

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Факультет математики и информационных технологий
Кафедра теории упругости и вычислительной математики
имени академика А.С. Космодамианского



УТВЕРЖДАЮ

проректор

П.А. Машаров

« 29 » марта 2024 г.

МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ СРЕД С УСЛОЖНЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ

Укрупненная группа направлений
подготовки

Программа высшего образования
Направление подготовки

Профиль подготовки

Квалификация

Форма обучения

01.00.00 Математика и механика

Программа бакалавриата

01.03.02 Прикладная математика и
информатика

Прикладная математика и информатика

Бакалавр

Очная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «**Математические модели деформирования сред с усложненными свойствами**» для обучающихся по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (Профиль: Прикладная математика и информатика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 января 2018 г. № 9 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 г.

Разработчик:

профессор кафедры теории упругости
и вычислительной математики
им. акад. А.С.Космодамианского
д-р физ.-мат. наук, профессор



С.А. Калоеров

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики им. акад. А.С. Космодамианского.
Протокол от 26.03.2024 г. № 10

Врио заведующего кафедрой



Р.Н. Нескородев

СОГЛАСОВАНО:

Декан факультета математики и
информационных технологий
28.03.2024 г.



И.А. Моисеенко

Учебно-методическая комиссия факультета математики и информационных технологий.
Протокол от 27.03.2024 г. № 3.
Председатель



Л. И. Селякова

Руководитель основной профессиональной
образовательной программы,
д-р физ.-мат. наук, доцент
26.03.2024 г.



Р.Н. Нескородев

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

дисциплины программы бакалавриата:

Математический анализ, Дифференциальные уравнения, Уравнения математической физики, Комплексный анализ, Численные методы, Математические модели и методы теории упругости.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Модели вязкого и хрупкого разрушения; выполнение и защита выпускных квалификационных работ; производственная практика: преддипломная практика.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	01.03.02 Прикладная математика и информатика (Профиль: Прикладная математика и информатика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ДВ.1 Математические модели деформирования сред с усложненными свойствами
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор обучающегося
Количество зачетных единиц / всего часов	4 / 144

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	4	7	34	34	—	76	144	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение основ классической математической теории упругости анизотропного тела и теории изгиба тонких плит, подходов к абстрагированию при изучении реальных процессов, моделей деформируемой среды, методов постановки и решения краевых задач при использовании различных моделей, методов численной реализации решений на современных ЭВМ.

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

4.1. Компетенции

ПК-7. Способен проводить исследования и получать научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.

4.2. Индикаторы компетенций

ПК-7.4. Применяет математические модели и методы деформирования сред с усложненными свойствами для проведения научных исследований и получения новых научных и прикладных результатов самостоятельно и в составе научного коллектива.

4.3. Результаты обучения

ПК-7.4.1. Знает определения и утверждения, математические модели и методы деформирования сред с усложненными свойствами для проведения научных исследований и получения новых научных и прикладных результатов самостоятельно и в составе научного коллектива.

ПК-7.4.2. Умеет выбирать и использовать математические модели и методы деформирования сред с усложненными свойствами для проведения научных исследований и получения новых научных и прикладных результатов самостоятельно и в составе научного коллектива.

ПК-7.4.3. Аргументированно выбирает математические модели и методы деформирования сред с усложненными свойствами для проведения научных исследований и получения новых научных и прикладных результатов самостоятельно и в составе научного коллектива.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Плоская задача теории упругости анизотропного тела	
Основные соотношения плоской задачи теории упругости анизотропного тела	Плоская деформация и обобщенное плоское напряженное состояние пластинки; систем дифференциальных уравнений и краевые условия. Функция напряжений Эйри, дифференциальное уравнение и граничные условия для ее определения.
Комплексные потенциалы плоской задачи	Решение дифференциального уравнения плоской задачи с помощью комплексных потенциалов; выражения для напряжений и перемещений; граничные условия для определения комплексных потенциалов; дифференциальная форма граничных условий. Общий вид комплексных потенциалов для конечной и бесконечной многосвязной области
Решение плоских задач методом рядов	Решение первой и второй основных задач для анизотропной пластинки с эллиптическим (круговым) отверстием или жестким включением. Понятие коэффициентов интенсивности напряжений и их вычисление для пластинки с одной трещиной или включением. Схема решения задачи для пластинки с упругим ядром. Схема решения задачи теории упругости для пластинки с двумя эллиптическими отверстиями (с использованием разложений в ряды Фурье).
Обобщенный метод наименьших квадратов и его приложение к решению плоских задач	Решение задачи для пластинки с рядом эллиптических отверстий, построение конформных отображений, разложения функций в ряды Лорана, дифференциальная форма граничных условий, удовлетворение граничным условиям обобщенным методом наименьших квадратов
Решение плоских задач методом	Решение задачи о действии сосредоточенных сил в пластинке с эллиптическим отверстием. Общие выражения для комплексных

