

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра геотехнологии

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ И.В. Зоря

подпись

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Моделирование технологических процессов

21.05.04 - Горное дело

Подземная разработка пластовых месторождений

Квалификация выпускника  
Горный инженер (специалист)

Форма обучения  
Заочная форма

Срок обучения 4 года 5 месяцев

Год начала подготовки 2020

Новокузнецк  
2020

## 1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

- формирование профессиональных компетенций, необходимых для эффективного использования инструментария физического и математического моделирования, планирования и обработки результатов эксперимента при изучении отдельных процессов и технологии горно-го производства в целом.

Задачами учебной дисциплины являются:

- овладение основными методами разработки и адаптации физических и математических моделей;
- приобретение знаний и навыков в области регрессионного анализа, освоение методологии имитационного моделирования;
- расширение представлений о физическом моделировании технологических процессов горного производства, а также о методах обработки результатов моделирования.

## 2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам по выбору вариативной части **Блока 1. Дисциплины (модули)** ООП по направлению подготовки (специальности) 21.05.04 «Горное дело».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

- Общая геология;
- Геотехнология открытая;
- Геотехнология подземная (пластовые месторождения).

Учебная дисциплина дополняет знания, умения и навыки, получаемые по одновременно изучаемым и последующим дисциплинам:

- Технология отработки пологих пластов;
- Физико-химическая геотехнология пластовых месторождений и подземная газификация.

## 3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

### – **Общепрофессиональные компетенции**

<b>Код и наименование ОПК</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>
ОПК-9: владением методами анализа, знанием закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и	– знать: требования нормативных документов по обеспечению эффективной и безопасной эксплуатации горных выработок различного назначения. – уметь: выполнять расчеты параметров крепления подготовительных и очистных

эксплуатации подземных сооружений	выработок. – владеть: навыками выбора мест заложения подготовительных и очистных выработок в благоприятных горно-геологических условиях.
-----------------------------------	---

### – Профессиональные компетенции

Код и наименование ПК	Планируемые результаты обучения
ПК-21: готовностью демонстрировать навыки разработки систем по обеспечению экологической и промышленной безопасности при производстве работ по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, строительству и эксплуатации подземных объектов	– знать: требования нормативных документов по промышленной безопасности при отработки угольных пластов, в том числе с повышенной газообильностью. – уметь: самостоятельно конструировать схемы подготовки и отработки угольных пластов в заданных горно-геологических и технико-экономических условиях. – владеть: навыками экспресс-оценки уровня промышленной безопасности предлагаемых технических решений по отработке пологих пластов.

### – Профессионально-специализированные компетенции

Код и наименование ПСК	Планируемые результаты обучения
ПСК-1.5: владением методами обеспечения промышленной безопасности, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций, - при подземной разработке пластовых месторождений полезных ископаемых	– знать: требования нормативных документов по промышленной безопасности при эксплуатации опасных производственных объектов. – уметь: самостоятельно принимать технические и организационные решения при эксплуатации опасных производственных объектов в заданных горно-геологических и технико-экономических условиях. – владеть: навыками экспресс-оценки уровня промышленной безопасности предлагаемых технических решений по отработке угольных пластов.

## 4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа обучающихся с преподавателем включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы), групповые консультации и индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, промежуточную аттестацию обучающихся и иную контактную работу, предусматривающую групповую или индивидуальную

работу обучающихся с преподавателем. Контактная работа обучающихся с преподавателем может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде.

Рабочей программой дисциплины предусмотрено проведение лекций, практических занятий (семинаров). Особое место в овладении учебной дисциплины отводится самостоятельной работе, позволяющей получить максимальное представление о данной учебной дисциплине.

### Объем учебной дисциплины

Сессия / курс		<b>ИТОГО</b>	<b>2 сессия / 4 курс</b>	<b>3 сессия / 4 курс</b>
Форма промежуточной аттестации				
Трудоёмкость	<i>академ. час.</i>	<b>216</b>	36	180
	<i>зачетных единиц</i>	<b>6</b>	1	5
Лекции, <i>академ. час.</i>		<b>4</b>	2	2
Лабораторные работы, <i>академ. час.</i>		<b>0</b>	0	0
Практические работы, <i>академ. час.</i>		<b>8</b>	0	8
Курсовая работа / проект, <i>академ. час.</i>		<b>0</b>	0	0
Консультации, <i>академ. час.</i>		<b>0</b>	0	0
Самостоятельная работа, <i>академ. час.</i>		<b>195</b>	34	161
Контроль, <i>академ. час.</i>		<b>9</b>	0	9

### Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Аналитические и графоаналитические модели процессов геотехнологии (Использование аналитических методов и методов теории графов при моделировании процессов горного производства);

