

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

 Н.В.Лобов

« 09 » декабря 20 19 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Теория пластичности
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 01.04.02 Прикладная математика и информатика
(код и наименование направления)

Направленность: Математическое моделирование физико-механических процессов
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Привитие навыков и умения корректной формулировки или выбора определяющих соотношений теории пластичности при построении математических моделей широкого класса физико-механических процессов.

Задачи дисциплины:

- 1.2.1. Свободно владеть основными понятиями и аксиоматикой теории пластичности
- 1.2.2. Знать основные типы определяющих соотношений теории пластичности, области их применимости, физические механизмы, ответственные за поведение конденсированных сред
- 1.2.3. Уметь выбирать подходы к построению, типы и конкретные определяющие соотношения для построения математических моделей реальных систем и процессов
- 1.2.4. Владеть навыками модификации существующих и построения новых моделей для описания поведения физико-механических систем и процессов

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- Определяющие соотношения (уравнения состояния) для неупруго деформируемых металлов и сплавов
- Основные понятия и определения теории пластичности
- Подходы и методы построения определяющих соотношений теории пластичности
- Физико-механические основы и физические механизмы, ответственные за неупругое деформирование металлов и сплавов
- Современные модели теории пластичности

1.3. Входные требования

Изложение будет в значительной мере опираться на понятия и определения, введенные в МСС. По существу, ОС представляют собой модели, описывающие поведение сплошных сред, являющиеся необходимым элементом при моделировании любого процесса или явления в МСС.

При изложении дисциплины полностью используются подходы и методы, известные из общей теории определяющих соотношений. Особое внимание уделено конкретизации общей структуры конститутивной модели, основанной на введении внутренних переменных.

Для успешного освоения Теории пластичности необходимы знания следующих дисциплин: Тензорный анализ, Механика сплошных сред.

Поскольку ОС теории пластичности должны отражать физическое строение материальных тел, при их рассмотрении используются различные разделы физики (в частности, физика твердого тела). С другой стороны, являясь математическим моделированием поведения материальных тел, теория пластичности опирается на такие разделы математики, как алгебра, теория множеств, тензорное исчисление, функциональный анализ и др.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК–1.1	ИД-1ПК-1.1	Определяющие соотношения теорий пластичности	Знает особенности и границы применимости современных моделей материалов, аналитических и численных методов решения задач физики и механики сплошных сред, знает методы построения новых математических моделей для решения прикладных задач моделирования физико-механических процессов.	Контрольная работа
ПК–1.1	ИД-2ПК-1.1	Выбирать и обосновывать выбор определяющих соотношений пластичности для построения моделей конкретных процессов деформирования	Умеет обосновывать выбор и применять современные математические модели материалов, разрабатывать новые математические модели сплошных сред для решения междисциплинарных прикладных и фундаментальных научных задач, анализировать результаты их решения и идентифицировать параметры математических моделей по экспериментальным данным, умеет модифицировать и развивать методы решения прикладных задач физики и механики сплошных сред	Экзамен
ПК–1.1	ИД-3ПК-1.1	Навыками физического анализа процессов неупругого деформирования моно- и поликристаллических материалов, апостериорной оценки применимости выбранных определяющих соотношений	Владеет навыками технологией разработки новых математических моделей сложных сред и имеет опыт решения современных междисциплинарных физико-механических задач с использованием известных и модифицированных подходов и методов физики и механики сплошных сред, опытом	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			применения на практике результатов их решения	

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		1
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:		
- лекции (Л)	16	16
- лабораторные работы (ЛР)		
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
- контрольная работа		
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	36	36
2. Промежуточная аттестация		
Экзамен	36	36
Дифференцированный зачет		
Зачет		
Курсовой проект (КП)		
Курсовая работа (КР)		
Общая трудоемкость дисциплины	108	108

