

Федеральное агентство научных организаций
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
**Институт механики сплошных сред
Уральского отделения
Российской академии наук**

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по научной работе

Д. ф.-м. н.,

О. А. Плехов

«01» 10 2015 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Введение в физические теории пластичности»
(наименование дисциплины по учебному плану)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Направление 01.06.01 «Математика и механика»
(код и наименование)

Профиль программы аспирантуры Механика деформируемого твердого тела

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения: Очная

Курс: 1, 2 Семестр(ы): 1-3

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 108 ч

Виды контроля:

Экзамен: - нет

Диф.зачёт: - 1

Курсовой проект: - нет Курсовая работа: - нет

Пермь 2015

Учебно-методический комплекс дисциплины
«Введение в физические теории пластичности»
(полное наименование дисциплины)

разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «25» августа 2014 г. номер приказа «866» по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации)», программы аспирантуры «Механика деформируемого твёрдого тела», утверждённой «10» 09 2015 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации)», программы аспирантуры «Механика деформируемого твёрдого тела», утверждённой «10» 09 2015 г.

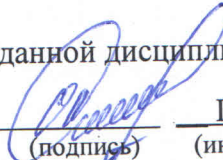
Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин

1. Теория упругости. Теория пластичности. Теория ползучести.
2. Волновые задачи теории упругости

участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик


д.ф.-м. н.
(учёная степень, звание)


(подпись)

Плехов О.А.
(инициалы, фамилия)

Рецензент

д.ф.-м. н.
(учёная степень, звание)


(подпись)

А.А.Роговой
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учёным советом ИМСС УрО РАН
 «10» 09 2015 г., протокол № 6-15.

1. Общие положения

1.1. Цель учебной дисциплины - привитие навыков и умения физического анализа механизмов неупругого деформирования поликристаллических металлов и сплавов, адекватного математического описания этих механизмов, применения физических теорий пластичности при построении математических моделей широкого класса физико-механических процессов.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет и углубляет следующие компетенции:

- способность проводить научные исследования в области механики деформируемого твёрдого тела (ПК-1);
- способность анализировать и формулировать связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения (ПК-3);
- способность планировать, проводить и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов (ПК-5).

1.2. Задачи учебной дисциплины:

- **изучение**
 - свободное владение основными понятиями, знание механизмов необратимых деформаций и их носителей
 - знание основных типов моделей физических теорий пластичности, областей их применимости, физических механизмов, ответственных за поведение конденсированных сред
 - умение выбора подходов к построению, типов и конкретных физических теорий при построении моделей реальных систем и процессов
 - навыки модификации существующих и построения новых моделей физических теорий пластичности для описания поведения физико-механических систем и процессов.

1.3. Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- основные понятия и определения физики твёрдого тела в целом и теории дефектов – в особенности
- физико-механические основы и физические механизмы, ответственные за неупругое деформирование металлов и сплавов
- подходы и методы построения конститутивных моделей физических теорий пластичности
- классификации и типы физических теорий пластичности
- современные модели физических теорий пластичности
- многоуровневые конститутивные модели.

1.4. Место учебной дисциплины в структуре профессиональной подготовки выпускников.

Дисциплина «Введение в физические теории пластичности» относится к *вариативной* части блока 1 и является *дисциплиной по выбору аспирантов* при освоении ООП ВО по направлению подготовки 01.06.01 – «Математика и механика», направленность «01.02.04 – механика деформируемого твердого тела».

В результате изучения дисциплины обучающийся должен освоить следующие компетенции и продемонстрировать следующие результаты:

• **знать:**

- методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы в области механики деформируемого твёрдого тела (основные современные теории процессов деформирования и разрушения, взаимодействия структуры материала и внешних полей различной природы и интенсивности, методы описания процессов деформирования, фазовых и структурно-кинетических переходов в материале);
- методологию, конкретные методы и приемы анализа связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения;
- Современные методы, приемы планирования эксперимента, обработки и интерпретации экспериментальных данных по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов;

• **уметь:**

- ставить задачу и применять современные методы (численные, аналитические, экспериментальные) для решения задач в области механики деформируемого твёрдого тела с учётом эволюции - структуры материала и внешних воздействий различной природы и интенсивности;
- ставить и решать задачу о связи между изменением структуры материала и особенностями процесса деформирования и разрушения;
- планировать проведение экспериментов, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов;

Связь с предшествующими дисциплинами

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

Поскольку КМ физических теорий 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, физические теории пластичности опираются на такие разделы математики, как алгебра, теория множеств, тензорное исчисление, функциональный анализ и др.

