

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

« 23 » декабря 20 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____ Теория пластичности и вязкоупругости
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: _____ 180 (5)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____ 28.03.03 Наноматериалы
(код и наименование направления)

Направленность: _____ Конструкционные наноматериалы
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – дать студентам знания, умения и навыки в области теоретических и экспериментальных методов изучения пластических и вязкоупругих свойств материалов, в том числе наноматериалов, необходимые для последующего изучения специальных инженерных дисциплин.

Задачи учебной дисциплины

- изучение основных закономерностей механического поведения изотропных и анизотропных материалов при возникновении пластических деформаций;
- изучение реологических зависимостей;
- изучение общих принципов анализа, напряженного состояния элементов конструкций;
- формирование навыков использования методов решения краевых задач.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- упругопластические свойства металлов;
- вязкоупругие свойства полимерных материалов;
- математические модели неупругого поведения материалов.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

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
ПК-1.4	ИД-1ПК-1.4	Знать теоретические и экспериментальные методы изучения пластических и вязкоупругих свойств материалов, методы и приёмы решения нелинейных краевых задач, расчета и анализа остаточных напряжений и деформаций.	Знает основные методы исследования свойств материалов и процессов их обработки и переработки, методы анализа, систематизации, представления и обобщения данных путем применения комплекса методов при решении конкретных задач, возможности инженерных программных комплексов в области оценки состояния технических объектов;	Коллоквиум

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.4	ИД-2ПК-1.4	Уметь составлять компьютерные программы расчета полей напряжений и деформаций в упругопластических и вязкоупругих телах, использовать основные приемы обработки экспериментальных данных испытаний пластических и вязкоупругих свойств материалов.	Умеет использовать методы моделирования и разработки технологических процессов формирования неоднородных наноструктурированных материалов, реализовывать алгоритмы пакетов прикладных вычислительных программ;	Отчёт по практическому занятию
ПК-1.4	ИД-3ПК-1.4	Владеть навыками анализа напряженного состояния элементов конструкций, навыками проведения исследований пластических и вязкоупругих свойств материалов и описания полученных результатов.	Владеет навыками использования методов синтеза структуры, численного моделирования, механического поведения и прогнозирования эффективных свойств конструкционных материалов;	Курсовая работа

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	68	68	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	24	24	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	42	42	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	76	76	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

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
6-й семестр				
Пластичность анизотропных материалов	13	0	24	40
Задачи теории пластичности. Диаграммы деформирования материалов. Обратимая и необратимая части деформаций, остаточные деформации и напряжения. Условные и истинные напряжения и деформации. Условный предел текучести. Эффект Баушингера. Условия начала пластического течения. Поверхности пластичности в пространстве напряжений. Условие Треска—Сен-Венана. Условия начала пластического течения. Поверхности пластичности в пространстве напряжений. Условие Хубера—Мизеса—Генки. Варианты условий пластичности для анизотропных тел. Диаграммы деформирования материалов, методы их построения и схематизация. Основные модели пластических сред. Девиаторы напряжений и деформаций. Интенсивности напряжений и деформаций. Гипотеза единой кривой. Теория малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина. Гипотезы. Определяющие соотношения. Функция пластичности Ильюшина. Понятия простого и сложного нагружений. Теорема о простом нагружении. Теоремы теории малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина. Итерационные методы решения задач теории пластичности. Метод переменных параметров упругости. Метод дополнительных напряжений. Метод дополнительных деформаций. Деформационная теория пластичности анизотропных сред Б.Е. Победри. Варианты определяющих соотношений для трансверсально изотропных и ортотропных материалов. Функции пластичности и их аргументы.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Вязкоупругость анизотропных материалов	11	0	18	36
Свойство ползучести материалов. Расчет деформаций при ползучести. Свойство релаксации. Расчет напряжений при релаксации. Структурные модели вязкоупругого поведения материалов. Уравнение Кельвина. Влияние режимов нагружения на релаксационные процессы. Описание процессов ползучести при нагружении с различной скоростью. Влияние режимов нагружения на релаксационные процессы. Описание процессов релаксации при деформировании с различной скоростью. Деформирование вязкоупругих материалов при различных температурах. Температурно-временная аналогия. Экспериментальные исследования. Уравнения теории вязкоупругости анизотропных сред в условиях сложного напряженного состояния. Расчет зависимости напряжений от времени для различных многоэтапных режимов деформирования. Расчет зависимости деформаций от времени при экспериментальных исследованиях для различных многоэтапных режимов нагружения.				
ИТОГО по 6-му семестру	24	0	42	76
ИТОГО по дисциплине	24	0	42	76

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Изучение диаграмм деформирования материалов и понятий девиаторы, инварианты тензоров напряжений и деформаций.
2	Анализ диаграмм деформирования материалов. Определение на них предела текучести, модуль упрочнения и других характеристик.
3	Расчет поверхности пластичности в пространстве напряжений. Условие Хубера-Мизеса-Генки.
4	Расчет остаточных напряжений и деформаций в стержневых системах.
5	Решение задачи упругопластического изгиба стержня.
6	Теорема о простом нагружении.
7	Сравнение методов переменных параметров упругости, дополнительных напряжений и метода дополнительных деформаций при решении практических задач.
8	Варианты определяющих соотношений для трансверсально изотропных и ортотропных материалов. Функции пластичности и их аргументы.
9	Расчет остаточных напряжений, возникших после разгрузки пластически деформированной толстостенной трубы.

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
10	Описание процессов релаксации при нагружении либо деформировании с постоянной скоростью.
11	Экспериментальное исследование и описание процессов ползучести при нагружении с различной скоростью.
12	Температурно-временная аналогия. Экспериментальные исследования и построение зависимостей.
13	Уравнения теории вязкоупругости анизотропных сред в условиях сложного напряженного состояния.
14	Расчет зависимости напряжений от времени для различных многоэтапных режимов деформирования. Приемы обработки экспериментальных данных.
15	Расчет зависимости деформаций от времени при экспериментальных исследованиях пластичных и вязкоупругих материалов для различных многоэтапных режимов нагружения.

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Расчёт напряженно-деформированного состояния при изгибе балки упругопластического материала.
2	Расчёт напряженно-деформированного состояния стержня из упругопластического материала при кручении.
3	Расчёт напряженно-деформированного состояния тонкостенной трубы под давлением.
4	Расчет процесса деформирования пучка волокон упругопластического материала при растяжении.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

<p>Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором 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 установление связей с ранее освоенным материалом.</p> <p>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.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>

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 и 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	Механика материалов. Методы и средства экспериментальных исследований / В. Э. Вильдеман [и др.]. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	36
2	Саргсян А. Е. Сопротивление материалов, теории упругости и пластичности. Основы теории с примерами расчетов : учебник для вузов / А. Е. Саргсян. - Москва: Изд-во АСВ, 1998.	20
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Зубчанинов В. Г. Основы теории упругости и пластичности : учебник для вузов / В. Г. Зубчанинов. - Москва: Высш. шк., 1990.	9
2	Ивлев Д.Д. Теория упрочняющегося пластического тела / Д.Д. Ивлев, Г.И. Быковцев. - М.: Наука, Физматлит, 1971.	2
3	Икрин В.А. Сопротивление материалов с элементами теории упругости и пластичности : Учеб. для вузов / В.А.Икрин. - М.: Изд-во АСВ, 2005.	5
4	Клюшников В. Д. Физико-математические основы прочности и пластичности (элементы теории определяющих соотношений) : учебное пособие для вузов / В. Д. Клюшников. - М.: Изд-во МГУ, 1994.	10
5	Кожаринова Л. В. Основы теории упругости и пластичности : учебное пособие для вузов / Л. В. Кожаринова. - Москва: Изд-во АСВ, 2010.	9
6	Малинин Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести : учебное пособие для вузов / Н. Н. Малинин. - Москва: Машиностроение, 1968.	17
7	Методы прикладной вязкоупругости / А. А. Адамов [и др.]. - Екатеринбург: УрО РАН, 2003.	39
8	Москвитин В. В. Сопротивление вязко - упругих материалов (применительно к зарядам ракетных двигателей на твердом топливе) / В. В. Москвитин. - М.: Наука, Физматлит, 1972.	10

9	Писаренко Г. С. Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести : справочное пособие / Г.С. Писаренко, Н.С. Можаровский. - Киев: Наук. думка, 1981.	6
10	Победря Б. Е. Численные методы в теории упругости и пластичности : учебное пособие для вузов / Б. Е. Победря. - Москва: Изд-во МГУ, 1981.	8
11	Теребушко О. И. Основы теории упругости и пластичности : учебное пособие для вузов / О. И. Теребушко. - Москва: Наука, 1984.	17
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
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)
Дополнительная литература	Теребушко О. И. Основы теории упругости и пластичности : учебное пособие для вузов / О. И. Теребушко. - Москва: Наука, 1984.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3039	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Механика материалов. Методы и средства экспериментальных исследований / В. Э. Вильдеман [и др.]. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3324	локальная сеть; свободный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.02.2022)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Microsoft Office Visio Professional 2016 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.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/
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	https://техэксперт.сайт/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Компьютер	12
Лекция	Ноутбук	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Сервогидравлическая двухосевая испытательная система Instron 8850 (100 кН/1000 Нм)	1
Практическое занятие	Система универсальная сервогидравлическая Instron 8801 (100 кН)	1
Практическое занятие	Электродинамическая испытательная система Instron ElectroPuls E10000	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе