

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

« 18 » декабря 20 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____ Теория упругости
(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

Целью дисциплины является приобретение знаний об основах теории упругости анизотропных материалов как части механики деформируемого твердого тела, приобретений умений и навыков описания напряженно-деформированного состояния упругих тел, определения значений упругих констант материалов; построения кинематических полей деформаций и напряжений при расчете конструкций.

Задачи дисциплины:

- изучение основных закономерностей механического поведения упругих материалов при температурно-силовых воздействиях, общих принципов построения моделей механики материалов и постановок краевых задач для трехмерных тел из упругих материалов;
- формирование умения применять теорию малых деформаций и теорию напряжений Коши для описания напряженно-деформированного состояния упругих тел, устанавливать конкретный вид определяющих соотношений упругости для частных случаев свойств материалов, делать постановки краевых задач упругости материалов с граничными условиями основных типов;
- формирование навыков вычисления удлинений линейных элементов и углов между ними, а также других характеристик напряженно-деформированного состояния в точке (векторов напряжений, главных линейных деформаций, главных нормальных напряжений, инвариантов тензоров деформаций и напряжений); определения значений упругих констант материалов.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- упругие свойства материалов;
- параметры внутреннего состояния материалов;
- математические модели упругого поведения материалов и тел.

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
-------------	-------------------	---	--	-----------------

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 физический и математический смысл величин, описывающих внутреннее макроскопическое состояние деформируемых материалов, и основные соотношения, устанавливающие взаимосвязи между этими величинами; основные уравнения упругости материалов для перемещений, деформаций и напряжений и основные типы граничных условий; формы записи (тензорная и цифровая, развернутая и сокращенная, с использованием компонент тензора модулей упругости и технических постоянных) определяющих уравнений упругости для общего и частных случаев свойств материалов.	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;	Отчёт по практическом у занятию
ПК-1.4	ИД-2ПК-1.4	Уметь применять теорию малых деформаций и теорию напряжений Коши для описания напряженно-деформированного состояния упругих тел; определять технические постоянные упругости анизотропных материалов по результатам установочных экспериментов на образцах; устанавливать конкретный вид определяющих соотношений упругости для частных случаев свойств материалов, делать постановки краевых задач с	Умеет использовать методы моделирования и разработки технологических процессов формирования неоднородных наноструктурированных материалов, реализовывать алгоритмы пакетов прикладных вычислительных программам;	Отчёт по практическом у занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		граничными условиями основных типов.		
ПК-1.4	ИД-3ПК-1.4	Владеть навыками вычисления удлинений линейных элементов и углов между ними, а также других характеристик напряженно-деформированного состояния в точке; навыками определения значений упругих констант материалов; навыками построения кинематических допустимых полей деформаций и статически допустимых полей напряжений.	Владеет навыками использования методов синтеза структуры, численного моделирования, механического поведения и прогнозирования эффективных свойств конструкционных материалов;	Контрольная работа

