

рабочая программа утверждена
решением Ученого совета
ГФ НИТУ «МИСИС»
от «23» июня 2023 г.
протокол № 5

Рабочая программа дисциплины Математическое моделирование

Закрепленная кафедра	<u>Кафедра горного дела</u>
Направление подготовки	<u>21.05.04 Горное дело</u>
Специализация	<u>Горно-геологические информационные системы</u>
Квалификация	<u>Горный инженер (специалист)</u>
Форма обучения	<u>Очная</u>
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ


Часов по учебному плану	<u>108</u>	Формы контроля в семестре:
в том числе:		
аудиторные занятия	<u>54</u>	зачет в 5 семестре
самостоятельная работа	<u>90</u>	
часов на контроль	<u>-</u>	
Семестр(ы) изучения	<u>5</u>	

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестры	5	
	УП	РП
Лекции	18	18
Практические	36	36
Лабораторные	-	-
Контактная работа	54	54
Сам. Работа	54	54
Часы на контроль	-	-
Итого:	108	108

Год набора 2023.

Программу составил:
Казанцев Антон Александрович, доцент, к.т.н.
Должность, уч.ст., уч.зв ФИО полностью



_____ *подпись*

Рабочая программа дисциплины
Математическое моделирование

разработана в соответствии с ОС ВО:
Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования – уровень специалитета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по специальности 21.05.04 Горное дело (приказ от «02» апреля 2021 г. № 119 о.в.)


Выпуск 3:
от 2 апреля 2021 г. № 119 о.в.

Составлена на основании учебного плана 2023 года набора:
21.05.04 Горное дело, Горно-геологические информационные системы, утвержденного Ученым советом ГФ НИТУ «МИСИС» 23.06.2023г., протокол №5.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
горного дела
наименование кафедры

Протокол от «08» июня 2023 г. № 6

Зам. зав. кафедрой ГД




_____ *подпись*

А.А. Казанцев
И.О. Фамилия

«08» июня 2023 г.

Руководитель ОПОП ВО
Зам. зав. кафедрой ГД, к.т.н.



_____ *подпись*

А.А. Казанцев
И.О. Фамилия

1.ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

Цели освоения дисциплины: Целью освоения дисциплины «Моделирование систем и процессов» является овладение студентами основными теоретическими положениями моделирования систем; ознакомление с современными подходами моделирования процессов в системах; изучение состава и содержания моделирования процессов в геологии и горнодобывающих отраслях, с использованием современных информационных технологий

2.МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Часть ОПОП ВО (базовая, вариативная)

2.1	Требования к предварительной подготовке обучающихся
2.1.1	Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика
2.1.2.	Информатика
2.1.3.	Физика
2.1.4	Геодезия и маркшейдерия
2.1.5	Математика
2.2	Дисциплины (модули), практики и НИР, для которых необходимо освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее
2.2.1	Моделирование недр
2.2.2	Математические методы в ГГИС
2.2.3	Управление жизненным циклом горного предприятия
2.2.4	Производственная практика по получению профессиональных умений и навыков – 4
2.2.5	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.6	Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты

3.ИНДИКАТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, СОВМЕЩЕННЫЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

УК-1: Способен осуществлять критический анализ процессов, систем, проблемных ситуаций на основе системного подхода с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, вырабатывать стратегию действий

Знать:	З – 1. Методологию моделирования сложных систем, методы построения сетевых моделей процессов, средства моделирования процессов.
Уметь:	У – 1. Разрабатывать и внедрять системы управления информационными потоками на различных этапах жизненного цикла горного предприятия, а также на различных стадиях геологического изучения недр.
Владеть навыком:	Н – 1. Разработки моделей процессов, явлений, оценивать достоверность построенных моделей с использованием современных методов и средств.
ОПК – 16: Способен участвовать в исследованиях объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов	
Знать:	З – 1. Декомпозицию моделей и современные тенденции в области моделирования систем и процессов.
Уметь:	У – 1. Рассчитывать сетевые модели проектирования работы горного производства.
Владеть навыком:	Н – 1. Применять методы обработки, представления и интерпретации горно-геологической информации, способы моделирования месторождений полезных ископаемых и технологических процессов, а также прогнозирования горно-геологических явлений при разработке месторождений полезных ископаемых, а также на различных стадиях геологического изучения недр.

4.СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ						
Код занятия	Наименование разделов и тем (вид занятия)	Семестр	Кол-во часов	Компетенции	Литература	Примечание
1	Раздел 1. Основы моделирования. Анализ современных проблем в области моделирования систем и процессов	5	8			
1.1	Понятие о сложных системах. Методология моделирования сложных систем. Структура и элементный состав системы. Анализ процессов и структуры. Анализ связей с другими частями. Декомпозиция системы на составные части. Описание состава и поведения подсистем и элементов системы. Составление модели сложного технологического объекта как сложной системы на основе анализа и синтеза <i>/лекция/</i>	5	2	УК-1, 3-1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2	
1.2	Практические занятия по анализу процессов и структуры системы, анализу связей с другими частями. Примеры декомпозиции системы на составные части. Описание состава и поведения подсистем и элементов системы. Составление модели сложного технологического объекта как сложной системы <i>/практика/</i>	5	6	УК-1, У-1, В-1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2	
2	Раздел 2. Сетевые методы моделирования процессов. Тенденции развития сетевого моделирования систем и процессов.	5	12			
2.1	Основные понятия сетей как совокупности процессов и структуры. Расчет процессов в сетях. Матрицы решения замкнутых и открытых сетей. Постоянство рассеиваемой мощности в двойственных цепях при изменении структуры <i>/лекция/</i>	5	2	УК-1, 3-1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2	
2.2	Построение матриц преобразования сетей и расчет примеров сетей тензорным методом с применением инварианта двойственности <i>/практика/</i>	5	10	УК-1, У-1, В-1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2	
3	Раздел 3. Инварианты двойственных сетей при изменении структуры. Алгоритмы декомпозиции и расчета сетей по частям тензорным методом с применением параллельных вычислений	5	8			
3.1	Алгоритмы декомпозиции и расчета сетей по частям тензорным методом. Расчет процессов в отдельных блоках сетевой модели.	5	4	ОПК-16, 3-1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4	

	Расчет сетевой модели соединения частей. Расчет двойственной сети пересечений. Расчет процессов в системе с применением параллельных вычислений <i>/лекция/</i>				Л 2.1 Л 2.2	
3.2	Подготовка к выполнению практических занятий по расчету сетевых моделей проектирования работы производства методом декомпозиции <i>/практика/</i>	5	4	ОПК-16, У-1, В-1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2	
4	Раздел 4. Создание и расчет моделей процессов геоинформационных и экономических систем	5	8			
4.1	Сетевые модели процессов в геологии и горных отраслях. Сетевые модели установок нефтепереработки. Расчет поведения установки при изменении структуры при авариях или вариантах проектирования. Применение модели банковских процессов для анализа финансирования металлургических и горных отраслей <i>/лекция/</i>	5	2	ОПК-16, 3-1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2	
4.2	Сетевая модель производства, алгоритм расчета межотраслевого баланса методом декомпозиции. Сетевая модель банка. <i>/лекция/</i>	5	2	ОПК-16, 3-1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2	
4.3	Практические занятия по расчету сетевых моделей процессов в геологии и горных отраслях. Сетевые модели систем нефтепереработки. Расчет поведения процессов в системе при изменении структуры при авариях или вариантах проектирования <i>/практика/</i>	5	4	ОПК-16, У-1, В-1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2	
5	Раздел 5. Модели процессов в горных и геологических системах. Статистические основы моделирования. Сети Петри для моделирования процессов.	5	12			
5.1	Сетевая модель шахтной вентиляции, и ее применение для анализа возможных аварийных ситуаций, связанных с изменением структуры ходов шахты/ <i>лекция/</i>	5	2	ОПК-16, 3-1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2	
5.2	Метод построения сетевых моделей процессов в замкнутых и открытых системах. Аналогии воздействий материальных характеристик процессов и откликов для внешних и внутренних процессов. Особенности сетевых моделей геологических процессов. <i>/лекция/</i>	5	2	ОПК-16, 3-1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2	

5.3	Практические занятия по созданию сетевых моделей процессов в замкнутых и открытых системах. Аналогии воздействий материальных характеристик процессов и откликов для внешних и внутренних процессов. Анализ сетевых моделей геологических процессов. Примеры применения сетевых методов для моделирования процессов в геологии горных отраслях, а также в геологоразведке. /практика/	5	8	ОПК-16, У-1, В-1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2	
6	Раздел 6. Средства моделирования процессов. Декомпозиция моделей и современные тенденции в области моделирования систем и процессов.	5	6			
6.1	Средства моделирования процессов. Декомпозиция моделей и современные тенденции в области моделирования систем и процессов /лекция/	5	2	ОПК-16, 3-1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2	
6.2	Практические занятия по применению средств моделирования процессов и декомпозиции моделей систем и процессов. /практика/	5	4	ОПК-16, У-1, В-1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2	
7	Самостоятельная работа студента	5	54			
7.1	Проработка теоретического материала /сам. работа /		18	УК-1, 3-1 ОПК-16, 3-1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2	
7.2	Изучение отдельных тем дисциплины, выносимых на самостоятельную проработку /сам. работа /	5	18	УК-1, 3-1 ОПК-16, 3-1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2	
7.3	Подготовка к контролю знаний /сам. работа /	5	9	УК-1, У-1, В-1 ОПК-16, У-1, В-1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2	
7.4	Выполнение домашнего задания Планирование процессов выпуска продукции в системе производства на основе расчета сетевой модели межотраслевого баланса методом декомпозиции / домашнее задание /	5	9	УК-1, У-1, В-1 ОПК-16, У-1, В-1	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 1.4 Л 2.1 Л 2.2	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки к промежуточной аттестации по итогам изучения дисциплины

Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки к промежуточной аттестации (материалы для оценки знаний)

