

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 И.Ю.Черникова

« 15 » июля 20 25 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"> <li>1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.</li> <li>2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.</li> <li>3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.</li> <li>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.</li> </ol>
---

## 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
<b>1. Основная литература</b>		
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
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
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
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Известия Российской академии наук. Механика твердого тела : научный журнал. Москва : Наука, 1966 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	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.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6397">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6397</a>	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 27.03.2022 )
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	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="https://elib.pstu.ru/">https://elib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRsmart	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	локальная сеть

#### 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