

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет горно-металлургической промышленности и строительства
Кафедра геотехнологий и безопасности производств



УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по учебной работе

Д.В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое моделирование геомеханических процессов

(наименование дисциплины)

21.05.04 Горное дело

(код, наименование направления)

Маркшейдерское дело

(профиль подготовки)

Квалификация горный инженер (специалист)
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, заочная
(очная, очно-заочная, заочная)

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цели дисциплины. Целью изучения дисциплины «Математическое моделирование геомеханических процессов» является подготовка специалиста, умеющего анализировать геомеханические процессы вокруг горных выработок.

Задачи изучения дисциплины: научить разрабатывать модели процессов, явлений, оценивать их достоверность, осуществлять патентный поиск, изучать научно-техническую информацию, устанавливать зависимость параметров геомеханических процессов от основных определяющих факторов.

Дисциплина направлена на формирование общепрофессиональной компетенции (ОПК-8), профессиональной компетенции (ПК-9) выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – курс входит в обязательную часть Блока 1 программы по специальности 21.05.04 Горное дело, направленности (профилю) «Маркшейдерское дело».

Дисциплина реализуется кафедрой геотехнологий и безопасности производств. Основывается на базе дисциплин: «Математика», «Физика», «Физика горных пород», «Геомеханика», «Сопrotивление материалов», «Сдвигение горных пород», «Научно-исследовательская работа».

Является основой для изучения следующих дисциплин: «Выпускная квалификационная работа».

Общая трудоемкость освоения дисциплины для очной формы обучения составляет 3 зачетных единицы, 108 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (18 ак.ч.), практические (18 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (72 ак.ч.).

Для заочной формы обучения программой дисциплины предусмотрены лекционные (4 ак.ч.), практические (2 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (102 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 5 курсе в 9 семестре. Форма промежуточной аттестации – зачет.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование геомеханических процессов» направлен на формирование компетенции,

представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен работать с программным обеспечением общего, специального назначения и моделирования горных и геологических объектов	ОПК-8	<p>ОПК-8.1. Знать современное программное обеспечение общего, специального назначения, в том числе программы математического моделирования, цифровой обработки информации, средств трехмерной визуализации полученных результатов, в области своей профессиональной деятельности.</p> <p>ОПК-8.2. Уметь производить выбор программного обеспечения общего, специального назначения и моделирования горных и геологических объектов в сфере своей профессиональной деятельности.</p> <p>ОПК-8.3. Владеть практическими навыками работы с программным обеспечением общего, специального назначения и моделирования горных и геологических объектов.</p>
Способен определять и прогнозировать сдвигения и деформации массива горных пород и земной поверхности вследствие горных разработок и подземного строительства с целью безопасного ведения горных работ	ПК-9	<p>ПК-9.1. Знать физико-механические основы процессов сдвигения и деформаций горных пород и формы проявления этих процессов; параметры процесса сдвигения горных пород; способы и методы изучения процесса сдвигения горных пород и натуральных наблюдений за ним.</p> <p>ПК-9.2. Знать физико-механические характеристики горных пород, конструктивных и строительных материалов, а также геофизические и геологические методы изучения недр.</p> <p>ПК-9.3. Уметь определять на подрабатываемых территориях границы зон влияния горных работ и опасных деформаций; определять условия безопасного ведения горных работ под водными объектами; интерпретировать полученные результаты расчетов сдвижений и деформаций; обосновывать расчетами применение горных и конструктивных мер защиты зданий, сооружений и горных выработок.</p> <p>ПК-9.4. Уметь составлять и реализовывать проекты мониторинга состояния земной поверхности, массива горных пород и подрабатываемых сооружений; анализировать и интерпретировать полученные результаты натуральных наблюдений.</p> <p>ПК-9.5. Владеть методами расчета ожидаемых и вероятных сдвижений и деформаций земной поверхности, методами математического моделирования геомеханических процессов, способами оценки и контроля устойчивого состояния уступов и бортов карьеров, отвалов.</p>

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 3 зачётных единицы, 108 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, выполнение индивидуального задания, самостоятельное изучение материала и подготовку к зачету.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак.ч.	Ак.ч. по семестрам
		9
Аудиторная работа, в том числе:	36	36
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Курсовая работа/курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	72	72
Подготовка к лекциям	6	6
Подготовка к лабораторным работам	-	-
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	18	18
Выполнение курсовой работы / проекта	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	-	-
Домашнее задание	8	8
Подготовка к контрольной работе	6	6
Подготовка к коллоквиуму	-	-
Аналитический информационный поиск	5	5
Работа в библиотеке	8	8
Подготовка к зачету	21	21
Промежуточная аттестация – зачет (З)	3	3
Общая трудоемкость дисциплины		
	ак.ч.	108
	з.е.	3