1. Сложная система. Виды процессов в сложных системах горно-геологической информации. Привести примеры.
2. Процессы и структура связей сложных систем горно-геологической информации. Привести примеры.
3. Место тензорного метода среди методов моделирования сложных систем горно-геологической информации.
4. Определение сети, преобразование свободных элементов в связанную сеть.
5. Замкнутые и разомкнутые пути. Матрица преобразования путей в сетевой модели системы.
6. Теоретические основы систем горно-геологической информации.
7. Изменение процессов в горно-геологических системах, их преобразование при изменении структуры.
8. Двойственная сеть. Матрица преобразования путей в двойственной сети.
9. Как выражается инвариант двойственности сетей без метрики.
10. Как выражается инвариант двойственности сетей с метрикой.
11. Назовите практически применяемые системы горно-геологической информации.
12. Вывести матрицу решения замкнутой сети, контурный метод.
13. Назовите методы обработки горно-геологической информации.
14. Записать этапы расчета сетевой модели горно-геологической системы тензорным методом.
15. Записать этапы расчета двойственной сети тензорным методом
16. Перечислить восемь алгоритмов расчета сетей при изменении структуры.
17. Получить матрицу решения представления сетевой модели месторождений полезных ископаемых.
18. Получить матрицу решения сетевой модели горно-геологической информации при разработке месторождений полезных ископаемых.
19. Написать алгоритм расчета сложной сетевой модели системы по частям с параллельными вычислениями.
20. Области применения тензорного метода для моделирования сложных систем.
21. Аналогии воздействий и откликов открытых систем.
22. Аналогии воздействий и откликов замкнутых систем.
23. Преобразование координат. Ковариантные координаты вектора базиса путей.
24. Преобразование контравариантного вектора. Привести примеры.
25. Сетевая модель месторождений полезных ископаемых и технологических процессов. Пример.
26. Почему нужна простейшая сеть при моделировании. Привести примеры
27. Что такое обобщенная система, простейшая сеть, связанная сеть.
28. Расчет сетевой модели месторождений полезных ископаемых для прогнозирования горно-геологических явлений при изменении структуры.
29. Почему необходимо рассматривать процессы и структуру сетевой модели системы?
30. Процессы как потоки в элементах систем
31. Основные отличия сетей и графов, их характеристики.
32. Свойства двойственности ветвей, примеры двойственности в науке.
33. Сетевая модель шахтной вентиляции, и ее применение для анализа аварийных ситуаций при изменении структуры ходов.
34. Что представляет собой структура системы?
35. Виды путей, матрицы преобразования путей.
36. Сетевая модель системы потоков поставок, инвариант двойственности.
37. Сетевые модели в экономической системе. Межотраслевой баланс сетевой модели системы.
38. Аналогии процессов и структуры сетей и моделируемых систем.
39. Аналогии воздействий и откликов сетей и моделируемых систем. Примеры.
40. Сетевая модель обеспечения безопасности горно-геологической . Примеры.
41. Постановка задачи баланса потоков продуктов. Уравнения поведения системы.
42. Сетевая модель финансовых потоков производства.
43. Расчет задачи баланса потоков продуктов сетевой модели системы по частям. Алгоритм.
44. Влияние структуры связей на выпуск продукции предприятий.
45. Сетевая модель потоков информации при моделировании горно-геологических явлений при разработке месторождений полезных ископаемых.
46. Матрицы преобразования путей в двойственных сетевых моделях системы.
47. Инвариант изменения структуры двойственных сетей.
48. Какими способами можно описать динамическую систему?

Перечень работ, выполняемых в процессе изучения дисциплины				
По дисциплине предусмотрено проведение практических работ. Контрольная работа по элементам выпуклого анализа Контрольная работа по алгоритмам построения выпуклой оболочки Индивидуальное домашнее задание по построению кривых и поверхностей второго порядка Индивидуальное домашнее задание по построению выпуклой оболочки по заданному набору точек с использованием трех алгоритмов				
Оценочные материалы (оценочные средства), используемые для экзамена				
Не предусмотрено				
Методика оценки результатов обучения по дисциплине				
Требования к оцениванию в соответствии с учебным планом: экзамен в 6 семестре. Система оценивания, используемая преподавателем для текущей оценки успеваемости – балльно-рейтинговая. В первом семестре: посещение лекционных занятий – 1 балл за 1 занятие (всего 9 занятий), итого не более 9 баллов; - выполнение практических работ – 10 баллов за 1 работу, итого не более 60 баллов; - выполнение домашнего задания – 10 баллов за 1 работу, итого не более 10 баллов; - выполнение контрольных работ – 10,5 баллов за 1 работу, итого не более 21 баллов. Всего: не более 100 баллов за семестр. Условие получения зачета по дисциплине – наличие не менее 60 баллов семестровой работы.				
6.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ				
6.1.Рекомендуемая литература				
6.1.1.Основная литература				
Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 1.1	Карпов, А. Г.	Математические основы теории систем : учебное пособие	Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/72123.html	Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. — 230 с.
Л 1.2	Кучеряев Б.В., Крахт В.Б., Соколов П.Ю.	Моделирование процессов и объектов в металлургии. Моделирование и оптимизация процессов листовой прокатки : учебное пособие	Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/117316.html	Москва : Издательский Дом МИСИС, 2009. — 63 с.
Л 1.3	Шинкевич А.И., Лубнина А.А., Галимулина Ф.Ф.	Логистика производства : практикум	Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/94985.html ISBN 978-5-7882-2407-7	Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2018. — 108 с.