интегралов типа Коши	потенциалов в случае сплошной полуплоскости. Решение задачи Фламанна. Решение задачи для полуплоскости с эллиптическим отверстием в случае растяжения на бесконечности. Решение задачи о действии сосредоточенных сил в полуплоскости с эллиптическим отверстием.
Раздел 2. Теория изгиба тонких анизотропных плит	
Краевая задача изгиба тонких анизотропных плит	Гипотезы Кирхгоффа, сведение задачи изгиба тонкой плиты к решению дифференциального уравнения, краевые условия
Комплексные потенциалы теории изгиба плит	Решение дифференциального уравнения задачи изгиба тонких плит с помощью комплексных потенциалов; выражения для моментов и поперечных сил; граничные условия для определения комплексных потенциалов; дифференциальная форма граничных условий. Общий вид комплексных потенциалов для конечной и бесконечной многосвязной области
Решение задач изгиба тонких плит методом рядов	Решение методом рядов задачи об изгибе тонкой эллиптической плиты и бесконечной плиты с эллиптическим отверстием
Решение задач об изгибе плит обобщенным методом наименьших квадратов	Дифференциальная форма граничных условий. Общий вид комплексных потенциалов для многосвязной плиты с эллиптическими контурами. Решение задачи об изгибе плиты обобщенным методом наименьших квадратов

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 7

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лек.	Лаб.	Прак.	СРС+ Контроль	Всего
Раздел 1. Плоская задача теории упругости анизотропного тела	24	26	—	58	108
Основные соотношения плоской задачи теории упругости анизотропного тела, функция напряжений Эри	4	4	—	10	18
Комплексные потенциалы плоской задачи	4	2	—	10	16
Решение плоских задач методом рядов	6	8	—	18	32
Обобщенный метод наименьших квадратов и его приложение к решению плоских задач	6	6	—	10	22
Решение плоских задач методом интегралов типа Коши	4	6	—	10	20
Раздел 2. Теория изгиба тонких анизотропных плит	10	8	—	18	36
Краевая задача изгиба тонких анизотропных плит	4	4	—	8	16
Комплексные потенциалы теории изгиба	4	2	—	6	12

плит					
Решение задач изгиба тонких плит методом рядов	2	2	—	4	8
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	34	34	—	76	144

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1. Плоская задача теории упругости анизотропного тела

1. Понятие плоской задачи теории упругости анизотропного тела.
2. Система дифференциальных уравнений плоской задачи.
3. Функции напряжений, дифференциальное уравнение и граничные условия для ее определения.
4. Характеристическое уравнение плоской задачи теории упругости анизотропного тела
5. Комплексные потенциалы, выражения через них напряжений и перемещений
6. Граничные условия для определения комплексных потенциалов.
7. Общий вид комплексных потенциалов для многосвязной области.
8. Вид комплексных потенциалов задачи для с конечным числом эллиптических отверстий.

Раздел 2. Теория изгиба тонких анизотропных плит

9. Гипотезы Кирхгоффа в теории изгиба тонких плит.
10. Дифференциальное уравнение для определения прогиба плиты, граничные условия.
11. Комплексные потенциалы теории изгиба тонких анизотропных плит, выражения через них основных характеристик и граничные условия для их определения
12. Решение частных задач об изгибе плиты методом рядов.
13. Решение частных задач об изгибе плиты обобщенным методом наименьших квадратов.

