

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



П.А. Машаров

« 29 » марта 2024 г.

МП

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ГЕОМЕХАНИКИ

Укрупненная группа направлений подготовки	01.00.00 Математика и механика
Программа высшего образования	Программа магистратуры
Направление подготовки	01.04.02 Прикладная математика и информатика
Магистерская программа	Прикладная математика и информатика
Квалификация	Магистр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа адаптирована для лиц  
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «**Математические модели геомеханики**» для обучающихся по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика (Магистерская программа: Прикладная математика и информатика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 января 2018 г. № 13 (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 года.

Разработчик:

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

  
Р.Н. Нескородев

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: Численные методы, Комплексный анализ, Уравнения математической физики, Математические модели и методы теории упругости;  
 дисциплины программы магистратуры: Современные проблемы прикладной математики и информатики, Методология и методы научных исследований.
- 1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Нелинейные модели теории деформирования, Производственная практика: научно-исследовательская работа (обязательная), Производственная практика: преддипломная практика (обязательная).

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	01.04.02 Прикладная математика и информатика (Магистерская программа: Прикладная математика и информатика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ДВ.2 Математические модели геомеханики
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	2	3	17	34	–	93	144	экзамен

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование у студентов приемов организации численного моделирования для проведения исследования напряженно-деформированного состояния анизотропных горных пород в нетронутом массиве и вблизи протяженных выработок (штреков, квершлагов), находящихся под воздействием сил гравитации с использованием современных математических моделей, описывающих механическое поведение этих пород.

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

### 4.1. Компетенции

ПК-2. Способен разрабатывать и руководить процессом разработки и проектирования программного обеспечения для решения задач профессиональной деятельности.

ПК-4. Способен самостоятельно проводить научные исследования или руководить коллективом с целью получения новых научных и/или прикладных результатов, применяя современные математические модели и методы, прикладное программное обеспечение.

#### 4.2. Индикаторы компетенций

ПК-2.5. Разрабатывает и исследует полученные математические модели конкретных задач в области профессиональной деятельности.

ПК-4.4. Анализирует и исследует математические модели задач в области профессиональной деятельности на основе полученных теоретических знаний.

#### 4.3. Результаты обучения

ПК-2.5.1. Знает математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности и методы их модификации.

ПК-2.5.2. Умеет использовать, анализировать и модифицировать математические модели в современном естествознании и технике.

ПК-2.5.3. Владеет современными математическими пакетами прикладных программ для реализации алгоритмов решения задач в области профессиональной деятельности.

ПК-4.4.1. Знает математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач.

ПК-4.4.2. Умеет осуществлять выбор и адаптацию математических методов и программного обеспечения для разработки и реализации алгоритмов решения задач в области профессиональной деятельности

ПК-4.4.3. Владеет методиками определения и оценки достоверности получаемых решений прикладных задач.

## 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Построение модели механики горных пород с выработкой и введение в систему MATLAB.	Введение в механику горных пород. Выбор модели в механике горных пород с выработками. Преобразование упругих постоянных при повороте координатных осей. Основные команды и стандартные подпрограммы пакета MATLAB. Полная система уравнений теории упругости анизотропного тела. Составление алгоритмов и создание подпрограмм формирующих матрицы упругих постоянных.
Раздел 2. Обобщенная плоская деформация в анизотропном полупространстве с выработками.	Обобщенная плоская деформация для горного массива с горизонтальными выработками. Интегрирование уравнений равновесия в перемещениях. Перемещения и напряжения в массиве с выработками. Перемещения и напряжения в сплошном анизотропном массиве от действия собственного веса. Создание алгоритмов и подпрограмм по определению комплексных параметров, входящих в выражения для перемещений и напряжений, учитывающих влияние выработок.
Раздел 3. Граничные условия. Массив с выработкой эллиптического сечения.	Граничные условия для незакрепленных и жестко подкрепленных выработок в дифференциальной форме. Интегрированные граничные условия для незакрепленных и жестко подкрепленных выработок. Выработка эллиптического сечения. Незакрепленная выработка. Закрепленная выработка. Точные решения. Построение программы определения напряжений и перемещений в сплошном массиве от действия сил тяжести.
Раздел 4. Создание	Создание алгоритмов и программы решения задач с

алгоритмов и программ для численного исследования напряженного состояния массива.	неподкрепленной или жестко подкрепленной выработкой. Исследования на границе. Графические средства и функции пакета MATLAB. Интерпретация результатов. Исследования на границе области. Создание алгоритмов и программ исследования напряжений и перемещений в окрестности выработки. Анализ и исследование точных решений.
---	---

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Форма обучения – очная, курс – 2, семестр – 3

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Построение модели механики горных пород с выработкой и введение в систему MATLAB.	<b>4</b>	<b>8</b>	–	<b>22</b>	<b>34</b>
Введение в механику горных пород. Выбор модели в механике горных пород с выработками. Преобразование упругих постоянных при повороте координатных осей. Основные команды и стандартные подпрограммы пакета MATLAB.	2	4	–	10	16
Полная система уравнений теории упругости анизотропного тела. Составление алгоритмов и создание подпрограмм формирующих матрицы упругих постоянных.	2	4	–	12	18
Раздел 2. Обобщенная плоская деформация в анизотропном полупространстве с выработками.	<b>4</b>	<b>8</b>	–	<b>24</b>	<b>36</b>
Обобщенная плоская деформация для горного массива с горизонтальными выработками. Интегрирование уравнений равновесия в перемещениях. Перемещения и напряжения в массиве с выработками.	2	4	–	12	18
Перемещения и напряжения в сплошном анизотропном массиве от действия собственного веса. Создание алгоритмов и подпрограмм по определению комплексных параметров, входящих в выражения для перемещений и напряжений, учитывающих влияние выработок.	2	4	–	12	18
Раздел 3. Граничные условия. Массив с выработкой эллиптического сечения.	<b>6</b>	<b>8</b>	–	<b>24</b>	<b>38</b>
Граничные условия для незакрепленных и жестко подкрепленных выработок в дифференциальной форме. Интегрированные граничные условия для незакрепленных и жестко подкрепленных	4	4	–	12	20

