

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 14 » декабря 20 21 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____ Аналитические методы решения задач теории упругости
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: _____ 288 (8)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____ 15.03.03 Прикладная механика
(код и наименование направления)

Направленность: _____ Прикладная механика (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Дать представление об основных задачах теории упругости и методах их решения. Отработать со студентами навыки применения систем компьютерной алгебры и пакетов прикладной математики для выполнения необходимых аналитических выкладок и численного решения уравнений, возникающих в задачах теории упругости.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Основные уравнения теории упругости и их специализации (плоские напряженное и деформированное состояния, задача кручения), постановки задач в перемещениях и напряжениях, методы решения плоских и пространственных задач теории упругости, контактные задачи теории упругости, фундаментальное решение и мультипольное разложение локального упругого состояния, использование интегральных преобразований для решения задач теории упругости.

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-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает основные задачи теории упругости и их специализации	Знает основные разделы математики, механики деформируемых тел, теории колебаний; современные методы проведения расчетов напряженно-деформированного состояния конструкций, численные методы моделирования, включая метод конечных элементов;	Экзамен

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-2ПК-1.1	Умеет корректно ставить задачи теории упругости, принимать упрощающие гипотезы, выбирать необходимые формулировки (в напряжениях, перемещениях, сингулярные) для решения прикладных проблем	Умеет применять специальные методики расчета параметров нагружения; применять специальные методики расчета конструкций на прочность, устойчивость и жесткость; применять современные системы автоматизированного проектирования (САПР), в том числе: пакеты прикладных программ конечно-элементного анализа, пакеты программ для создания электронных геометрических моделей; читать проектную конструкторскую и нормативную документацию	Зачет
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками решения задач теории упругости, в том числе навыками применения систем компьютерной алгебры и пакетов прикладных программ для решения задач	Владеет навыками разработки статических и динамических моделей; применения современных методов, средств и стандартов, прикладных комплексов программ используемых при проектировании.	Курсовая работа

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	7
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	108	54	54
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	36	18	18
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	68	34	34
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	144	54	90
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36		36
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	288	108	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				
Анизотропные материалы.	2	0	4	10
1. Иерархия типов анизотропии. 2. Определение типа анизотропии материала по его структуре. 3. Идентификация упругих констант анизотропного материала по результатам эксперимента.				
Уравнения теории упругости в криволинейных координатах.	2	0	4	6
4. Цилиндрическая и сферическая системы координат. 5. Задача нагружении толстостенной трубы давлением на внутренней поверхности. Задача о нагружении шарового слоя давлением на внутренней поверхности.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Термоупругие и остаточные напряжения.	4	0	6	10
6. Моделирование термоупругих и остаточных напряжений в рамках линейной теории упругости. 7. Остаточные напряжения в пластинке со слоем пластических деформаций.				
Кручение стержней.	2	0	6	10
8. Кручение стержня произвольного сечения.				
Задача о трещине.	4	0	6	8
9. Асимптотика полей напряжений в окрестности углового выреза и щели, 3 моды трещины.				
Плоская задача теории упругости.	4	0	8	10
10. Решение плоской задачи теории упругости методом Мусхелишвили (конформного отображения). 11. Задача о круговом вырезе, задача об эллиптическом вырезе.				
ИТОГО по 6-му семестру	18	0	34	54
7-й семестр				
Фундаментальное решение для бесконечного тела.	2	0	4	12
12. Задача о приложении точечного усилия в бесконечном теле.				
Система близкорасположенных усилий в бесконечном теле.	2	0	4	12
13. Формулы Лауричелла для полей напряжений и перемещений при приложении системы близкорасположенных усилий в бесконечном теле.				
Упругое полупространство.	4	0	6	20
14. Приложение точечного усилия на границе упругого полупространства. 15. Приложение точечного усилия внутри упругого полупространства.				
Задача об эллипсоидальном включении (задача Эшелби).	4	0	8	20
16. Поле напряжений внутри эллипсоидального включения в однородно нагруженном бесконечном пространстве.				
Контактная задача теории упругости.	6	0	12	26
17. Интегральные преобразования уравнений теории упругости. 18. Контактная задача теории упругости.				
ИТОГО по 7-му семестру	18	0	34	90
ИТОГО по дисциплине	36	0	68	144