Теоретические вопросы к экзамену

1. Плоская деформация и обобщенное плоское напряженное состояние пластинки, запись основной системы уравнений теории трехмерной теории упругости для этих случаев.
2. Функция напряжений плоской задачи, дифференциальное уравнение и граничные условия для ее определения.
3. Комплексные потенциалы плоской задачи теории упругости анизотропного тела. Выражения для напряжений и перемещений. Граничные условия для определения комплексных потенциалов.
4. Общий вид комплексных потенциалов для конечной и бесконечной многосвязной области
5. Решение первой и второй основных задач для анизотропной пластинки с эллиптическим (круговым) отверстием или жестким включением.
6. Схема решения задачи теории упругости для пластинки с двумя эллиптическими отверстиями (разложения в ряды Фурье). Схема решения задачи для пластинки с упругим ядром

7. Решение обобщенным методом наименьших квадратов задачи для пластинки с рядом эллиптических отверстий, Составление схемы программы численной реализации алгоритма.

8. Решение задачи о действии сосредоточенных сил в пластинке с эллиптическим отверстием.

9. Общие выражения для комплексных потенциалов в случае полуплоскости. Решение задачи для полуплоскости с эллиптическим отверстием в случае растяжения на бесконечности.

10. Краевая задача изгиба тонкой плиты, уравнение для определения прогиба и граничные условия решения уравнения.

11. Комплексные потенциалы теории изгиба тонких анизотропных плит, выражения через них основных характеристик, граничные условия для определения комплексных потенциалов.

12. Общий вид комплексных потенциалов для конечной и бесконечной многосвязной плиты

13. Решение первой и второй основных задач для анизотропной плиты с эллиптическим (круговым) отверстием или жестким включением.

14. Решение обобщенным методом наименьших квадратов задачи для плиты с рядом эллиптических отверстий,

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

Контрольные работы по практике:

- общие представления комплексных потенциалов плоской задачи теории упругости анизотропного тела;
- решение задачи о растяжении бесконечной анизотропной пластинки с эллиптическим отверстием методом рядов.
- решение задачи о растяжении бесконечной пластинки с эллиптическим упругим включением.

Модульная контрольная работа

1 Комплексные потенциалы теории изгиба тонких плит, граничные условия для их определения

2 Решение задачи для бесконечной плиты с одним эллиптическим отверстием.

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

7.3. Темы индивидуальных заданий

- решение задачи о растяжении бесконечной анизотропной пластинки с эллиптическим отверстием методом интегралов типа Коши;
- решение методом интегралов типа Коши задачи о действии равномерного давления по контуру эллиптического отверстия в бесконечной пластинке.

Организация самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа имеет особенное значение для креативного (творческого) усвоения основных понятий и категорий основы научной работы обучающихся. Самостоятельная работа обучающегося является важной формой учебного процесса, которая позволяет приобрести, а также закрепить новые знания, навыки и умения, сформировать личные убеждения, использовать полученные знания и умения в практической деятельности. Она осуществляется на протяжении всего процесса обучения и имеет следующие стадии:

1. Первичное ознакомление с теоретическим материалом и составление конспекта;

2. Изучение и усвоение теоретического материала;
3. Самостоятельная проработка литературных источников и обобщение изученного материала;
4. Подготовка к практическим (лабораторным) занятиям;
5. Выполнение практических заданий;
6. Индивидуальная работа по заданию преподавателя.

Контрольными формами самостоятельной работы по дисциплине могут быть следующие: работа с литературными первоисточниками по темам дисциплины; выполнение практических заданий, подготовка докладов, тезисов, научных статей.

7.4. Темы докладов (рефератов)

- интегралы типа Коши и их использование для решения задачи о действии сосредоточенной силы в точке контура эллиптического отверстия в бесконечной пластинке;
- решение задачи обобщенным методом наименьших квадратов для бесконечной пластинки с 2 эллиптическими отверстиями.

7.5. Образец содержания экзаменационного билета

Экзаменационный билет № *

1. Граничные условия для определения комплексных потенциалов плоской задачи теории упругости анизотропного тела при заданных на контуре внешних усилиях (вывод формул).
2. Решение методом рядов задачи для бесконечной пластинки с эллиптическим отверстием.

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и лабораторных занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Экзамен оценивается в 100 баллов, при этом 80 баллов составляет оценка непосредственно на экзамене и 20 баллов (20% от 100 баллов) от набранных баллов в семестре.