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
1-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Физические основы неупругого деформирования	7	0	6	12
Тема 1. Введение. Пластичность с точки зрения макроскопических экспериментов. Основные эффекты, наблюдаемые в макроэкспериментах по неупругому деформированию металлов и сплавов (зуб текучести, эффект Портвена – Ле Шателье, эффект Баушингера, эффект Пойнтинга – Свифта). Тема 2. Некоторые сведения из физики твердого тела и физического материаловедения. Кристаллографическая система координат, кристаллографические обозначения, стереографические проекции. Полиморфные превращения, твердые растворы, химические соединения, электронные соединения, металлические связи. Точечные, линейные, поверхностные и объемные дефекты кристаллической решетки. Краевые и винтовые дислокации, дисклинации. Дислокационные субструктуры. Физические механизмы процессов неупругого деформирования. Тема 3. Основные понятия и определения теории пластичности. Интенсивности напряжений и деформаций. Параметры Надаи – Лоде. Круги Мора. Поверхность текучести. Критерии текучести. Законы упрочнения. Постулаты пластичности. Принцип градиентальности. Принципы максимума.				
Современные модели для описания неупругого деформирования материалов	9	0	12	24
Тема 4. Современные модели для описания неупругого деформирования материалов, подходы к построению ОС пластического деформирования. Теория упругопластических процессов А.А.Ильюшина. Основные понятия и определения (траектория деформации, образ процесса нагружения, репер Френе, след запаздывания, классификация процессов деформирования). Постулат изотропии в частной форме. Гипотеза локальной определенности. Гипотеза компланарности. Теория малых упруго-пластических деформаций. Теории малой и средней кривизны. Теория деформирования по траекториям с изломами. Тема 5. Теория пластического течения. Модификации теории пластического течения. Основные гипотезы теории пластического течения. Одноповерхностные теории течения А.Ю.Ишлинского, Ю.И.Кадашевича и В.В.Новожилова, Г.Бакхауза. Многоповерхностная теория З.Мруза. О статистических теориях пластичности. Теории вязкопластичности.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Тема 6. Эндохронная теория пластичности. Основные понятия и определения. Теория Валаниса. Тензорно-параметрическая форма определяющего соотношения. Модификации меры внутреннего времени. Многоэлементные модели эндохронной теории пластичности.				
ИТОГО по 1-му семестру	16	0	18	36
ИТОГО по дисциплине	16	0	18	36

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Определение параметров Надаи – Лоде тензоров напряжений и де-формаций для сложного нагружения трубчатых образцов.
2	Изотропный, кинематический и комбинированный законы упрочнения.
3	Представление определяющих соотношений теории упругопластических процессов для плоских двухзвенной и кусочно-гладкой траекторий деформирования.
4	Исследование деформирования по окружности. Представление определяющих соотношений теории упругопластических процессов для пятимерных гладких траекторий деформирования.
5	Исследование деформирования по спирали.
6	Теория пластического течения без упрочнения: исследование де-формирования по двухзвенной, круговой и спиральной траекториям деформирования. Теория пластического течения без упрочнения и с изотропным и кинематическим типами упрочнения: определение приращения напряжения по приращению полной деформации.
7	Теория пластического течения без упрочнения и с изотропным и кинематическим типами упрочнения: расчет реакции на циклическое одноосное деформирование. Многоповерхностная модель Мруза: качественное нахождение траектории движения поверхности текучести при двухзвенных траекториях напряжений и деформаций. Многоповерхностная модель Мруза: расчет зависимости компонент напряжений от времени при двухзвенной траектории деформирования.
8	Эндохронная теория пластичности: дифференциальная форма записи соотношений при экспоненциальном ядре, асимптотические случаи поведения материала, идентификация материального параметра модели по постоянству модуля разгрузки.
9	Эндохронная теория пластичности: расчет реакции на одноосное монотонное деформирование модели без упрочнения и с линейным изотропным упрочнением. Эндохронная теория пластичности: исследование деформирования по циклической одноосной, круговой и спиральной траекториям деформирования.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	1. - Санкт-Петербург: , Лань, 2004. - (Механика сплошной среды : учебник для вузов : в 2 т.; Т. 1).	49
2	2. - Санкт-Петербург: , Лань, 2004. - (Механика сплошной среды : учебник для вузов : в 2 т.; Т. 2).	39
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Зарубин В. С. Математические модели термомеханики / В. С. Зарубин, Г. Н. Кувыркин. - Москва: Физматлит, 2002.	1
2	Лотов К. В. Физика сплошных сред : учебное пособие для вузов / К. В. Лотов. - Москва Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002.	2

3	Можен Ж. Механика электромагнитных сплошных сред : учебное издание : пер. с англ / Ж. Можен. - Москва: Мир, 1991.	-1
2.2. Периодические издания		
1	Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа : научный журнал / Российская академия наук. - Москва: Наука, 1966 - .	
2	Известия Российской академии наук. Механика твердого тела : научный журнал / Институт механики; Центральный научно-исследовательский институт машиностроения. - Москва: Наука, 1966 - .	
3	Прикладная механика и техническая физика : журнал / Российская академия наук. Сибирское отделение; Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева; Институт теоретической и прикладной механики. - Новосибирск: СО РАН, 1960 - .	
4	Физика твердого тела : журнал / Российская академия наук. Отделение физических наук; Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе. - Санкт-Петербург: Наука, 1959 - .	
5	Физическая мезомеханика : журнал / Российская академия наук. Сибирское отделение; Институт физики прочности и материаловедения. - Томск: Ин-т физики прочности и материаловедения СО РАН, 1998 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Трусов П.В., Швейкин А.И. Теория пластичности. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011. 419 с.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3293	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

Вид ПО	Наименование ПО
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Springer Nature e-books	http://link.springer.com/ http://jwww.springerprotocols.com/ http://materials.springer.com/ http://zbmath.org/ http://npg.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
База данных компании EBSCO	https://www.ebsco.com/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Видеопроектор	1
Лекция	Ноутбук	1
Практическое занятие	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	10

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