Связь с последующими дисциплинами

Знания и навыки, полученные аспирантом при изучении данного курса, необходимы при работе над и при написании диссертации по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела.

2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ПК-1, ПК-3, ПК-5.

2.1. Дисциплинарная карта компетенции ПК-1

Код ПК-1	Формулировка компетенции Способность проводить научные исследования в области механики деформируемого твёрдого тела.
Код ПК-1.В.03.02	Формулировка дисциплинарной части компетенции Знание основных типов моделей физических теорий пластичности, областей их применимости, физических механизмов, ответственных за поведение конденсированных сред.

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной Работы	Средства оценки
<p>В результате освоения компетенции студент: Знает: - методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы в области механики деформируемого твёрдого тела (основные современные теории процессов деформирования и разрушения, взаимодействия структуры материала и внешних полей различной природы и интенсивности, методы описания процессов деформирования, фазовых и структурно-кинетических переходов в материале) (Код 3 ПК-1);</p>	<p>Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.</p>	<p>Устный опрос для текущего и промежуточного контроля.</p>
<p>Умеет: - ставить задачу и применять современные методы (численные, аналитические, экспериментальные) для решения задач в области механики деформируемого твёрдого тела с учётом эволюции структуры материала и</p>	<p>Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекциям), ведение текущей научно-исследовательской работы</p>	<p>Выполнение индивидуального плана аспирантов, в части публикаций и участия в конференциях. Дифференцированный зачёт для итогового контроля.</p>

внешних воздействий различной природы и интенсивности (Код У ПК-1);		
---	--	--

2.2. Дисциплинарная карта компетенции ПК-3

Код ПК-3	Формулировка компетенции Способность анализировать и формулировать связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения
-----------------	---

Код ПК-3.В.03.02	Формулировка дисциплинарной части компетенции Способность выбирать подходы к построению, типов и конкретных физических теорий при построении моделей реальных систем и процессов.
-------------------------	---

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной Работы	Средства оценки
В результате освоения компетенции студент: Знает: - методологию, конкретные методы и приемы анализа связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения (Код 3 ПК-3);	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Устный опрос для текущего и промежуточного контроля.
Умеет: - ставить и решать задачу о связи между изменением структуры материала и особенностями процесса деформирования и разрушения (Код У ПК-3).	Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекциям), ведение текущей научно-исследовательской работы	Выполнение индивидуального плана аспирантов, в части публикаций и участия в конференциях. Дифференцированный зачёт для итогового контроля.

2.3. Дисциплинарная карта компетенции ПК-5

Код ПК-5	Формулировка компетенции Способность планировать, проводить и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов
-----------------	---

Код ПК-5.В.03.02	Формулировка дисциплинарной части компетенции Способность планировать, получать и интерпретировать экспериментальные данные по пластическому деформированию материалов с целью модификации моделей физических теорий пластичности для описания поведения физико-механических систем и процессов.
-----------------------------------	--

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной Работы	Средства оценки
В результате освоения компетенции студент: Знает: - современные методы, приемы планирования эксперимента, обработки и интерпретации экспериментальных данных по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов (Код 3 ПК-5);	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Устный опрос для текущего и промежуточного контроля.
Умеет: - планировать проведение экспериментов, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов (Код У ПК-5);	Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекциям), ведение текущей научно-исследовательской работы	Выполнение индивидуального плана аспирантов, в части публикаций и участия в конференциях. Дифференцированный зачёт для итогового контроля.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч			
		по семестрам			всего
		1й	2й	3й	
1	2	3			4
1	Аудиторная работа	34	-	-	34
	- лекции (Л)	34	-	-	34
	- лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	-	-	2
3	Самостоятельная работа студентов (СРС)	-	36	34	70
	- изучение теоретического материала	-	36	34	70
	- подготовка к лабораторным работам	-	-	-	-
	- подготовка отчетов по лабораторным работам	-	-	-	-
4	Итоговая аттестация по дисциплине: дифференцированный зачёт	-	-	2	2
5	Трудоёмкость дисциплины, всего:	36	36	36	108
	в часах (ч)	1	1	1	3
	в зачётных единицах (ЗЕ)				

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Модульный тематический план

Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов (очная форма обучения)							Трудоёмкость, ч / ЗЕ	
			аудиторная работа					итоговая аттестация	самостоятельная работа		
			всего	Л	ПЗ	ЛР	КСР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1		Введение	1	1	-	-	-	-	-	-	1
	1	1	4	4	-	-	-	-	-	8	12
		2	5	5	-	-	-	-	-	7	12
		3	5	4	-	-	1	-	-	8	13
	2	4	7	7	-	-	-	-	-	15	22
		5	7	7	-	-	-	-	-	15	22
		6	7	6	-	-	1	-	-	17	24
	Итого по модулю:			36	34	-	-	2	-	70	106/2.95
Итоговая аттестация			-	-	-	-	-	2	-	2/0,056	
Всего:			36	34	-	-	2	2	70	108/3	

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Введение.

Л – 1 ч.

Организация учебного процесса. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. История развития механики разрушения.

Модуль 1.

Раздел 1.

Л – 13 ч., КСР – 1 ч., СРС – 23 ч.

Тема 1. Введение. Основные понятия и определения; многоуровневые модели; классификация физических теорий пластичности (ФТП); структура конститутивных моделей ФТП. Механизмы неупругого деформирования, консервативное и неконсервативное движение дислокаций, их взаимодействие между собой и с другими дефектами.

Тема 2. Условие текучести Шмида, уравнение Орована. Механизмы и законы упрочнения систем скольжения, активное и латентное упрочнение, влияние границ зерен. Локализация пластических деформаций, влияние поверхности образца.

Тема 3. Кинематика пластического деформирования кристаллитов. Трансляционная и ротационная моды деформации. Двойникование, влияние

двойников на упрочнение. Ориентированное и неориентированное упрочнение, модели для их описания. Моды неупругого деформирования. Статистически накопленные и геометрически необходимые дислокации, изгибы–кручения решетки. Ротационные моды деформирования, модели ротации.

Раздел 2.

Л – 20 ч., КСР – 1 ч., СРС – 47 ч.

Тема 4. Жесткопластические модели. Модели Закса, Тейлора, Бишопа – Хилла, построение кривой напряжение – деформация при одноосном нагружении, принцип максимальной работы, принцип минимума суммарного сдвига. Современные модификации данных моделей. Модели ротации кристаллитов. Упругопластические модели. Модель Линя. Основные трудности реализации упругопластических моделей. Применение упругопластических моделей для решения краевых задач макроуровня. Гипо- и гиперупругий законы. Мультипликативное разложение градиента места, аддитивное разложение градиента скорости перемещений.

Тема 5. Вязкоупругие, вязкопластические и упруговязкопластические модели. Упруговязкопластические модели Асаро и Нидлемана, Кофари и Ананд. Преимущества упруговязкопластических моделей. Современные модификации упруговязкопластических моделей.

Тема 6. Структура и классификация многоуровневых моделей. Классификация внутренних переменных и уравнений конститутивной модели. Согласование определяющих соотношений масштабных уровней. Классификация внутренних переменных и уравнений конститутивной модели на примере двухуровневой упруговязкопластической модели. Модель поворотов кристаллической решетки, учитывающая взаимодействие элементов мезоуровня. Алгоритм реализации двухуровневой упруговязкопластической модели.

4.3 Перечень тем практических занятий

Практические занятия не предусмотрены.

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.5 Виды самостоятельной работы студентов

Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
1	изучение теоретического материала	8
2	изучение теоретического материала	7
3	изучение теоретического материала	8

4	изучение теоретического материала	15
5	изучение теоретического материала	15
6	изучение теоретического материала	17
	Итого: в ч / в ЗЕ	70/1,94

5. 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.

Участие в научных мероприятиях различного уровня.

№ п/п	Полное название мероприятия
1	Зимняя школа по механике сплошных сред, г. Пермь, ИМСС УрО РАН (ежедвухгодичная)
2	Всероссийская конференция молодых ученых «Математическое моделирование в естественных науках», г. Пермь, ПНИПУ (ежегодная)
3	Всероссийская конференция молодых ученых «Неравновесные процессы в сплошных средах», г. Пермь, ПГНИУ (ежегодная)

6. Управление и контроль освоения компетенций

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в форме:
- устного опроса.