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-2	Организационно-учебная работа студента в аудитории	5
	Самостоятельная работа и лабораторные работы	70
	Модульная контрольная работа	25
ИТОГО		100
Экзамен		100
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале
		Экзамен
90-100	A	отлично
80-89	B	хорошо
75-79	C	
70-74	D	удовлетворительно
60-69	E	
35-59	FX	неудовлетворительно
0-34	F	

9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
 - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа;
 - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
 - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - письменные задания выполняются на компьютере;
 - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - в печатной форме увеличенным шрифтом;
 - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - в печатной форме;

- в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в Главном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Гурова, 6), в Учебно-практическом вычислительном центре ДонГУ (г. Донецк, пр. Гурова, 6, корпус 12).

Для проведения лекций требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской / сенсорным экраном / мультимедийный проектор с экраном и ноутбуком, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя.

Для проведения практических занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской / сенсорным экраном / мультимедийный проектор с экраном и ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя.

Для проведения лабораторных занятий требуется аудитория, оборудованная маркерной доской или сенсорным экраном / мультимедийный проектор с экраном и ноутбук, персональные компьютеры, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в аудиториях Главного корпуса (ауд. 511, 605, 610).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

11.1. Основная литература

1. Калоеров С. А. Концентрация напряжений в многосвязных анизотропных пластинках. Рукопись монографии
2. Лехницкий, С. Г. Теория упругости анизотропного тела / С. Г. Лехницкий. – 2-е изд. – М. : Наука, 1977. – 416 с.
3. Космодамианский, А. С. Напряженное состояние анизотропных сред с отверстиями или полостями : [Учеб. пособие для ун-тов и техн. вузов] / А. С. Космодамианский. – К. : Вища шк. ; Донецк, 1976. – 200 с.

11.2. Дополнительная литература

4. Лехницкий, С. Г. Анизотропные пластинки / С. Г. Лехницкий. – 2-е изд. – М. : Наука, 1957. – 416 с.
5. Мухелишвили, Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. / Н. И. Мухелишвили. – 5-е изд. – Москва : Наука, 1966. – 708 с. Изд. 4-е. – М. : Изд-во АН СССР, 1954. – 647 с.
6. Калоеров С. А., Авдюшина Е. В., Мироненко А. Б. Концентрация напряжений в многосвязных изотропных пластинках. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2013. – 440 с.

7. Калоеров С.А., Горянская Е.С. Двумерное напряженное состояние многосвязного анизотропного тела с полостями и трещинами // Теорет. и прикладная механика.– 1995.– Вып.25.– С.45–56.

8. Калоеров С.А., Космодамианский А.С., Горянская Е.С. Плоская задача теории упругости анизотропного тела / Механика композитов: В 12 т. Т.7. Концентрация напряжений.– К.: А. С. К, 1998.– С.27–50.

12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. Самуль В.И. Основы теории упругости и пластичности. – Изд. 2 перераб. – М. Высшая школа, 1982.– 264 с. – URL: <https://dwg.ru/dnl/7463> (дата обращения: 11.01.2024). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.

2. Курс по физике. – URL: http://www.ph4s.ru/book_uprugost.html (дата обращения: 11.01.2024). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.

3. Литература по механике деформируемого твердого тела. – URL: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/solid.htm> (дата обращения: 11.01.2024). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.

4. Научная электронная библиотека elibrary.ru : информ.-аналит. портал / ООО Научная электронная библиотека. – Москва : ООО Науч. электрон. б-ка, сор. 2000–2022. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.01.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

5. Электронный каталог Научной библиотеки Донецкого государственного университета. – Донецк : НБ ДонГУ, 1999– . – URL: <http://catalog.donnu.education> (дата обращения: 01.01.2023). – Текст : электронный;

6. Техническая библиотека URL: <http://techlibrary.ru/> (дата обращения: 31.03.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный;

7. Научные журналы ФГБОУ ВО «ДонГУ» URL: <http://donnu.ru/science/journals> (дата обращения: 31.03.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.

13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДОННУ № 46484614);
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДОННУ лицензия № 46472919);
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы DreamSpark для высших учебных заведений);