1	5-10	подготовка к презентации	18	презентация
3.	Тема 3. 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.	1	11-18	подготовка к презентации	18	презентация
4.	Тема 4. 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.	2	1-9	подготовка к презентации	18	презентация

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. 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.	2	10-17	подготовка к презентации	18	презентация
	Итого				90	

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

Лекции в традиционной форме, практические и семинарские занятия

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

**Тема 1. Введение. 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.**

презентация , примерные вопросы:

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. Модели Максвелла, Фойгта, Кельвина и их обобщения. Интегральные уравнения Вольтерра. Ядра ползучести и релаксации. Интегральное преобразование Лапласа.**

презентация , примерные вопросы:

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

**Тема 3. 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.**

презентация , примерные вопросы:

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. Метод упругих решений. Решение задач первого и второго типов с условиями на подвижной границе.**

презентация , примерные вопросы:

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

**Тема 5. 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.**

презентация , примерные вопросы:

Экспериментальное определение функций связной ползучести. Примеры решения инженерных задач вязкоупругости методом аппроксимации.

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

1. Особенности процессов деформирования полимерных материалов.
2. Принцип суперпозиции Больцмана.
3. Ползучесть деформаций материала.
4. Релаксация напряжений материала.
5. Влияние режимов нагружения на диаграммы деформирования и релаксации.
6. Влияние скорости нагружения на деформацию ползучести и релаксацию напряжений.
7. Выбор функции влияния и методы определения ее параметров.
8. Модель вязкоупругого тела Максвелла.
9. Модель вязкоупругого тела Фойгта.
10. Модель вязкоупругого тела Кельвина.
11. Интегральные уравнения Вольтерра. Ядра ползучести и релаксации.
12. Интегральное преобразование Лапласа.
13. Краевые задачи линейной теории вязкоупругости.
14. Влияние температурного поля на вязкоупругое деформирование.
15. Решение квазистатических задач первого и второго типа методом интегральных преобразований.
16. Решение задач первого и второго типов интегрально-операторным методом.
17. Решение квазистатических задач первого и второго типа при постоянном коэффициенте Пуассона.
18. Метод упругих решений.
19. Решение квазистатических задач первого и второго типов с условиями на подвижной границе.
20. Метод аппроксимаций решения задач вязкоупругости. Метод аппроксимаций Ильюшина.
21. Определение функций, входящих в решение задач термовязкоупругости, методом аппроксимации.
22. Экспериментальное определение функций связной ползучести.

**7.1. Основная литература:**

Полимеры и биополимеры с точки зрения физики, Гросберг, Александр Юльевич;Хохлов, Алексей Ремович, 2010г.

Физико-химические основы производства полимерных композитов, Магсумова, Айзада Фазыляновна; Андрианова, Кристина Александровна; Ганиев, Махмут Масхутович; Амирова, Лилия Миниахмедовна, 2011г.

Андреев В. И, Горшков А. А. Варданян Г. С., Атаров Н. М. Соппротивление материалов с осн. теории упругости и пластич.: Учеб. - М.: ИНФРА-М, 2011. - 638 с.

<http://znanium.com/bookread.php?book=256769>

Николаенко В.Л. Механика - М: Новое знание, 2011. - 636 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/2911/>

## **7.2. Дополнительная литература:**

Механика сплошной среды, Нигматулин, Роберт Искандерович, 2014г.

Технология получения полимерных пленок из расплавов и методы исследования их свойств, Садова, Алевтина Николаевна; Кузнецова, Ольга Николаевна; Серова, Валентина Николаевна, 2013г.

Покровский В.В. Механика. Методы решения задач: учебное пособие. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012 - 253 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/8713/>

## **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 "Реология вязкоупругих материалов" 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 "КнигаФонд", доступ к которой предоставлен студентам. Электронно-библиотечная система "КнигаФонд" реализует легальное хранение, распространение и защиту цифрового контента учебно-методической литературы для вузов с условием обязательного соблюдения авторских и смежных прав. КнигаФонд обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям новых ФГОС ВПО.

Аудитория с проектором, компьютерный класс с установленным пакетом "Математика"

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010800.68 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе Механика жидкости, газа и плазмы .

Автор(ы):

Кузнецов С.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Егоров А.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.