

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**

Теория пластичности и ползучести 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 817235214

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 пластичности и ползучести

Предназначена для студентов 5 курса. Целями освоения дисциплины "Теория пластичности и ползучести" являются получение и последующее применение студентами ключевых представлений постановки краевых задач теории пластичности и ползучести и решения некоторых простейших упруго-пластических задач и 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, вариационное исчисление, дифференциальные уравнения, теоретическая и прикладная механика.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	владением методами математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных математических дисциплин и компьютерных наук
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способностью к собственному видению прикладного аспекта в строгих математических формулировках
ПК-11 (профессиональные компетенции)	способностью к творческому применению, развитию и реализации математически сложных алгоритмов в современных специализированных программных комплексах
ПК-2 (профессиональные компетенции)	владением методами математического и алгоритмического моделирования при анализе проблем техники и естествознания
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью к интенсивной научно-исследовательской и научно-изыскательской деятельности
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью создавать и исследовать новые математические модели реальных тел и конструкций
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью к нахождению из определяющих экспериментов материальных функций (функционалов, постоянных) в моделях реальных тел и сред
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью к самостоятельному анализу физических аспектов в классических постановках математических задач и задач механики

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-9 (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:

1. должен знать:

основные положения и методы теории пластичности и ползучести и возможность применения этих знаний в профессиональной деятельности с привлечением необходимого физико-математического аппарата;

современные тенденции развития теории пластичности и ползучести, основные методы расчетов на прочность и устойчивость с учетом пластичности и ползучести, и сопутствующие математические методы

2. должен уметь:

критически анализировать современные проблемы учета нелинейного поведения конструкций при расчетах на прочность и устойчивость с учетом мировых тенденций развития техники и технологий, самостоятельно ставить цель исследования и определять пути её достижения;

использовать современные математические программные средства, в том числе компьютерной математики, для решения прикладных задач пластичности и ползучести;

самостоятельно разрабатывать математические и компьютерные модели конструкций с учетом физической нелинейности.

3. должен владеть:

методами физического и математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин, теории эксперимента и компьютерных наук.

#### 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 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.	1	1-8	4	8	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. Условия начала пластичности.	1	9-18	4	8	0	презентация
3.	Тема 3. Общие теоремы для упругопластических деформаций.	2	1-5	4	6	0	презентация
4.	Тема 4. Некоторые задачи теории пластичности.	2	6-11	4	6	0	презентация
5.	Тема 5. Ползучесть и релаксация. Вязкоупругость.	2	12-17	4	6	0	презентация
	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 (4 часа(ов)):**

Свойства упругости, пластичности и ползучести. Эффект Баушингера. Предельные нагрузки. Теория напряжений. Разложение тензора напряжений на шаровой и девиатор. Инварианты тензора и девиатора. Интенсивность напряжений. Октаэдрические напряжения.

#### **практическое занятие (8 часа(ов)):**

Теория деформаций. Интенсивность и инварианты деформаций. Логарифмические деформации. Скорости деформаций. Механизм разрушения. Теоретический предел прочности. Дислокация. Закон Гука. Связь между компонентами девиаторов напряжений и деформаций. Зависимость между интенсивностями напряжений и деформаций. Упругая энергия деформаций и ее связь с инвариантами тензоров.

### Тема 2. Условия начала пластичности.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Условия начала пластичности. Поверхность пластичности. Условия Треска-Сен-Венана, Губера-Мизеса, Ишлинского-Хилла-Ивлева. Идеально упруго-пластичный материал. Материал с упрочнением. Движение поверхности пластичности при нагружении. Простое нагружение. Траектории нагружения и деформаций. Параметр Удквиста.

#### **практическое занятие (8 часа(ов)):**

Постулат Друкера. Ассоциированный закон течения. Теория течения. Деформационная теория. Сложное нагружение. Уравнение Прандля-Рейсса, Сен-Венана-Леви, Генки-Шмидта-Ильюшина. Основные законы деформационной теории пластичности. Теорема о простом нагружении. Математическая формулировка задач теории пластичности. Теория течения и деформационная теория. Теория течения для идеально-жестко-пластической схемы.

### Тема 3. Общие теоремы для упругопластических деформаций.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Общие теоремы для упругопластических деформаций. Принцип минимума полной энергии. Обобщение формул Грина. Принцип возможных изменений напряженного состояния.

