

Документ подписан простой электронной подписью

Информация об авторе

ФИО: Клочков Юрий Сергеевич

Должность: и.о. ректора

Дата подписания: 04.10.2024 09:45:29

Уникальный программный ключ

4e7c4ea90328ec8e65c5d8058549a2538d7400d1

# МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования

«**ТОМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**»

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Ю.Е. Якубовский

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины: Основы теории пластичности и ползучести

направление подготовки: 15.03.03 Прикладная механика

направленность (профиль): Моделирование механических систем и процессов

форма обучения: очная

Рабочая программа рассмотрена  
на заседании кафедры Прикладная механика

Протокол № \_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2024 г.

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

### Цель дисциплины:

подготовка дипломированного специалиста в области теоретических и экспериментальных исследований работоспособности высоконагруженных элементов конструкций, методов расчета их деформирования и разрушения при малоцикловом термомеханическом нагружении.

### Задачи дисциплины:

освоение студентами основных законов и уравнений теории пластичности и ползучести, необходимых для их общенаучного развития и умение применять полученные знания для практических расчетов элементов конструкций.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

знание основных понятий матричной алгебры и теории чисел; способов решения систем линейных уравнений; основных законов физики.

умение решать системы линейных уравнений различными способами; находить корни многочленов; приводить квадратичные формы к каноническому виду;

владение умением выбора метода решения систем линейных уравнений; навыками решения типовых задач; навыками решения практических задач с использованием алгебраических методов.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: Сопротивление материалов, Механика деформируемого твёрдого тела, - и может быть использовано при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине
ПКС – 5. Подготовка перечня сменных заданий и графика загрузки оборудования производства изделий из композиционных полимерных материалов методом литья под давлением	ПКС-5.1. Разрабатывает и рассчитывает по механическим характеристикам изделий из композиционных полимерных материалов	Знать: (З1) методы расчёта механических характеристик изделий из композиционных полимерных материалов
		Уметь: (У1) разрабатывать и рассчитывать изделия из композиционных полимерных материалов по механическим характеристикам
		Владеть: (В1) разработкой и расчётом изделий из композиционных полимерных материалов по механическим характеристикам

### Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

Таблица 4.1

Форма обучения	Курс/ семестр	Аудиторные занятия / контактная работа, час.			Самостоятельная работа, час.	Контроль	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			
очная	4/7	30	30	-	48	36	экзамен

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Структура дисциплины очная форма обучения (ОФО)

Таблица 5.1.1

№ п/п	Структура дисциплины/модуля		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства <sup>1</sup>
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1	1	Введение. Задачи и цели теории	2	2	-	4	8	ПКС – 5.1	Тестирование
2	2	Основные гипотезы и модели среды	2	2	-	4	8	ПКС – 5.1	Устный опрос
3	3	Расчетные модели конструкций	2	2	-	4	8	ПКС – 5.1	Устный опрос
4	4	Методы расчета	2	2	-	4	8	ПКС – 5.1	Устный опрос
5	5	Девиаторы	2	2	-	6	10	ПКС – 5.1	Устный опрос
6	6	Девиаторное пространство	2	2	-	6	10	ПКС – 5.1	Тестирование
7	7	Упругопластические деформации	2	2	-	6	10	ПКС – 5.1	Устный опрос
8	8	Теория малых упругопластических деформаций	2	2	-	6	10	ПКС – 5.1	Устный опрос
9	9	Идеальное пластическое течение	2	2	-	6	10	ПКС – 5.1	Тестирование
10	10	Теория идеально пластического течения	2	2	-	6	10	ПКС – 5.1	Устный опрос
11	11	Идеальная вязкость	2	2	-	6	10	ПКС – 5.1	Устный опрос
12	12	Теория идеальной вязкости	2	2	-	6	10	ПКС – 5.1	Устный опрос
13	13	Технические теории ползучести	2	2	-	6	10	ПКС – 5.1	Устный опрос
14	14	Проблемы моделирования изотропного и анизотропного упрочнения	2	2	-	6	10	ПКС – 5.1	Устный опрос
15	15	Структурная модель упруговязкопластической среды	2	2	-	8	12	ПКС – 5.1	Тестирование
16		экзамен				48	36		
Итого:			30	30	-	84	144		

- заочная форма обучения (ЗФО): не реализуется

- очно-заочная форма обучения (ОЗФО): не реализуется

### 5.2. Содержание дисциплины.

#### 5.2.1. Содержание разделов дисциплины (дидактические единицы).

Раздел 1. *Введение. Задачи и цели теории.*

Задачи, стоящие перед инженером: прочность и жесткость конструкций из пластичного материала. Запас прочности, опасная нагрузка. Расчетные модели (модели среды, конструкции) для определения опасной нагрузки, подходы к их построению.

Раздел 2. *Основные гипотезы и модели среды.*

Общие гипотезы о свойствах среды. Понятия упругости и неупругости, пластичности и вязкости. Параметры состояния. Модель среды. Идеальная вязкость и идеальная пластичность при одноосном напряженном состоянии. Проблема реологии материала в общем случае нагружения.

Раздел 3. *Расчетные модели конструкций.*

Неоднородное напряженно-деформированное состояние. Дискретизация конструкции. Матрицы-столбцы параметров. Уравнения равновесия и совместности деформаций в матричной форме. Физические уравнения, их линеаризация. Принцип возможных перемещений, обобщенные силы и перемещения. Степени свободы деформируемого тела. Матричная модель конструкции. Другие модели конструкций. Модель внешнего воздействия.

Раздел 4. *Методы расчета.*

Модель конструкции и метод расчета; связь между ними. Нелинейно упругое тело и методы упругих решений. Стационарная ползучесть, использование аналогичных методов расчета. Расчеты кинетики нестационарной ползучести. Расчеты идеально пластических конструкций. Идентификация и проверка моделей. Оценка прочности.

#### Раздел 5. *Девиаторы.*

Тензоры и девиаторы напряжений и деформаций. Закон Гука со скалярными множителями упругости. Распространение шаровой составляющей закона за предел упругости.

#### Раздел 6. *Девиаторное пространство.*

Девиаторное пространство для векторного отображения напряженного или деформированного состояния. Трехмерное подпространство для плоского напряженного или деформированного состояния. Траектории воздействия и реакции, образ процесса. Постулат изотропии А.А.Ильюшина.

#### Раздел 7. *Упругопластические деформации.*

Свойства пропорционального нагружения изотропного материала - скалярные и векторные. Их абсолютизация для произвольного нагружения.

#### Раздел 8. *Теория малых упругопластических деформаций.*

Сводка уравнений деформационной теории. Понятие о модификациях деформационной теории.

#### Раздел 9. *Идеальное пластическое течение.*

Функция и поверхность текучести. Идеально пластический и упрочняющийся материал. Постулат Друккера. Выпуклость поверхности текучести и ассоциированный закон течения.

#### Раздел 10. *Теория идеально пластического течения.*

Сводка уравнений теории. Расчетные выражения. Механическая модель поведения поверхности текучести в пространстве деформаций. Теория течения при неизотермическом нагружении. Диссипация энергии.

#### Раздел 11. *Идеальная вязкость.*

Простейшее реономное тело. Определяющие уравнения.

#### Раздел 12. *Теория идеальной вязкости.*

Ползучесть и релаксация. Циклическое нагружение. Идеальная пластичность - предельный случай идеальной вязкости.

#### Раздел 13. *Технические теории ползучести.*

Реальные кривые ползучести. Теория старения, течения, упрочнения. Сопоставление этих теорий между собой и с экспериментами при ступенчатом и знакопеременном нагружении. Обобщение теорий на произвольное напряженное состояние.

