

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



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Таюрский Д.А.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Теория пластичности и ползучести Б1.В.ДВ.3

Направление подготовки: 01.03.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Общий профиль

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Кузнецов С.А.

**Рецензент(ы):**

Коноплев Ю.Г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Султанов Л. У.

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  
2018

## 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, skuznets@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

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 " Б1.В.ДВ.3 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 01.03.03 Механика и математическое моделирование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

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
ОПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью выстраивать и реализовывать перспективные линии интеллектуального, культурного, нравственного и профессионального саморазвития и самосовершенствования
ПК-2 (профессиональные компетенции)	умением понять поставленную задачу
ПК-3 (профессиональные компетенции)	умением формулировать результат
ПК-4 (профессиональные компетенции)	умением строго доказать утверждение
ПК-6 (профессиональные компетенции)	умением самостоятельно увидеть следствия сформулированного результата

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. должен демонстрировать способность и готовность:

Использовать полученные знания в практических целях

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 8 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	8		4	4	0	
2.	Тема 2. Условия начала пластичности	8		4	4	0	
3.	Тема 3. Общие теоремы для упругопластических деформаций	8		6	6	0	
4.	Тема 4. Некоторые задачи теории пластичности	8		6	8	0	
5.	Тема 5. Ползучесть и релаксация. Вязкоупругость	8		8	6	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
Итого				28	28	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. 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.

#### **практическое 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. 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. 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.

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

Общие теоремы для упругопластических деформаций. Принцип минимума полной энергии. Обобщение формул Грина. Принцип возможных изменений напряженного состояния. Обобщение формул Кастильяно. Принцип минимума дополнительной работы. Формулы Кротти-Энгессера. Статические и кинематические теоремы для предельных состояний. Метод упругих решений.

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

Общие теоремы для упругопластических деформаций. Принцип минимума полной энергии. Обобщение формул Грина. Принцип возможных изменений напряженного состояния. 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 (6 часа(ов)):**

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

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

Некоторые задачи теории пластичности. Чистый изгиб балки. Остаточные напряжения. Задача об изгибе балки сосредоточенной силой. Кручение круглого стержня. 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 (8 часа(ов)):**

Ползучесть и релаксация. Вязкоупругость. Модели Максвелла, Фойгта, Кельвина. Линейная теория наследственности. Принцип Вольтерра для теории вязкоупругости. Изгиб вязкоупругой балки.

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

Ползучесть и релаксация. Вязкоупругость. Модели Максвелла, Фойгта, Кельвина. 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	8		Работа с литературой	8	Устный опрос
2.	Тема 2. Условия начала пластичности	8		Работа с литературой	8	Устный опрос
3.	Тема 3. Общие теоремы для упругопластических деформаций	8		Работа с литературой	10	Устный опрос
4.	Тема 4. Некоторые задачи теории пластичности	8		Работа с литературой	14	Устный опрос



N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. Ползучесть и релаксация. Вязкоупругость	8		Работа с литературой	12	Устный опрос
	Итого				52	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Активные и интерактивные формы, лекции, семинары, работа на компьютере, зачеты, экзамены.

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

### Тема 1. Введение

Устный опрос, примерные вопросы:

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. 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

Устный опрос, примерные вопросы:

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. Постулат Друкера. Ассоциированный закон течения. Теория течения. Деформационная теория. Сложное нагружение. Уравнение Прандтля-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

Устный опрос, примерные вопросы:

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

Устный опрос, примерные вопросы:

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

Устный опрос, примерные вопросы:

Ползучесть и релаксация. Вязкоупругость. Модели Максвелла, Фойгта, Кельвина. Линейная теория наследственности. Принцип Вольтерра для теории вязкоупругости. Изгиб вязкоупругой балки.

### Итоговая форма контроля

зачет

Примерные вопросы к зачету:

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. 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. 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. Постулат Друкера. Ассоциированный закон течения. Теория течения. Деформационная теория. Сложное нагружение. Уравнение Прандтля-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. Общие теоремы для упругопластических деформаций. Принцип минимума полной энергии. Обобщение формул Грина. Принцип возможных изменений напряженного состояния. Обобщение формул Кастильяно. Принцип минимума дополнительной работы. Формулы Кротти-Энгессера. Статические и кинематические теоремы для предельных состояний. Метод упругих решений. Некоторые задачи теории пластичности. Чистый изгиб балки. Остаточные напряжения. Задача об изгибе балки сосредоточенной силой. Кручение круглого стержня. 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. Ползучесть и релаксация. Вязкоупругость. Модели Максвелла, Фойгта, Кельвина. Линейная теория наследственности. Принцип Вольтерра для теории вязкоупругости. Изгиб вязкоупругой балки.

### 7.1. Основная литература:

Нигматулин, Роберт Искандерович. Механика сплошной среды, Кинематика. Динамика. Термодинамика.

Статистическая динамика: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности

010701 'Фундаментальная механика и механика' и направлению подготовки 010800 'Механика и математическое

моделирование' / Р. И. Нигматулин.-Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 639 с.

Иродов И.Е. Механика. Основные законы. М.: Лаборатория знаний, 2017.

<https://e.lanbook.com/book/94115>

Сопrotивление материалов: Учебник / В.А. Волосухин, В.Б. Логвинов, С.И. Евтушенко. - 5-е изд. - М.: ИЦ РИОР:

НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 543 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN

978-5-369-01159-1, <http://znanium.com/bookread.php?book=390023>



## 7.2. Дополнительная литература:

Теман Р., Миранвиль А., Математическое моделирование в механике сплошных сред. - 3-е изд. - М.: Лаборатория знаний, 2017. - 319 с. <https://e.lanbook.com/book/94110>

Артюхин, Юрий Павлович. Строительная механика в пакетах 'MATHEMATICA' и 'ANSYS' : учебное пособие / Ю. П.

Артюхин ; Казан. гос. ун-т .- Казань : Казанский государственный университет, 2009 .- 120 с.

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)

## 7.3. Интернет-ресурсы:

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

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

Библиотека технической литературы - <http://mexalib.com/>

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

ЭБС kodges - <http://www.kodges.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.

Испытательные машины кафедры теоретической механики

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 01.03.03 "Механика и математическое моделирование" и профилю подготовки Общий профиль .

Автор(ы):

Кузнецов С.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Коноплев Ю.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.