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенции, приведенной в п.3 дисциплина разбита на 8 тем:

- тема 1 (Содержание и значение дисциплины);
- тема 2 (Теоретические основы моделирования геомеханических процессов);
- тема 3 (Основные термины и определения в моделировании геомеханических процессов);
- тема 4 (Основные положения теорий подобия и размерностей при моделировании геомеханических процессов);
- тема 5 (Этапы математического моделирования геомеханических процессов);
- тема 6 (Методы математического моделирования);
- тема 7 (Свойства моделей математического моделирования);
- тема 8 (Моделирование процесса сдвижений и деформаций подработанной толщи горных пород).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы приведены в таблице 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.
1	Содержание и значение дисциплины	Основные методы моделирования геомеханических процессов вокруг горных выработок. Способы физического и математического моделирования. Условия их применения. Достоинства и недостатки способов моделирования	1		
2	Теоретические основы моделирования геомеханических процессов	Схемы сдвижения горных пород при различных углах падения пласта. Влияние литологии и прочности пород на выбор метода и способа моделирования	2	Определение прочности горных пород	2
3	Основные термины и определения в моделировании геомеханических процессов	Требования к моделям. Прагматическая модель, дискретная модель, имитационная модель, математическая модель, их определения и условия применения.	2	Моделирование методом эквивалентных материалов	2
4	Основные положения теорий подобия и размерностей при моделировании геомеханических процессов	Механическое подобие систем. Физическое моделирование геомеханических процессов вокруг горных выработок: Метод эквивалентных материалов; метод центробежного моделирования; метод фотоупругости; аналоговое моделирование; электрические сеточные модели; метод электрогидравлических аналогов.	3	Методы центробежного моделирования, фотоупругости, аналогового моделирования	4
5	Этапы математического моделирования геомеханических процессов	Циклы моделируемой системы: Идентификация модели; макетирование модели; этапы компьютерного моделирования; предмодельный анализ; исследование модели; сопровождение математического моделирования; проверка адекватности модели; модификация модели	2		
6	Методы математического моделирования	Методы конечных элементов в перемещениях; изгиб балок или плит подобно слоям толщи горных пород; главных сечений мульды сдвижения; метод	3		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.
		аппроксимации кривых сдвижений и деформаций подработанного массива горных пород.			
7	Свойства моделей математического моделирования	Свойства моделей математического моделирования	2	Расчет оседаний в точках главных сечений	4
8	Моделирование процесса сдвижений и деформаций подработанной толщи горных пород	Расчет оседаний, наклонов и горизонтальных деформаций земной поверхности в главных сечениях мульды сдвижения. Графическое представление параметров процесса сдвижения, их сопоставление с допустимыми значениями. Анализ результатов	3	Расчет наклонов и горизонтальных деформаций. Построение графиков	6
Всего аудиторных часов			18	18	

Таблицы 4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Основные методы моделирования	Методы моделирования геомеханических процессов: физическое моделирование; математическое моделирование. Их применение.	1		
2	Теоретические основы моделирования геомеханических процессов	Теоретические основы моделирования. Основные термины и определения, положения теорий подобия	1	Схемы и зоны сдвижений и деформаций толщ горных пород. Физическое моделирование.	2
3	Моделирование процесса сдвижений и деформаций подработанной толщи горных пород.	Расчет оседаний, наклонов и горизонтальных деформаций земной поверхности в главных сечениях мульды сдвижения. Графическое представление параметров процесса сдвижения, их сопоставление с допустимыми значениями. Анализ результатов	2	Расчет оседаний, наклонов и горизонтальных деформаций в точках главных сечений мульды	2
Всего аудиторных часов			4	4	

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ОПК-8, ПК-9	Зачет	Комплект контролирующих материалов для зачета

Всего по дисциплине в семестре обучающийся может набрать 100 баллов, в том числе:

- на коллоквиумах – всего 60 баллов;
- лабораторные работы – всего 40 баллов.

Зачет проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Зачет по дисциплине «Математическое моделирование геомеханических процессов» проводится по результатам работы в семестре. В случае, если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время зачетной недели студент имеет право повысить итоговую оценку либо в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п.п. 6.3), либо в результате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

6.2 Домашнее задание

В качестве домашнего задания студенты выполняют:

- работу над составлением конспекта изученного материала;
- доработка и оформление отчетов по практическим занятиям.