#### Раздел 14. *Проблемы моделирования изотропного и анизотропного упрочнения.*

Анализ экспериментальных данных при быстром повторно-переменном нагружении и нагружениях с выдержками; упрочнение и разупрочнение, изотропное и анизотропное. Эволюция поверхности текучести и потенциала ползучести. Их моделирование: скалярный и тензорный параметры упрочнения. Взаимное влияние пластического деформирования и ползучести.

#### Раздел 15. *Структурная модель упруговязкопластической среды.*

Микронеоднородность среды и неупругое деформирование. Микронапряжения и память материала о предыстории. Материал как конструкция. Модель Мазинга. Расширенный принцип Мазинга. Сопоставление с экспериментами. Обобщение на непропор-

циональное и неизотермическое нагружение. Модель реономной среды. Кривые ползучести. “Эффект Баушингера”. Диаграммы деформирования. Взаимное влияние пластичности и ползучести. Использование модели в расчетах. Идентификация модели

### 5.2.2. Содержание дисциплины по видам учебных занятий.

#### Лекционные занятия

Таблица 5.2.1

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема лекции
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1	1	2	-	-	Введение. Задачи и цели теории
2	2	2	-	-	Основные гипотезы и модели среды
3	3	2	-	-	Расчетные модели конструкций
4	4	2	-	-	Методы расчета
5	5	2	-	-	Девиаторы
6	6	2	-	-	Девиаторное пространство
7	7	2	-	-	Упругопластические деформации
8	8	2	-	-	Теория малых упругопластических деформаций
6	9	2	-	-	Идеальное пластическое течение
10	10	2	-	-	Теория идеально пластического течения
11	11	2	-	-	Идеальная вязкость
12	12	2	-	-	Теория идеальной вязкости
13	13	2	-	-	Технические теории ползучести
14	14	2	-	-	Проблемы моделирования изотропного и анизотропного упрочнения
15	15	2	-	-	Структурная модель упруговязкопластической среды
Итого:		30	-	-	

#### Практические занятия

Таблица 5.2.2

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема практики
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1	1	2	-	-	Степени свободы деформируемого тела. Обобщенные смещения. Условия совместности деформаций в статически определимых и статически неопределимых фермах
2	2	2	-	-	Принцип возможных перемещений в деформируемом теле. Запись условий равновесия в матричной форме.
3	3	2	-	-	Простейшие примеры построения матричных моделей конструкций. Их проверка при упругом неизотермическом деформировании
4	4	2	-	-	Модель тонкостенной трубы. Построение системы уравнений
5	5	2	-	-	Примеры применения методов линеаризации физически нелинейных задач. Использование кривой деформирования и закона установившейся ползучести.
6	6	2	-	-	Модели идеальной пластичности, идеальной вязкости и упрочняющихся материалов при одноосном напряженном состоянии.

					Диаграммы деформирования и кривые ползучести
7	7	2	-	-	Девиаторное пространство. Растяжение, кручение и нагружение внутренним давлением тонкостенной трубки. Образы процесса
8	8	4	-	-	Деформационная теория. Расчет толстостенной трубы при внутреннем давлении
9	10-11	4	-	-	Теория течения. Сопоставление расчетов по теории течения и по деформационной теории в случае нагружения по двухзвенной траектории
10	12-13	4	-	-	Расчет установившейся ползучести в ферме и в толстостенной трубе
11	14-15	4	-	-	Анализ технических теорий ползучести. Механическая модель ползучести с анизотропным упрочнением
<b>Итого:</b>		30	-	-	

### Лабораторные работы

*Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены*

### Самостоятельная работа студента

Таблица 5.2.3

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема	Вид СРС
		ОФО	ЗФО	ОЗФО		
1	1	4	-	-	Введение. Задачи и цели теории	Самостоятельное изучение и повторение теоретического материала, а также решение задач по темам дисциплины
2	2	4	-	-	Основные гипотезы и модели среды	
3	3	4	-	-	Расчетные модели конструкций	
4	4	4	-	-	Методы расчета	
5	5	6	-	-	Девиаторы	
6	6	6	-	-	Девиаторное пространство	
7	7	6	-	-	Упругопластические деформации	
8	8	6			Теория малых упругопластических деформаций	
9	9	6			Идеальное пластическое течение	
10	10	6			Теория идеально пластического течения	
11	11	6			Идеальная вязкость	
12	12	6			Теория идеальной вязкости	
13	13	6			Технические теории ползучести	
14	14	6			Проблемы моделирования изотропного и анизотропного упрочнения	
15	15	8			Структурная модель упруговязкопластической среды	
<b>Итого:</b>		84	-	-		