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		5
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	62	62
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:		
- лекции (Л)	22	22
- лабораторные работы (ЛР)		
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	36
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
- контрольная работа		
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	82	82
2. Промежуточная аттестация		
Экзамен	36	36
Дифференцированный зачет		
Зачет		
Курсовой проект (КП)		
Курсовая работа (КР)		
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
5-й семестр				
Основные понятия и гипотезы упругости анизотропных материалов. Теория деформаций.	7	0	10	21
Введение. Основные определения и терминология, цель, задачи и основные разделы лекционного курса, другие формы занятий. История развития теории упругости. Математические основы МДТТ. Тензорный анализ: свободные индексы, скалярное произведение, операции дифференцирования, градиент. Метрика пространства и меры деформаций. Линейные элементы и углы между ними. Тензоры малых деформаций и малых вращений. Геометрические соотношения Коши. Основные уравнения теории деформаций. Уравнения совместности деформаций. Вычисление перемещений по заданному полю деформаций, формула Чезаро.				
Основные понятия и гипотезы упругости анизотропных материалов. Теория напряжений.	8	0	10	22
Принцип напряжений. Вектор напряжений. Тензор напряжений. Вычисление векторов напряжений на произвольной площадке по заданному тензору напряжений. Уравнения равновесия. Уравнения равновесия в напряжениях. Условия равновесия в напряжениях на границе. Статически допустимые поля напряжений. Главные напряжения и главные направления. Разложение тензора напряжений на шаровую часть и девиатор.				
Теория определяющих соотношений. Обобщенный закон Гука.	4	0	10	21
Общие положения теории определяющих соотношений. Тензоры модулей упругости и упругих податливостей. Упругий потенциал. Физическая, технологическая и деформационная анизотропия упругих свойств. Обобщенный закон Гука. Упругие свойства конструкционных материалов и композитов. Частные случаи анизотропии упругих свойств. Технические постоянные упругости. Энергетические принципы в теории упругости. Упругое поведение материалов. Энергия деформации и упругий потенциал. Термодинамические соотношения. Плоское деформированное и плоское напряженное состояния.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Краевые задачи упругости анизотропных материалов.	3	0	6	18
Полная система уравнений упругости анизотропных материалов. Уравнения равновесия в напряжениях и перемещениях. Геометрические и определяющие соотношения. Типы граничных условий. Работа внешних сил. Типы краевых задач упругости анизотропных материалов. Краевые задачи упругости анизотропных материалов в перемещениях и напряжениях. Теорема Клапейрона. Теорема об единственности решения краевых задач упругости анизотропных материалов.				
ИТОГО по 5-му семестру	22	0	36	82
ИТОГО по дисциплине	22	0	36	82

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Тензорный анализ.
2	Вычисление удлинений линейных элементов и углов между ними при Лагранжевом подходе.
3	Вычисление тензора Лагранжа-Грина по полю перемещений.
4	Тензор деформаций Коши. Геометрические соотношения Коши.
5	Вычисление перемещения по заданному полю деформаций.
6	Вектор напряжений и его составляющие. Вектор напряжений на произвольной площадке. Поверхность напряжений Коши.
7	Главные напряжения и главные направления. Инварианты тензора напряжений.
8	Разложение тензора напряжений на шаровую часть и девиатор.
9	Симметрия упругих свойств анизотропных материалов.
10	Круговые диаграммы Мора
11	Плоская задача. Задача Ламе.
12	Расчет балки-стенки (тонкая пластина). Построение эпюр напряжений и деформаций.
13	Концентрация напряжений на отверстиях круговой формы в пластине. Задача Кирша.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

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.

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 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	Демидов С. П. Теория упругости : учебник для вузов / С. П. Демидов. - Москва: Высш. шк., 1979.	33
2	Механика материалов. Методы и средства экспериментальных исследований / В. Э. Вильдеман [и др.]. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	36
3	Тимошенко С. П. История науки о сопротивлении материалов. С краткими сведениями из истории теории упругости и теории сооружений : пер. с англ. / С. П. Тимошенко. - М.: УРСС, 2006.	25
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Амензаде Ю. А. Теория упругости : учебник для вузов / Ю. А. Амензаде. - Москва: Высш. шк., 1971.	8

2	Композиционные материалы : справочник / В. В. Васильев [и др.]. - Москва: Машиностроение, 1990.	48
3	Контактные задачи теории упругости для неоднородных сред / С.М. Айзикович [и др.]. - М.: Физматлит, 2006.	3
4	Ломакин В. А. Теория упругости неоднородных тел : учебное пособие / В. А. Ломакин. - Москва: Ленанд, УРСС, 2014.	7
5	Новацкий В. Теория упругости : пер. с польск. / В. Новацкий. - Москва: Мир, 1975.	5
6	Победря Б. Е. Численные методы в теории упругости и пластичности : учебное пособие для вузов / Б. Е. Победря. - Москва: Изд-во МГУ, 1981.	8
7	Победря Б.Е. Лекции по теории упругости / Б.Е.Победря,Д.В.Георгиевский. - М.: Эдиториал УРСС, 1999.	1
8	Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела : учебное пособие / Ю. Н. Работнов. - Москва: Наука, Физматлит, 1988.	46
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	Ломакин В. А. Теория упругости неоднородных тел : учебное пособие для вузов / В. А. Ломакин. - Москва: Изд-во МГУ, 1976.	http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib2993	локальная сеть; авторизованный 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)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

Вид ПО	Наименование ПО
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 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 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
Лекция	Ноутбук	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютер	12

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