6.3 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости)

Коллоквиум № 1

1. Что понимают в геомеханике под моделью?
2. Изложите основные требования к модели.
3. Из решения каких (3) задач состоит метод моделирования?
4. Перечислите свойства любой модели.
5. Перечислите содержание жизненного цикла моделируемой системы.
6. Что понимают под макетированием модели?
7. Перечислите этапы компьютерного моделирования.
8. Что включает предмодельный анализ?
9. Что включает исследование модели?
10. Что включает сопровождение моделирования?
11. Назовите методы исследований параметров сдвижений и деформаций подработанной толщи горных пород, их достоинства и недостатки.
12. Какие способы моделирования геомеханических процессов Вы знаете?
13. Назовите способы математического моделирования геомеханических процессов?
14. Суть метода конечных элементов?
15. Какими элементами задается жесткость модели?
16. Что называют математической моделью и ее цель?
17. Назовите основные этапы математического моделирования?
18. Перечислите методы математического моделирования.

Коллоквиум № 2

1. На чем базируется метод моделирования?
2. Что понимают под математической моделью?
3. Перечислите основные этапы математического моделирования.
4. Что понимают под построением модели?

5. Что включает решение при математическом моделировании?
6. Что является основной целью моделирования?
7. Что понимают под интерпретацией при математическом моделировании?
8. Что понимают под проверкой адекватности модели?
9. Что называют модификацией модели?
10. Какие методы моделирования применяют в горном деле?
11. Что понимают под аналоговым моделированием в горном деле?
12. Формула расчета максимального оседания земной поверхности η_m по методике ДонГТУ 2019г?
13. Какие недостатки «Правил...» 2004г. Вы установили на практических занятиях?
14. Напишите формулу расчета оседаний в точках главного сечения мульды сдвига.
15. Напишите формулу расчета наклонов в полумульде по простиранию пласта.
16. Формула расчета горизонтальных сдвижений в полумульде по простиранию пласта?
17. Перечислите способы физического моделирования, применяемые в горном деле?
18. Сделайте сравнительный анализ методик расчета «Правил...» 2004г и ДонГТУ 2019года по результатам моделирования

6.6 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Губарь Ю.В. Введение в математическое моделирование : учебное пособие / Губарь Ю.В.. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2025. — 178 с. — ISBN 978-5-4497-0865-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/146328.html> (дата обращения: 08.02.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Введение в математическое моделирование: учеб. пособие / В.Н. Ашихмин, М.Б Гитман, М.Э. Келлер и др.; под ред. П.В. Трусова. М. : Логос, 2019. 440с. — URL: <https://m.eruditor.one/file/2196918/>

Дополнительная литература

1. Насонов, И.Д. Моделирование горных процессов: учебник / И.Д. Насонов. М. : Недра, 1978. 256с. — URL: <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-modelirovanie-gornyh-processov.pdf>.
2. Моделирование в геомеханике / Ф.П. Глушихин, Г.Н. Кузнецов, М.Ф. Шклярский и др. М. : Недра, 1991. 240с. — URL: <https://m.eruditor.one/file/1473468/>

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ : официальный сайт. — Алчевск. — URL: library.dstu.education. — Текст : электронный.
2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>. — Текст : электронный.
3. Консультант студента : электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. — Текст : электронный.
4. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red. — Текст : электронный.
5. IPR BOOKS : электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. — Текст : электронный.

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения:	
<i>Мультимедийная аудитория</i> , оборудованная специализированной (учебной) мебелью (скамья учебная, стол компьютерный – 1 шт., доска аудиторная– 2 шт.), АРМ учебное ПК (монитор + системный блок), мультимедийная стойка с оборудованием – 1 шт., широкоформатный экран.	ауд. <u>102</u> корп. <u>б</u>
Аудитории для проведения практических занятий, для самостоятельной работы:	ауд. <u>215</u> корп. <u>б</u>
	ауд. <u>419</u> корп. <u>б</u>
<i>Компьютерный класс (25 посадочных мест)</i> , оборудованный учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС.	ауд. <u>114</u> корп. <u>б</u>
<i>Учебные аудитории</i> , имеющие наглядные пособия, чертежные и измерительные инструменты	ауд. <u>121</u> корп. <u>б</u>
	ауд. <u>202</u> корп. <u>б</u>

**Лист согласования рабочей программы дисциплины
«Математическое моделирование геомеханических процессов»**

Разработал:

Старший преподаватель
кафедры геотехнологий и
безопасности производств



(подпись) В. В. Николаенко

И. о. заведующего кафедрой
геотехнологий и безопасности
производств



(подпись) О. Л. Кизияров

Протокол № 1 заседания кафедры геотехнологий и безопасности производств
от 27.08.2024.

И. о. декана факультета
горно-металлургической
промышленности и
строительства



(подпись) О. В. Князьков

Согласовано:

Председатель методической
комиссии по специальности
21.05.04 Горное дело



(подпись) О. В. Князьков

Начальник учебно-
методического центра



(подпись) О. А. Коваленко

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	