Л 1.4	Петров А.Е.	Математические модели принятия решений : учебно-методическое пособие	Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/78572.html ISBN 978-5-906953-14-8	Москва : Издательский Дом МИСИС, 2018. — 80 с.
6.1.2.Дополнительная литература				
Л 2.1	Силич М.П., Силич В.А.	Основы теории систем и системного анализа : учебное пособие	Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/72159.html ISBN 978-5-86889-663-7	Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2013. — 340 с.
Л 2.2	Дехтярь М.И.	Дискретная математика : учебное пособие	Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/120477.html ISBN 978-5-4497-1641-5	Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 181 с.
6.2.Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети интернет				
Э.1	Ims.misis.ru – LMSCanvasНИТУ «МИСИС»			
Э.2	www.google.ru			
6.3.Перечень программного обеспечения				
П.1	Office Professional Plus 2016			
П.2	Autocad			
П.3	Компас – 3 D			
6.4.Перечень информационных справочных систем профессиональных баз данных				
И.1	ЭБС «Университетская библиотека ONLINE» (Договор № P97-2021/729 от 09.11.2021 г. на оказание услуг по предоставлению доступа к электронному периодическому изданию ЭБС «Университетская библиотека онлайн» для НИТУ «МИСИС»)			
И.2	ЭБС «Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU» (Договор №P97-2021/865 от 07.12.2021 г. на оказание услуг по предоставлению доступа к электронным изданиям в составе базы данных «НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU» для НИТУ «МИСИС»)			

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ, НИР)	
7.1	Ауд. 212. Компьютерный класс. Аудитория для лабораторных занятий. (309186, Белгородская область, г. Губкин, ул. Комсомольская, д. 16). Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий: 1. Персональный компьютер в сборе FOX MIMO-65090: – системный блок iRu Home412 – 13 шт.; – монитор АОС – 13 шт. 2. Комплект мультимедийной аппаратуры: – мультимедиа-проектор Panasonic PT- LB30NTE; – экран на штативе Projecta Pro View. 3. Комплект учебной мебели на 13 посадочных мест Программное обеспечение: – WinPro 10 SNGL Upgrd OLP NL Acdmc; – Office Professional Plus 2016 RUS OLP NL Acdmc; – Учебный Комплект Компас-3D v17.
7.2	Помещение для самостоятельной работы обучающихся. Ауд. 219. Компьютерный класс. (309186, Белгородская область, г. Губкин, ул. Комсомольская, д. 16).

	<p>Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Комплект мультимедийной аппаратуры: <ul style="list-style-type: none"> – мультимедиа-проектор Mitsubishi Ex200u; – экран; 2. Системный блок Intel – 13 шт.; 3. Монитор LG – 13 шт. 4. Комплект учебной мебели на 13 посадочных мест <p>Программное обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – WinPro 10 SNGL Upgrd OLP NL Acdmc; – Office Professional Plus 2016 RUS OLP NL Acdmc; – Учебный Комплект Компас-3D v17. <p>В помещении для самостоятельной работы обучающихся имеется подключение к сети «Интернет» и доступ в электронную информационно-образовательную среду организации.</p>
--	---

8.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	
<p>Обучающимся должны быть предоставлены возможности: использовать необходимые программно-аппаратные вычислительные средства; изучать специальную литературу и другую научно-техническую информацию, достижения отечественной и зарубежной науки и техники в соответствующей области знаний; участвовать в проведении научных исследований по управлению техническими системами или выполнении технических разработок; осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме (заданию); составлять отчеты (разделы отчета) по теме или ее разделу (этапу, заданию). Для обеспечения учебного процесса материально-техническими ресурсами используются: 1.Компьютерный класс, оборудованный для проведения практических работ средствами оргтехники, персональными компьютерами, объединенными в сеть с выходом в Интернет; 2.Установленное лицензионное программное обеспечение.</p>	