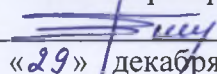


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт автоматизации и процессов управления  
Дальневосточного отделения Российской академии наук  
(ИАПУ ДВО РАН)


**«СОГЛАСОВАНО»**

Зам. директора по научно-образовательной деятельности, ученый секретарь, к.т.н.

 С.Б. Змеу  
«29» декабря 2021 г.

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Директор ИАПУ ДВО РАН  
член-корреспондент РАН

 Р.В. Ромашко  
«29» декабря 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (РПУД)

### Теория вязкоупругости и ползучести

Группа научных специальностей 1.1 - «Математика и механика»  
научная специальность «Механика деформируемого твердого тела»

Основная образовательная программа «Механика деформируемого твердого тела»

#### Форма подготовки (очная)

Междисциплинарная кафедра подготовки кадров высшей квалификации (МК ПКВК)  
ИАПУ ДВО РАН

курс 2 семестр 4  
лекции 18 час. / 0.5 з.е.  
практические занятия – 18 час. / 0.5 з.е.  
лабораторные работы – нет  
всего часов аудиторной нагрузки 36 (час.) / 1.0 з.е.  
самостоятельная работа 20 (час.) / 0.56 з.е.  
контрольные работы – нет  
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены.  
зачет 4 семестр  
экзамен \_\_\_\_\_ семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации и срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий обучающихся, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 2021 № 951.

Рабочая программа обсуждена на заседании МК ПКВК ИАПУ ДВО РАН, протокол № 3 от «17» ноября 2021 г.

Заведующий кафедрой: д-р физ.- мат. наук, профессор Н.Г. Галкин

Составитель (ли): чл.-корр. РАН, д-р физ.- мат. наук Л.В. Ковтанюк, кандидат физ.- мат. наук М.В. Полоник

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Теория вязкоупругости и ползучести» предназначена для аспирантов, обучающихся по основной образовательной программе «Механика деформируемого твердого тела» и входит в число дисциплин по выбору вариативной части учебного плана.

При разработке рабочей программы учебной дисциплины использованы федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по группе научных специальностей 1.1 – «Математика и механика» и научной специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твердого тела» и учебный план подготовки аспирантов по научной специальности «Механика деформируемого твердого тела».

**Цель** - научить математической постановке задач теории вязкоупругости и ползучести, их решению, методам их интегрирования.

**Задачи:**

1. Ознакомление с теорией вязкоупругости, явлениями ползучести и релаксации напряжений, понятием длительной прочности.
2. Ознакомление с теориями старения, течения, упрочнения, методами определения времени разрушения конструкций и с механическими моделями деформируемого тела.
3. Формирование умения внедрять результаты научно-технических разработок в реальный сектор проектирования конструкций.

**Компетенции выпускника, формируемые в результате изучения дисциплины**

Универсальные компетенции:

УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

Общепрофессиональные компетенции:

ОПК - 1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

Профессиональные компетенции:

ПК - 1 Способность самостоятельно выполнять научные исследования в области механики деформируемого твердого тела, используя соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии, с целью установления законов деформирования, повреждения и разрушения материалов; выявлять новые связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования;

ПК - 2 Способность самостоятельно применять методы механики и вычислительной математики, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования к постановке и решению краевых задач механики деформируемого твердого тела;

ПК - 3 Способность овладевать новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований процессов деформирования; планировать и проводить эксперименты; интерпретировать экспериментальные данные; обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов.

**Требования к уровню усвоения содержания дисциплины.**

Аспиранты должны приобрести следующие знания и умения:

**знать:**

- методы реализации научно-исследовательской деятельности в области математики и механики, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий;

- научные основы и закономерности механических явлений, применяемые для изучения законов деформирования, повреждения и разрушения материалов, выявления новых связей между структурой материалов;

- научные основы и закономерности механических явлений, применяемые при постановке и решении краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях.

**уметь:**

- планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

- использовать базовый физико-математический аппарат, вычислительные методы и методы компьютерного моделирования для выявления новых связей между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения;

- использовать базовый физико-математический аппарат, расчетные и экспериментальные методы исследования для решения технологических проблем деформирования, разрушения и предупреждения недопустимых деформаций в конструкциях различного назначения.

**владеть:**

- навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации; выбора методов и средств решения задач исследования, навыками работы с вычислительной техникой;

- современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, компьютерными технологиями, применяемыми в области механики деформируемого твердого тела;

- современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, теоретическими, расчетными и экспериментальными методами исследований, применяемыми для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях.

## **I. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (18 час.)**

### **Тема 1. Определяющие соотношения теорий вязкоупругости и ползучести (4 часа)**

Понятие о ползучести и релаксации. Кривые ползучести и релаксации. Определяющие соотношения теории вязкоупругости. Ядра ползучести и релаксации. Непрерывные ядра и ядра со слабой особенностью. Термодинамические ограничения на выбор ядер ползучести и релаксации.

### **Тема 2. Простейшие модели линейно вязкоупругих сред (2 часа)**

Модель Максвелла, модель Фойхта, модель Томсона. Время релаксации. Время запаздывания.

### **Тема 3. Краевые задачи теории вязкоупругости (4 часа)**

Методы решения краевых задач теории вязкоупругости: принцип соответствия Вольтерры, применение интегрального преобразования Лапласа, численные методы. Теорема единственности. Вариационные принципы в линейной вязкоупругости. Применение вариационного метода к задачам изгиба. Плоская задача о вдавлении жесткого штампа в вязкоупругую полуплоскость. Контакт вязкоупругих тел: аналог задачи Герца.

#### **Тема 4. Нелинейная вязкоупругость (4 часа)**

Определяющие соотношения нелинейной теории вязкоупругости. Разложение Вольтерры-Фреше. Упрощенные одномерные модели. Теории старения, течения, упрочнения и наследственности.

#### **Тема 5. Установившаяся ползучесть (2 часа)**

Уравнения состояния деформируемых тел, находящихся в условиях установившейся ползучести. Постановка краевых задач. Вариационные принципы теории установившейся ползучести: принцип минимума полной мощности, принцип минимума дополнительного рассеяния. Установившаяся ползучесть и длительная прочность стержня.

#### **Тема 6. Неустановившаяся ползучесть (2 часа)**

Определяющие уравнения теории неустановившейся ползучести. Вариационные принципы теории течения и теории упрочнения. Неустановившаяся ползучесть стержневой решетки. Устойчивость стержней и пластин из реономных материалов.

## **II. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ (18 час.)**

### **Занятие 1. Определяющие уравнения (2 часа)**

Вывод определяющих уравнений теории вязкоупругости и ползучести при различных моделях ползучей среды.

### **Занятие 2. Ядра релаксации (4 часа)**

Определение ядра релаксации для различных моделей ползучих сред. Непрерывные ядра и ядра со слабой особенностью. Термодинамические ограничения на выбор ядер ползучести и релаксации.

### **Занятие 3. Релаксация напряжений (4 часа)**

Определение релаксации напряжений в болтах фланцевого соединения

### **Занятие 4. Краевые задачи установившейся ползучести (4 часа)**

Установившаяся ползучесть изгибаемых балок, сечение которых имеет две оси симметрии. Установившаяся ползучесть и длительная прочность стержня.

### **Занятие 5. Постановка задач неустановившейся ползучести (4 часа)**

Неустановившаяся ползучесть стержневой решетки. Устойчивость стержней и пластин из реономных материалов.

## **III. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

### **ВОПРОСЫ К ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОМУ ЗАЧЕТУ**

1. Теория наследственности. Наследственные модели.
2. Ползучесть при одномерном и сложном напряжённом состоянии. Диаграммы ползучести и релаксации.
3. Линейные модели вязкоупругого поведения материала.
4. Ядро релаксации и ядро ползучести. Непрерывные ядра и ядра со слабой особенностью. Термодинамические ограничения на выбор ядер ползучести и релаксации.
5. Обобщенные модели. Методы решения краевых задач теории вязкоупругости: принцип соответствия Вольтерры, применение интегрального преобразования Лапласа, численные методы. Теорема единственности.
6. Вариационные принципы в линейной вязкоупругости.
7. Определяющие соотношения нелинейной теории вязкоупругости. Разложение Вольтерры-Фреше.
8. Модели вязкопластических сред. Определяющие уравнения Шведова – Бингама.
9. Теории старения, течения и упрочнения при ползучести.
10. Вариационные принципы теории установившейся ползучести.
11. Определяющие уравнения теории неустановившейся ползучести.

12. Вариационные принципы теории течения и теории упрочнения.
13. Ползучесть элементов конструкций.

#### IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### Основная литература

(печатные и электронные издания)

1. Радченко В.П., Ползучесть и релаксация остаточных напряжений в упрочненных конструкциях, Москва 2005, 226с.  
<http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/671/65671/37106>
2. Циглер Ф. Механика твердых тел и жидкостей. Ижевск: НИЦ Регулярная и хаотическая динамика. 2002. – 912 с.  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books>
3. Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций. – М.: Наука, 1966.  
Справочно-информационный фонд ИАПУ ДВО РАН, 752 с.
4. Можаровский Н.С. Теория пластичности и ползучести в инженерном деле, Киев 1991, 263с.  
Справочно-информационный фонд ИАПУ ДВО РАН
5. Димитриенко Ю.И. Нелинейная механика сплошной среды [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Димитриенко Ю.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.— 624 с.  
<http://www.iprbookshop.ru/>
6. Горшков А.Г. Теория упругости и пластичности [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Горшков А.Г., Старовойтов Э.И., Тарлаковский Д.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.— 418 с  
<http://www.iprbookshop.ru/>

##### Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Петров Г.И. Актуальные проблемы механики, Издательство: Москва Издательство Московского университета 1984, 128 с. Справочно-информационный фонд ИАПУ ДВО РАН
2. Климов Д.М. Проблемы механики, М. Физматлит 2003 829 с.  
Справочно-информационный фонд ИАПУ ДВО РАН
3. Быковцев Г.И. Избранные проблемные вопросы механики деформируемых сред, Владивосток Дальнаука 2002, 565 с.  
Справочно-информационный фонд ИАПУ ДВО РАН
4. Ишлинский А.Ю. Христианович С.А. Прикладные задачи механики Кн. 1. Механика вязкопластических и не вполне упругих тел, М.: Наука. 1986. – 359 с.  
Справочно-информационный фонд ИАПУ ДВО РАН
5. Кузнецов Г.Б. Упругость, вязкоупругость и длительная прочность цилиндрических и сферических тел, М. Наука 1979, 112с.  
Справочно-информационный фонд ИАПУ ДВО РАН
6. Ильюшин А.А. Труды. Том 3. Теория термовязкоупругости [Электронный ресурс]/ Ильюшин А.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.— 285 с.  
<http://www.iprbookshop.ru/>
7. Ивлев Д.Д. Проблемы механики неупругих деформаций [Электронный ресурс]: сборник статей. К 70-летию Д.Д. Ивлева/ Ивлев Д.Д.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001.— 400 с.  
<http://www.iprbookshop.ru/>