5.2.3. Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- визуализация учебного материала в PowerPoint в диалоговом режиме (лекционные занятия);
- работа в малых группах (практические занятия);
- разбор практических ситуаций (практические занятия).

## 5. Тематика курсовых работ/проектов

*Курсовые работы/проекты учебным планом не предусмотрены*

## 6. Контрольные работы

*Контрольные работы учебным планом не предусмотрены*

## 7. Оценка результатов освоения дисциплины

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в Приложении 1.

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной формы обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1 текущая аттестация		
1	Тестирование	30
	ИТОГО за первую текущую аттестацию	30
2 текущая аттестация		
2	Устный порос	10
3	Тестирование	20
	ИТОГО за вторую текущую аттестацию	30
3 текущая аттестация		
4	Устный порос	20
5	Тестирование	20
	ИТОГО за третью текущую аттестацию	40
	<b>ВСЕГО</b>	<b>100</b>

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 2.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

№ п/п	Наименование	
1. информационных ресурсов	Ссылка	
2.	Электронный каталог/Электронная библиотека	<a href="http://webirbis.tsogu.ru/">http://webirbis.tsogu.ru/</a>
3.	Научно-техническая библиотека ФГАОУ ВО РГУ Нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина и ФГБОУ ВО «ТИУ»	<a href="http://elib.gubkin.ru/">http://elib.gubkin.ru/</a>
4.	Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВО «УГНТУ» и ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»	<a href="http://bibl.rusoil.net">http://bibl.rusoil.net</a>

5.	Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВО «УГТУ» и ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»	<a href="http://lib.ugtu.net/books">http://lib.ugtu.net/books</a>
6.	Научная электронная библиотека «eLibrary.ru»	<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>
7.	Консультант студента «Электронная библиотека технического ВУЗа» (ООО «Политехресурс»)	<a href="http://www.studentlibrary.ru">http://www.studentlibrary.ru</a>
8.	Цифровой образовательный ресурс – библиотечная система IPR SMART (ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа»)	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
9.	ЭБС Лань (ООО «Издательство ЛАНЬ»)	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>

9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства (*перечислить*):

- MS Office Professional Plus;
- Windows.
- Лира САПР
- NanoCAD

### 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Таблица 10.1

#### Обеспеченность материально-технических условий реализации ОПОП ВО

№ п/п	Наименование учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом образовательной программы	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	Основы теории пластичности и ползучести	Лекционные занятия: Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа; групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащенность: Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Компьютер в комплекте, проектор, проекционный экран. Комплект мультимедийного оборудования: проектор, экран, компьютер, акустическая система. Локальная и корпоративная сеть.	625001, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Мельникайте, д.72
		Практические занятия: Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (практические занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации,	625001, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Мельникайте, д.72

		Оснащенность: Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Моноблок - 1 шт., проектор - 1 шт., проекционный экран - 1 шт., документ-камера - 1 шт., акустическая система (колонки) - 2 шт.	
		Самостоятельная работа обучающихся Аудитория для самостоятельной работы обучающихся Оснащенность: Учебные столы, стулья. Доска аудиторная.	625001, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Мельникайте, д.72

## 11. Методические указания по организации СРС

11.1. Методические указания по подготовке к практическим занятиям по дисциплине «Основы теории пластичности и ползучести» по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика (профиль: моделирование механических систем и процессов) в процессе разработки.

11.2. Методические указания по организации самостоятельной работы по дисциплине «Основы теории пластичности и ползучести» по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика (профиль: моделирование механических систем и процессов) в процессе разработки.

### Планируемые результаты обучения для формирования компетенции и критерии их оценивания

Дисциплина: Основы теории пластичности и ползучести

Код, направление подготовки: 15.03.03 Прикладная механика

Направленность (профиль): Моделирование механических систем и процессов.

Код компетенции	Код, наименование ИДК	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
			1-2	3	4	5
ПКС – 5. Подготовка перечня сменных заданий и графика загрузки оборудования производства изделий из композиционных полимерных материалов методом литья под давлением	ПКС-5.1. Разрабатывает и рассчитывает по механическим характеристикам изделий из композиционных полимерных материалов	Знать: (З1) методы расчёта механических характеристик изделий из композиционных полимерных материалов	Не знает основные понятия и методы решения задач механики	Демонстрирует знание отдельных понятий и методов решения задач механики	Демонстрирует достаточные знания методов расчёта механических характеристик изделий из композиционных полимерных материалов	Демонстрирует исчерпывающие знания методов расчёта механических характеристик изделий из композиционных полимерных материалов
		Уметь: (У1) разрабатывать и рассчитывать изделия из композиционных полимерных материалов по механическим характеристикам	Не умеет анализировать цели и находить способы их достижения	Умеет рассчитывать изделия из отдельных композиционных полимерных материалов по механическим характеристикам	Демонстрирует достаточное умение рассчитывать некоторые изделия из композиционных полимерных материалов по механическим характеристикам	Демонстрирует исчерпывающее умение разрабатывать и рассчитывать изделия из композиционных полимерных материалов по механическим характеристикам
		Владеть: (В1) разработкой и расчётом изделий из композиционных полимерных материалов по механическим характеристикам	Не владеет совокупностью задач, которые необходимо решить для достижения цели	Владеет некоторыми задачами, которые необходимо решить для достижения цели	Достаточно хорошо владеет расчётом изделий из композиционных полимерных материалов по механическим характеристикам	Отлично владеет разработкой и расчётом изделий из композиционных полимерных материалов по механическим характеристикам

**КАРТА**  
**обеспеченности дисциплины учебной и учебно-методической литературой**

Дисциплина: Основы теории пластичности и ползучести

Код, направление подготовки: 15.03.03 Прикладная механика

Направленность (профиль): Моделирование механических систем и процессов.

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент обучающихся, использующих указанную литературу	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1	Качанов, Л. М. Основы теории пластичности : учебное пособие для университетов / Л. М. Качанов. - 2-е изд., перерабо. доп. - Москва : Наука, 1969. - 420 с. - Текст : непосредственный.	5	20	100	-
2	Малинин, Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести : учебник для вузов / Н. Н. Малинин. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 402 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05330-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/515109">https://urait.ru/bcode/515109</a>	ЭР*	20	100	+
3	Молотников, В. Я. Теория упругости и пластичности / В. Я. Молотников, А. А. Молотникова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 532 с. — ISBN 978-5-507-47969-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/335192">https://e.lanbook.com/book/335192</a>	ЭР*	20	100	+

ЭР\* – электронный ресурс для авторизованных пользователей доступен через Электронный каталог/Электронную библиотеку ТИУ <http://webirbis.tsogu.ru/>

# Лист согласования 00ДО-0000750403

Внутренний документ "основы теории пластичности и ползучести\_2024\_15.03.03\_ММСб"

Документ подготовил: Колосов Василий Иосифович

Документ подписал: Якубовский Юрий Евгеньевич

Серийный номер ЭП	Должность	ФИО	ИО	Результат	Дата	Комментарий
	Заведующий кафедрой, имеющий ученую степень доктора наук	Якубовский Юрий Евгеньевич		Согласовано		
	Директор	Каюкова Дарья Хрисановна		Согласовано		
	Ведущий специалист		Кубасова Светлана Викторовна	Согласовано		