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Повторение материала курса теории упругости. Полная система полевых уравнений линейно упругого тела и граничные условия, их физический смысл.
2	Определение типа анизотропии материала по его структуре.
3	Определение упругих констант анизотропного материала по результатам эксперимента.
4	Задача о нагружении толстостенной трубы давлением на внутренней поверхности.
5	Задача о нагружении сферического слоя давлением на внутренней поверхности.
6	Поле остаточных напряжений вызываемое заданным несовместным полем неупругих деформаций в рамках линейной теории упругости.
7	Термоупругие напряжения в толстостенной трубе.
8	Задача на определение прогиба и распределение напряжений в пластинке вызванных заданным слоем пластических деформаций.
9	Задача о кручении стержня. Кручение стержня круглого сечения.
10	Кручение стержня произвольного сечения.
11	Задача об асимптотике распределения напряжений в окрестности вершины трещины и углового выреза. I и II моды трещины.
12	III мода трещины.
13	Постановка плоской задачи теории упругости. Бигармоническая задача, граничные условия. Метод конформного отображения.
14	Плоская задача о круговом вырезе.
15	Плоская задача об эллиптическом вырезе.
16	Поля напряжений и перемещений при приложении точечного усилия в бесконечном теле. Фундаментальное решение, тензор Кельвина-Сомильяны.
17	Поля напряжений и перемещений при приложении системы близкорасположенных усилий в бесконечном теле. Формулы Лауричелла.
18	Поля напряжений и перемещений при приложении точечного усилия на границе упругого полупространства.
19	Поля напряжений и перемещений при приложении точечного усилия внутри упругого полупространства.
20	Постановка задачи теории упругости при наличии включения.
21	Задача об эллипсоидальном включении.
22	Интегральные преобразования.
23	Задача о вдавливании жёсткого штампа в упругую полуплоскость.
24	Контрольные занятия.

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
--------	---

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Определение толщины слоя остаточных напряжений в пластине по её прогибу и значению напряжений на поверхности.
2	Определение КИН в вершинах щелей в плоской задаче теории упругости.
3	Упругая раздача неоднородной анизотропной толстостенной трубы.

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>Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.</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

<p>При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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, лабораторным работам 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

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Горшков А.Г., Старовойтов Э.И., Тарлаковский Д.В. Теория упругости и пластичности : учебник для вузов. М. : Физматлит, 2002. 415 с.	54
2	Демидов С. П. Теория упругости : учебник для вузов. Москва : Высш. шк., 1979. 432 с.	33
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Лурье А.И. Теория упругости. Москва : Наука : Гл. ред. физ.-мат. лит., 1970. 939 с.	3
2	Новацкий В. Теория упругости : пер. с польск. Москва : Мир, 1975. 872 с.	4
2.2. Периодические издания		
1	Известия Российской академии наук. Механика твердого тела : научный журнал. Москва : Наука, 1966 - .	
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	Демидов С. П. Теория упругости : учебник для вузов. Москва : Высш. шк., 1979. 432 с.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6397	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)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Mathematica Professional Version (лиц. L3263-7820*)

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/
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/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Мультимедийный компьютерный класс 212 корпус Г: Программно-аппаратный комплекс для организации удаленного доступа к вычислительным ресурсам и ПО QForm высокопроизводительного вычислительного комплекса ПГТУ для реализации образовательных программ по ПНР НИУ (Инв.№ 0485074) в составе Системный блок Aquarius Elt E50 S67, Intel DQ57TML, Intel Core i7-860, Samsung DDR III SDRAM PC3-10600, HDD 750 Gb SATA-II 300 Western Digital, DVD+/-RW Samsung SH-S223C, PCI-512M ATI Radeon HD5670 GDDR3 VGA+DVI+HDMI, Мышь Aquarius Mouse Optical 2 key Scroll, Клавиатура Aquarius Keyboard 104r/l, Монитор Samsung P2350(KUV) - 11 шт, Проектор Beng Projector BP6210 (Инв.№ 0453251), Киноэкран, Доска аудиторная	1
Лекция	Мультимедийная учебная аудитория 205 корпус Г: Мультимедиа комплекс (Инв.№ 0483179) Доска аудиторная (Инв.№ 0641017) Ноутбук Toshiba Satellite A200-1HV (Инв.№ 0474274)	1

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Практическое занятие	<p>Мультимедийный компьютерный класс 212 корпус Г: Программно-аппаратный комплекс для организации удаленного доступа к вычислительным ресурсам и ПО QForm высокопроизводительного вычислительного комплекса ПГТУ для реализации образовательных программ по ПНР НИУ (Инв.№ 0485074) в составе Системный блок Aquarius Elt E50 S67, Intel DQ57TML, Intel Core i7-860, Samsung DDR III SDRAM PC3-10600, HDD 750 Gb SATA-II 300 Western Digital, DVD+/-RW Samsung SH-S223C, PCI-512M ATI Radeon HD5670 GDDR3 VGA+DVI+HDMI, Мышь Aquarius Mouse Optical 2 key Scroll, Клавиатура Aquarius Keyboard 104r/l, Монитор Samsung P2350(KUV) - 11 шт, Проектор Beng Projector BP6210 (Инв.№ 0453251), Киноэкран, Доска аудиторная</p>	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе