

**ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Кафедра теории вероятностей и математической статистики

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научно-методической
и учебной работе

Е. И. Скафа

«28» июня 2017 г.



**Рабочая программа учебной дисциплины
«Математические модели геомеханики»**

Направление подготовки:

Магистерская программа:

Программа подготовки:

Квалификация:

Форма обучения:

01.04.02 Прикладная математика и
информатика

актуарная математика

академическая магистратура

магистр

очная

Донецк 2017



Декан факультета математики и
информационных технологий
В. Н. Андриенко

«28» июня 2017 г.

МП

Программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 августа 2015 г. № 911.

Программа учебной дисциплины «Математические модели геомеханики» составлена на основе ГОС ВПО по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, утвержденному приказом Министерства образования и науки ДНР от «04» апреля 2016 г. № 288, зарегистрированному в Министерстве юстиции ДНР от 22 апреля 2016 г. № 1191, «Положения об организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики», утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР «30» октября 2015 г. № 750» (с изменениями и дополнениями), учебного плана по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика (магистерская программа: актуарная математика) (форма обучения: очная), утвержденного Ученым Советом Университета от 31.03.2017 г., протокол № 3 и основной образовательной программы, утвержденной приказом ректора (№ 77/05 от 06.05 2017 г.).

Разработчик:

Доцент, кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры теории упругости и
вычислительной математики

Р. Н. Нескородев

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теории упругости
и вычислительной математики
Протокол № 15 от 15.06.2017 г.

Заведующий кафедрой

В. И. Сторожев

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией
факультета математики и информационных технологий
Протокол № 11 от 21.06.2017 г.

Председатель учебно-методической
комиссии факультета

Н. И. Пономаренко

1. Область применения и место дисциплины в учебном процессе.

Курс «Математические модели геомеханики» является дисциплиной базовой части Блока 1 “Дисциплины (модули)” по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика (магистерская программа: актуарная математика).

Дисциплина реализуется на факультете математики и информационных технологий кафедрой теории упругости и вычислительной математики.

Этот курс, опираясь на механико-математическую (математический анализ, алгебра, аналитическая геометрия, математическое моделирование, теоретическая и прикладная механика, математические методы теории упругости и др.) и компьютерную (языки и методы программирования, пакеты прикладных программ) подготовку студентов, закладывает фундамент научно-методической подготовки будущих исследователей в области теории упругости и вычислительной математики.

Полученные знания могут быть использованы студентами во время выполнения научно-исследовательской работы при написании магистерской диссертации.

2. Структура дисциплины

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	01.04.02 Прикладная математика и информатика	
Магистерская программа	актуарная математика	
Программа подготовки	академическая магистратура	
Квалификация	магистр	
Количество содержательных модулей	1	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	дисциплина базовой части	
Формы контроля	1 модульный контроль, 1 экзамен	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	3	
Год подготовки	2	
Семестр	3	
Количество часов	108	
- лекционных	36	
- практических, семинарских	18	
- лабораторных		
- самостоятельной работы	54	
в т.ч. индивидуальное задание	24	
Недельное количество часов,	6	
в т.ч. аудиторных	3	

3. Описание дисциплины

Цели и задачи

Целью изучения дисциплины “Математические модели геомеханики” является 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.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- рассмотрение методики определения напряженно-деформированного состояния горного массива, обладающего анизотропией общего вида, при воздействии сил

- гравитации при использовании модели линейно деформируемого упругого массива;
- разработка алгоритмов решения указанных задач и составление вычислительных программ, реализующих эти алгоритмы;
- проведение исследований и установление закономерностей поведения напряженного состояния вблизи выработки эллиптического сечения.

Требования к результатам освоения дисциплины. Процесс изучения дисциплины “Математические модели геомеханики” направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО РФ по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика (магистерская программа: актуарная математика):

а) общекультурных (ОК):

- способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);
- готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3);

б) общепрофессиональных (ОПК):

- готовностью к коммуникации в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способностью использовать и применять углубленные знания в области прикладной математики и информатики (ОПК-4);

в) профессиональных (ПК):

научно-исследовательская деятельность:

- способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива (ПК-1);
- способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач (ПК-2);

проектная и производственно-технологическая деятельность:

- способностью разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной и проектно-технологической деятельности (ПК-3);
- способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности (ПК-4).

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- основные соотношения плоской теории упругости анизотропного тела;
- процедуру решения плоской задачи теории упругости анизотропного тела при помощи функций обобщенных комплексных переменных;
- основные методы численного решения задач плоской теории упругости;
- о существовании точных решений и использовании их для анализа достоверности приближенных решений;
- основных команд пакета MATLAB для практической реализации на ПК перечисленных алгоритмов.

уметь:

- работать с пакетом MATLAB, использовать стандартные подпрограммы;
- осуществлять выбор модели в механике горных пород с выработками;
- осуществлять постановку задач о напряженном состоянии в горном массиве;
- составлять алгоритмы и программы численного исследования напряженного состояния вблизи подземных выработок при действии сил гравитации;

- осуществлять тестирование программ и оценивать достоверность полученных результатов;
- представлять результаты исследований в виде наглядных иллюстраций (графиков, линий уровня, поверхностей).

владеть:

- навыками программирования в математических пакетах;
- навыками проведения численных исследований с использованием программных средств.
- технологией применения пакетов прикладных программ для решения научных и практических задач.

4. Содержание дисциплины и формы организации учебного процесса

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
Содержательный модуль 1	
Тема 1. <i>Построение модели механики горных пород с выработкой и введение в систему MATLAB.</i>	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.
Тема 2. <i>Обобщенная плоская деформация в анизотропном полупространстве с выработками. Перемещения и напряжения в массиве под действием сил гравитации.</i>	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.
Тема 3. <i>Граничные условия. Массив с выработкой эллиптического сечения.</i>	Граничные условия для незакрепленных и жестко подкрепленных выработок в дифференциальной форме. Интегрированные граничные условия для незакрепленных и жестко подкрепленных выработок. Выработка эллиптического. Незакрепленная выработка. Закрепленная выработка. Точные решения. Построение программы определения напряжений и перемещений в сплошном массиве от действия сил тяжести.
Тема 4. <i>Создание алгоритмов и программ для численного исследования напряженного состояния массива.</i>	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.

Тематический план

Содержательный модуль 1												
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов											
	Очная форма обучения						Заочная форма обучения					
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 1. Построение модели механики горных пород с выработкой и введение в систему MATLAB.	26	8	4	-	14	-						
Тема 2. Обобщенная плоская деформация в анизотропном полупространстве с выработками. Перемещения и напряжения в массиве под действием сил гравитации.	27	10	4	-	13	-						
Тема 3. Граничные условия. Массив с выработкой эллиптического сечения.	26	8	5	-	13	-						
Тема 4. Создание алгоритмов и программ для численного исследования напряженного состояния массива.	29	10	5	-	14	-						
Итого по содержательному модулю 1	108	36	18	-	54	-						

5. Методические рекомендации для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий.

Лабораторные занятия не предусмотрены учебным планом.

ТЕМЫ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Предмет и задачи геомеханики. Объекты и методы геомеханических исследований. Внутреннее строение и физические свойства Земли.	2
2	Возраст земной коры. Классификация и формы залегания горных пород.	2
3	Выбор модели в механике горных пород с выработками.	2
4	Преобразование упругих постоянных при повороте координатных осей.	2

5	Полная система уравнений теории упругости анизотропного тела.	2
6	Обобщенная плоская деформация для горного массива с горизонтальными выработками.	2
7	Перемещения и напряжения в массиве с выработками.	2
8	Перемещения и напряжения в сплошном анизотропном массиве от действия собственного веса.	2
9	Граничные условия. Незакрепленная выработка.	2
10	Граничные условия. Жестко подкрепленная выработка.	2
11	Массив с выработкой эллиптического сечения. Незакрепленная выработка.	2
12	Массив с выработкой эллиптического сечения. Жестко подкрепленная выработка.	2
13	Горный массив с произвольно расположенными выработками эллиптического сечения	2
14	Аппроксимация границы области частями эллиптических контуров с гладким стыкованием элементов.	2
15	Основные уравнения трехмерной теории вязкоупругости.	2
16	Преобразование уравнений состояния.	2
17	Определение реологических параметров.	2
18	Модель вязкоупругого массива горных пород.	2
	ВСЕГО	36

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Рабочая среда MATLAB. Простейшие команды. Форматы чисел.	2
2	Операторы, константы, переменные и функции.	2
3	Формирование векторов и матриц. Операции над массивами.	2
4	М-файлы. Файлы-программы и файл-функции.	2
5	Реализация алгоритмов преобразования упругих констант при повороте координатных осей.	2
6	Программирование разветвляющихся и циклических процессов.	2
7	Построение и решение основной системы алгебраических уравнений.	2
8	Графические возможности системы MATLAB.	2
9	Графическая интерпретация полученных результатов.	2
	ВСЕГО	18

6. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Выбор модели в механике горных пород с выработками.	4
2	Преобразование упругих постоянных при повороте координатных осей.	4
3	<i>Индивидуальное задание № 1</i>	6
4	Полная система уравнений теории упругости анизотропного тела.	4

5	Перемещения и напряжения в массиве с выработками.	3
6	<i>Индивидуальное задание № 2</i>	6
7	Обобщенная плоская деформация для горного массива с горизонтальными выработками.	4
8	Перемещения и напряжения в сплошном анизотропном массиве от действия собственного веса.	3
9	<i>Индивидуальное задание № 3</i>	6
10	Массив с выработкой эллиптического сечения. Незакрепленная выработка.	4
11	Массив с выработкой эллиптического сечения. Жестко подкрепленная выработка.	4
12	<i>Индивидуальное задание № 4</i>	6
	ВСЕГО	54

7. Индивидуальные задания содержатся в методических указаниях.

Индивидуальная работа **ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПОВЕДЕНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВБЛИЗИ ВЫРАБОТКИ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО СЕЧЕНИЯ.**

Цель: овладение технологией математического моделирования в среде MATLAB для проведения исследования напряженного состояния вблизи выработок.

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

8. Контрольные вопросы к промежуточной аттестации

1. Трансверально-изотропный материал и его упругие характеристики. Примеры трансверально-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.

9. Образец модульного контроля (ОБРАЗЕЦ ВАРИАНТА И КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ)

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет математики и информационных технологий

Направление подготовки: **01.04.02 Прикладная математика и информатика**
 Магистерская программа: **актуарная математика**
 Программа подготовки: **академическая магистратура**
 Семестр: **III**
 Учебная дисциплина: **Математические модели геомеханики**

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ВАРИАНТ №1

1. Трансверально-изотропный материал и его упругие характеристики.
2. Перемещения и напряжения в массиве с выработками.
3. Формирование векторов и матриц. Операции над массивами.
4. Программирование циклических процессов в MATLAB.

Утверждено на заседании кафедрой теории упругости и вычислительной математики, протокол № ____ от “__” _____ 20__ г.

Зав. кафедрой
Преподаватель

Критерии оценивания модульного контроля

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	10
Задание 2	10
Задание 3	10
Задание 4	10
Всего	40

10. Образец экзаменационного билета (ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ, ОБРАЗЕЦ БИЛЕТА И КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ)

Теоретические вопросы к экзамену

1. Модели механики горных пород с выработками.
2. Основные символы и конструкции системы MATLAB.
3. Изотропная среда, ее упругие характеристики: модуль Юнга, коэффициент Пуассона, модуль сдвига.
4. Операции над матрицами и массивами в системе MATLAB.
5. Трансверально-изотропный материал и его упругие характеристики. Примеры трансверально-изотропных материалов.
6. Операторы присваивания, арифметические и логические выражения языка MATLAB.
7. Полная система уравнений теории упругости анизотропного тела.
8. Операции сложения и вычитания матриц, а также их умножения.
9. Обобщенная плоская деформация для горного массива с горизонтальными выработками.
10. Операции деления матриц (левое и правое) в MATLAB.
11. Перемещения и напряжения в сплошном анизотропном массиве от действия собственного веса.

12. Графические возможности пакета MATLAB.
13. Граничные условия для незакрепленной выработки.
14. Программирование разветвляющихся процессов в MATLAB.
15. Граничные условия для жестко подкрепленных выработок.
16. Программирование циклических процессов в MATLAB.
17. Распределение напряжений вблизи круговой незакрепленной выработки.
18. Сценарии, процедуры и функции в системе MATLAB. Передача параметров.
19. Распределение напряжений вблизи жестко подкрепленной круговой выработки.
20. Операции деления матриц (левое и правое) в MATLAB.

Образец экзаменационного билета

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет математики и информационных технологий

Направление подготовки: **01.04.02 Прикладная математика и информатика**
 Магистерская программа: **актуарная математика**
 Программа подготовки: **академическая магистратура**
 Семестр: **III**
 Учебная дисциплина: **Математические модели геомеханики**

БИЛЕТ №1

1. Модели механики горных пород с выработками.
2. Основные символы и конструкции системы MATLAB.
3. Распределение напряжений вблизи круговой незакрепленной выработки.

Утверждено на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики, протокол № ____ от “__” _____ 20__ г.

Зав. кафедрой _____
 Экзаменатор _____

Критерии оценивания экзамена

Номер задания	Количество баллов
Задание 1	20
Задание 2	20
Задание 3	10
Всего	50 баллов

11. Образец тестового задания (не предусмотрено программой)

12. Критерии оценивания

По курсу предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнение индивидуальных заданий и экзамена. Экзамен студенты сдают с целью повышения рейтинга.

Распределение баллов, которые могут получить студенты в процессе изучения дисциплины

Организационно- учебная работа студента	СРС	
	Индивидуальные задания	Модульный контроль
max 20 баллов	max 40 баллов	max 40 баллов

Шкала соответствия баллов национальной шкале

Оценка по шкале ECTS	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)	Оценка по государственной шкале (зачет)
A	90-100	5 (отлично)	зачтено
B	80-89	4 (хорошо)	зачтено
C	75-79	4 (хорошо)	зачтено
D	70-74	3 (удовлетворительно)	зачтено
E	60-69	3 (удовлетворительно)	зачтено
FX	35-59	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
F	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	не зачтено

13. Материально-техническое обеспечение учебного процесса. Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной доской. Практические занятия проводятся в компьютерном классе, оборудованном компьютерами с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, столами, доской.

14. Рекомендованная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
Основная литература			
1.	Нескороев, Р.Н. Математические модели геомеханики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Р.Н. Нескороев; ГОУ ВПО “Донецкий национальный университет”. – Донецк: ДонНУ, 2017. – электронные данные (1 файл).	0	+
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, 2017. – электронные данные (1 файл).	0	+
3.	Николаев, И.Ю. Общая геология [Электронный ресурс]: конспект лекций / И. Ю. Николаев; ГОУ ВПО “Донецкий национальный университет”. – Донецк: ДонНУ, 2016. – электронные данные (1 файл).	6	+
Дополнительная литература			
4.	Нескороев Н. М. Напряжения вокруг выработок в анизотропном горном массиве: Учебное пособие / Н.М. Нескороев, Р.Н. Нескороев. – Донецк: ДонНУ, 2003. – 148с.	10	-
5.	Страницы истории горной механики / В.И. Полтавец, Б.А. Грядущий, С.Я. Петренко, А.Н. Коваль. – Донецк: Вебер, 2009. – 411 с.	1	-
6.	Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М.:	3	-

	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.	10	-
8.	Кривилев А.В. Основы компьютерной математики с использованием системы MATLAB: Учеб. пособие / А. Кривилев. – М.: Лекс-Кн., 2005. – 492 с.	5	-

15. Информационные ресурсы

<http://mondnr.ru/> – Министерство образования и науки Донецкой Народной республики
<https://www.donippo.org/> – ГОУ ДПО «Донецкий республиканский институт дополнительного педагогического образования»
<http://ippo-vm.at.ua/> – Отдел математики Донецкого РИДПО
<http://resobrnadzor.ru/> – Республиканская служба по контролю и надзору в сфере образования и науки
<http://freemat.sourceforge.net/> (официальный сайт разработчика)

16. 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);
4. Лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения: FreeLab, Scilab, R Studio, Python, Eclipse, Free Pascal, Tries Mode, Prolog, Антивирус Касперского, Linux Fedora, Libre Office, Adobe Acrobat Reader, xPDF, Blender, КОМПАС-3D LT, Paint.NET, Gimp.