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Промежуточный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании разделов дисциплины в следующих формах:

- устного опроса.

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Дифференцированный зачёт

Условия проставления зачёта по дисциплине:

- зачёт по дисциплине выставляется по итогам проведённого промежуточного контроля и самостоятельной работы.

2) Экзамен

Не предусмотрен.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля			
	ТК	ПК	ЛР	Диф. зачёт
В результате освоения компетенции студент:				
Знает:				
- методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы в области механики деформируемого твёрдого тела (основные современные теории процессов деформирования и разрушения, взаимодействия структуры материала и внешних полей различной природы и интенсивности, методы описания процессов деформирования, фазовых и структурно-кинетических переходов в материале) (ПК-1);	+	+		
- методологию, конкретные методы и приемы анализа связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения (ПК-3);	+	+		
- методологию, конкретные приемы планирования, обработки и интерпретации экспериментальных данных по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов (ПК-5).	+	+		
Умеет:				
- ставить задачу и применять современные методы (численные, аналитические, экспериментальные) для решения задач в области механики деформируемого твёрдого тела с учётом эволюции структуры материала и внешних воздействий различной природы и интенсивности (ПК-1);				+

- ставить и решать задачу о связи между изменением структуры материала и особенностями процесса деформирования и разрушения (ПК-3);					+
- планировать проведение экспериментов, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов (ПК-5).					+

ТК – текущий контроль в форме устного опроса по темам (контроль знаний по теме);

ПК – промежуточный контроль в форме устного опроса по модулю (контроль знаний по теме);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка умений и навыков).

7 График учебного процесса по дисциплине

1-й семестр

Вид работы	Распределение часов по учебным неделям																		Итого, ч
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Раздел:	В	P1								P2									
Лекции	1	3		3		3		4		2	3	2	3	2	3	2	3		34
Лабораторные работы	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
КСР									1									1	2
Изучение теоретического материала	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Модуль:	M1																		
Устный опрос									+										+
Дисциплинарный Контроль																			диф. зачёт
Итого за семестр:																			36

2-й семестр

Вид работы	Распределение часов по учебным неделям																		Итого, ч
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Раздел:	P1									P2									
Лекции	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Лабораторные работы	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
КСР	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Изучение теоретического материала	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	1	36
Модуль:	M1																		
Устный опрос																			
Дисциплинарный Контроль																			диф. зачёт
Итого за семестр:																			36

3-й семестр

Вид работы	Распределение часов по учебным неделям																		Итого, ч
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Раздел:	P2																		
Лекции	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Лабораторные работы	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
КСР	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Изучение теоретического материала	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Модуль:	M1																		
Устный опрос																			
Дисциплинарный Контроль																			+
																			(2)
Итого за семестр:																			36

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

СПИСОК ИЗДАНИЙ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1 Основная литература		
1	Седов Л.И. Механика сплошной среды. М.: Москов. Ун-т, 2004. Т.1.- 528 с.	1
2	Седов Л.И. Механика сплошной среды. М.: Москов. Ун-т, 2004. Т.2.- 560 с.	1
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Можен Ж. Механика электромагнитных сплошных сред. М.: Мир, 1991. - 560 с.	1
2	Лотов К.В. Физика сплошных сред. М.; Ижевск : Ин-т компьют. исслед., 2002 .	2
3	В.С.Зарубин, Г.Н.Кувыркин. Математические модели термомеханики. М. : Физматлит, 2002 .— 167 с.	1
2.2 Периодические издания		
1	Журнал «Прикладная механика и техническая физика»	
2	Журнал «Физика твердого тела»	
3	Журнал “Phil. Magazine”	
4	Журнал “Trans. ASME. J. Engng. Mater. Technol.”	

5	Журнал “J. Mech Phys. Solids”	
6	Журнал “Int. J. Plasticity”	
2.3 Нормативно-технические издания		
2.4 Официальные издания		
2.5 Электронные информационно-образовательные ресурсы		

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

9.1 Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1.	Лекционная мультимедийная аудитория	ИМСС, корп. А,	ауд.321	72	30
2.	Лекционная мультимедийная аудитория	ИМСС, корп. Б,	ауд.233	72	30

9.2 Основное учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Компьютеры	10	оперативное управление	220