выработок.					
Выработка эллиптического сечения. Незакрепленная выработка. Закрепленная выработка. Точные решения. Построение программы определения напряжений и перемещений в сплошном массиве от действия сил тяжести.	2	4	–	12	18
Раздел 4. Создание алгоритмов и программ для численного исследования напряженного состояния массива.	3	10	–	23	36
Создание алгоритмов и программы решения задач с неподкрепленной или жестко подкрепленной выработкой. Исследования на границе. Графические средства и функции пакета MATLAB.	2	6	–	12	20
Интерпретация результатов. Исследования на границе области. Создание алгоритмов и программ исследования напряжений и перемещений в окрестности выработки. Анализ и исследование точных решений.	1	4	–	11	16
<b>ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП</b>	<b>17</b>	<b>34</b>	<b>–</b>	<b>93</b>	<b>144</b>

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

### 7.1. Контрольные вопросы

1. Трансверально-изотропный материал и его упругие характеристики. Примеры трансверсально-изотропных материалов.
2. Полная система уравнений теории упругости анизотропного тела.
3. Обобщенная плоская деформация для горного массива с горизонтальными выработками.
4. Перемещения и напряжения в массиве с выработками.
5. Перемещения и напряжения в сплошном анизотропном массиве от действия собственного веса.
6. Операторы, константы, переменные и функции системы MATLAB.
7. Формирование векторов и матриц. Операции над массивами.
8. Программирование разветвляющихся процессов в MATLAB.
9. Программирование циклических процессов в MATLAB.
10. Графические возможности пакета MATLAB.

### 7.2. Темы индивидуальных заданий

1. По заданным упругим постоянным породных образцов составить алгоритмы и программы построения матриц коэффициентов деформаций и модулей упругости в зависимости от углов поворота плоскости изотропии относительно главных осей координат.
2. Для полученных упругих постоянных составить программы нахождения комплексных параметров, входящих в выражения для перемещений и напряжений, учитывающих влияние выработок.
3. Составить программу определения напряжений и перемещений в сплошном массиве от действия сил тяжести.

4. Для заданных параметров незакрепленной эллиптической выработки составить программу определения напряженного состояния вблизи контура на площадках, нормальных и касательных к нему. Оценить достоверность полученных результатов, построить различные варианты графиков.

### 7.3. Образец содержания экзаменационного билета

## ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № X

1. Трансверально-изотропный материал и его упругие характеристики. Примеры трансверально-изотропных материалов.
2. Сценарии, процедуры и функции в системе MATLAB. Передача параметров.

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

## 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 практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-4	Организационно-учебная работа в аудитории	
	Самостоятельная работа	
	Контрольные работы по практике	
	Контрольная работа по теоретическому материалу	40
	Индивидуальное задание	60
ИТОГО		100
Экзамен		100
Общий итог за семестр		100

### Соответствие баллов оценке

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

## 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).

## 11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 11.1. Основная литература

1. Нескородев, Р.Н. Математические модели геомеханики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Р.Н. Нескородев; ГОУ ВПО “Донецкий национальный университет”. – Донецк: ДонНУ, 2019. – электронные данные (1 файл).
2. Нескородев, Р.Н. Реализация математических моделей геомеханики в среде пакета Matlab [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие для студентов направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика / Р.Н. Нескородев; ГОУ ВПО “Донецкий национальный университет”. – Донецк: ДонНУ, 2019. – электронные данные (1 файл).
3. Нескородев Н. М. Напряжения вокруг выработок в анизотропном горном массиве: Учебное пособие / Н.М. Нескородев, Р.Н. Нескородев. – Донецк: ДонНУ, 2003. – 148 с.

### 11.2. Дополнительная литература

4. Николаев, И.Ю. Общая геология [Электронный ресурс]: конспект лекций / И. Ю. Николаев; ГОУ ВПО “Донецкий национальный университет”. – Донецк: ДонНУ, 2016. – электронные данные (1 файл).
5. Страницы истории горной механики / В.И. Полтавец, Б.А. Грядущий, С.Я. Петренко, А.Н. Коваль. – Донецк: Вебер, 2009. – 411 с.
6. Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М.: Физматлит, 2002. – 320 с.
7. Введение в математическое моделирование: Учеб. Пособие. / В.Н. Ашихмин, М.Б. Гитман, И.Э. Келлер и др.; Под ред. П. В. Трусова. – М.: Логос, 2004. – 439 с.
8. Кривилев А.В. Основы компьютерной математики с использованием системы MATLAB: Учеб. пособие / А. Кривилев. – М.: Лекс-Кн., 2005. – 492 с.

## 12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.
2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. –Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. ЭБС Юрайт: электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. Электронно-библиотечная система ДонГУ: сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. Электронный каталог Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.
8. Электронный архив ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

### 13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).