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

Обобщение формул Кастильяно. Принцип минимума дополнительной работы. Формулы Кротти-Энгессера. Статические и кинематические теоремы для предельных состояний. Метод упругих решений.

**Тема 4. Некоторые задачи теории пластичности.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Некоторые задачи теории пластичности. Чистый изгиб балки. Остаточные напряжения. Задача об изгибе балки сосредоточенной силой. Кручение круглого стержня.

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

Кручение стержня произвольного поперечного сечения. Аналогия Надаи. Упруго-пластическое состояние толстой трубы под давлением. Совместное растяжение и кручение тонкостенной трубы. Решение по теории течения и деформационной теории. Упруго-пластическое и предельное состояние пластин при изгибе.

**Тема 5. Ползучесть и релаксация. Вязкоупругость.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Ползучесть и релаксация. Вязкоупругость. Модели Максвелла, Фойгта, Кельвина.

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

Линейная теория наследственности. Принцип Вольтерра для теории вязкоупругости. Изгиб вязкоупругой балки.

**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.	1	1-8	подготовка к презентации	10	презентация
2.	Тема 2. Условия начала пластичности.	1	9-18	подготовка к презентации	14	презентация
3.	Тема 3. Общие теоремы для упругопластических деформаций.	2	1-5	подготовка к презентации	10	презентация
4.	Тема 4. Некоторые задачи теории пластичности.	2	6-11	подготовка к презентации	10	презентация
5.	Тема 5. Ползучесть и релаксация. Вязкоупругость.	2	12-17	подготовка к презентации	10	презентация
	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.**

презентация , примерные вопросы:

Теория деформаций. Интенсивность и инварианты деформаций. Логарифмические деформации. Скорости деформаций. Механизм разрушения. Теоретический предел прочности. Дислокация. Закон Гука. Связь между компонентами девиаторов напряжений и деформаций. Зависимость между интенсивностями напряжений и деформаций. Упругая энергия деформаций и ее связь с инвариантами тензоров.

### **Тема 2. Условия начала пластичности.**

презентация , примерные вопросы:

Постулат Друкера. Ассоциированный закон течения. Теория течения. Деформационная теория. Сложное нагружение. Уравнение Прандля-Рейсса, Сен-Венана-Леви, Генки-Шмидта-Ильюшина. Основные законы деформационной теории пластичности. Теорема о простом нагружении. Математическая формулировка задач теории пластичности. Теория течения и деформационная теория. Теория течения для идеально-жестко-пластической схемы.

### **Тема 3. Общие теоремы для упругопластических деформаций.**

презентация , примерные вопросы:

Обобщение формул Кастильяно. Принцип минимума дополнительной работы. Формулы Кротти-Энгессера. Статические и кинематические теоремы для предельных состояний. Метод упругих решений.

### **Тема 4. Некоторые задачи теории пластичности.**

презентация , примерные вопросы:

Кручение стержня произвольного поперечного сечения. Аналогия Надаи. Упруго-пластическое состояние толстой трубы под давлением. Совместное растяжение и кручение тонкостенной трубы. Решение по теории течения и деформационной теории. Упруго-пластическое и предельное состояние пластин при изгибе.

### **Тема 5. Ползучесть и релаксация. Вязкоупругость.**

презентация , примерные вопросы:

Линейная теория наследственности. Принцип Вольтерра для теории вязкоупругости. Изгиб вязкоупругой балки.

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

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

Примерные вопросы к экзамену:

1. Модели идеальной пластичности
2. Линейная теория наследственности.

#### **7.1. Основная литература:**

Соппротивление материалов, Мартышев, Вячеслав Петрович, 2010г.

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

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

Соппротивление материалов, Каюмов, Рашит Абдулхакович , 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. Зубчанинов В.Г. Механика процессов пластических сред. М. : Физматлит, 1990. 368 с.
2. Терегулов И.Г. Соппротивление материалов и основы теории упругости и пластичности. М.: Высш. шк., 1984. 472 с.
3. Александров А.В., Потапов В.Д. Основы теории упругости и пластичности. М.: Высш. шк., 1990. 400 с.
4. Артюхин Ю.П. Строительная механика в пакетах Mathematica и ANSYS. Казань: КГУ, 2009. 120 с.

### 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 - [engeneer.ru](http://engeneer.ru)

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

Освоение дисциплины "Теория пластичности и ползучести" 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.