

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
«17» апреля 2025 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
Направленность (профиль) образовательной программы	Прикладная математика и информатика
Квалификация	Магистр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа может быть адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2025

Рабочая программа дисциплины **«Математические модели геомеханики»** для обучающихся по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика (Профиль: 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 2025 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 03.04.2025 г. № 10.

И.о. заведующего кафедрой

И. А. Моисеенко

СОГЛАСОВАНО:

Декан факультета математики и
информационных технологий
16.04.2025 г.

И. А. Моисеенко

Учебно-методическая комиссия факультета математики и информационных технологий.
Протокол от 16.04.2025 г. № 3.
Председатель

Л. И. Селякова

Руководитель основной образовательной
программы, д-р физ.-мат. наук, доц.
03.04.2025 г.

Р. Н. Нескородев

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ

- 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 (далее – ОП)	01.04.02 Прикладная математика и информатика (Профиль: 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-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-4.1. Знает математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности и методы их модификации.

ПК-4.2. Умеет использовать, анализировать и модифицировать математические модели в современном естествознании и технике.

ПК-4.3. Владеет современными математическими пакетами прикладных программ для реализации алгоритмов решения задач в области профессиональной деятельности.

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 алгоритмов и программ для численного исследования напряженного состояния массива.	Создание алгоритмов и программы решения задач с 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.	4	8	–	22	34
Введение в механику горных пород.	2	4	–	10	16

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.	2	4	—	12	18
Раздел 2. Обобщенная плоская деформация в анизотропном полупространстве с выработками.	4	8	—	24	36
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.	6	8	—	24	38
Граничные условия для незакрепленных и жестко подкрепленных выработок в дифференциальной форме. Интегрированные граничные условия для незакрепленных и жестко подкрепленных выработок.	4	4	—	12	20
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.	1	4	—	11	16

Создание алгоритмов и программ исследования напряжений и перемещений в окрестности выработки. Анализ и исследование точных решений.					
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	17	34	–	93	144

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

7.1. Контрольные вопросы

1. Трансверсально-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. Трансверсально-изотропный материал и его упругие характеристики. Примеры трансверсально-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. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в Главном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Гурова, 14), 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).

10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

10.1. Основная литература

1. Нескороев, Р.Н. Математические модели геомеханики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Р.Н. Нескороев; ГОУ ВПО “Донецкий национальный университет”. – Донецк: ДонНУ, 2019. – электронные данные (1 файл).
2. Нескороев, 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. Нескороев; ГОУ ВПО “Донецкий национальный университет”. – Донецк: ДонНУ, 2019. – электронные данные (1 файл).
3. Нескороев Н. М. Напряжения вокруг выработок в анизотропном горном массиве: Учебное пособие / Н.М. Нескороев, Р.Н. Нескороев. – Донецк: ДонНУ, 2003. – 148 с.

10.2. 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.

11. 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.

12. 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).