Тема 1.1 Методы теории графов при моделировании производственных процессов геотехнологии (Декомпозиция технологической схемы горного предприятия и установление взаимно-однозначного соответствия между элементами графа и технологической схемы участка (шахты). Методы поиска путей и потоков на детерминированном и вероятностном графе. Понятие о графах с цветными ребрами и сетях Петри);

Тема 1.2 Динамическое программирование при моделировании формирования и развития сложных технологических систем в геотехнологии (Область применения динамического программирования при моделировании подготовки и отработки шахтного поля и его частей. Определения параметров подготовки и отработки шахтного поля и его частей методами динамического программирования);

Тема 1.3 Системы дифференциальных уравнений и методы их решений при моделировании технологических процессов геотехнологии (Представление технологических процессов выпуска угля и руды с использованием аппарата дифференциальных уравнений. Аналитические и численные методы решения дифференциальных уравнений и их систем);

Раздел 2 Физическое моделирование процессов геотехнологии (Использование методов теории подобия и натурно-модельных комплексов при моделировании процессов горного производства);

Тема 2.1 Область применения и критерии физического моделирования процессов геотехнологии (Подобие при физическом моделировании и его критерии (коэффициенты подобия). Понятие об эквивалентных материалах. Область применения физического моделирования и особенности моделирования тех или иных технологических процессов);

Тема 2.2 Физический эксперимент при адаптации математических моделей процессов геотехнологии (Планирование физического эксперимента при адаптации математических моделей производственных процессов. Понятие об активном и пассивном эксперименте, методы адаптации математических моделей с использованием фактических данных);

Раздел 3 Имитационное моделирование производственных процессов геотехнологии (Использование методов и средств имитационного моделирования для оценки и оптимизации параметров процессов горного производства);

Тема 3.1 Законы и параметры распределения случайных величин. Регрессионные модели процессов геотехнологии (Нормальное, логнормальное, экспоненциальное распределение случайных величин. Установление соответствия между случайными параметрами технологических процессов и законами распределения случайных величин. Определение параметров случайных величин по данным пассивного и активного эксперимента. Коэффициент корреляции, корреляционное отношение, линейная и нелинейная регрессия. Использование табличных процессоров при определении параметров и законов распределения случайных величин.);

Тема 3.2 Генераторы случайных чисел. Использование метода Монте-Карло при моделировании стохастических процессов геотехнологии. (Методы генерирования случайных чисел с различными законами распределения. Использование равномерно распределенных случайных величин для генерирования случайных величин с нормальным и экспоненциальным распределением. Реализация метода Монте-Карло при моделировании технологических процессов с неочевидной структурой и связям между отдельными элементами (операциями).);

Тема 3.3 Нейросетевое моделирование производственных процессов геотехнологии (Нейронные сети, их топология и методы обучения. Использование нейронных сетей при моделировании технико-экономических показателей технологических процессов горного производства. Свободные среды реализации нейронных сетей для научных и учебных целей.);

Раздел 4 Адаптация моделей процессов геотехнологии. Планирование и обработка результатов эксперимента с использованием моде-

лей. (Планирование и обработка результатов (модельного) эксперимента при моделировании технологических процессов горного производства);

Тема 4.1 Планирование эксперимента с использованием физических и математических моделей процессов геотехнологии. (Понятие о полно- и дробном факторном эксперименте. Определение необходимого числа итераций при моделировании технологических процессов с использованием метода Монте-Карло.);

Тема 4.2 Адаптация моделей процессов геотехнологии (Абсолютная и относительная погрешность моделирования. Понятие о допустимой погрешности при моделировании технологических процессов горного производства. Валидация и валоризация математических моделей процессов горного производства. Натурно-модельные комплексы и их использования при планировании и управлении горным производством.).

### 5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	Темы лекций	Трудоемкость, академ. час
Тема 2.1.	Область применения и критерии физического моделирования процессов геотехнологии	2
Тема 3.1.	Законы и параметры распределения случайных величин. Регрессионные модели процессов геотехнологии	2
<b>Итого:</b>		<b>4</b>

### 6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, академ. час
Тема 1.1.	Построение технологического (операционного) графа процесса геотехнологии	2
Тема 1.2.	Выбор оптимального варианта очередности строительства и ввода в эксплуатацию угольной шахты методами динамического программирования	2
Тема 2.1.	Разработка и адаптация физической модели выпуска угля из подкровельной толщи	2
Тема 4.2.	Адаптация регрессионной модели очистного забоя (с использованием аппарата анализа остатков)	2
<b>Итого:</b>		<b>8</b>

## 7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, академ. час
	<i>Отсутствуют</i>	
<b>Итого:</b>		<b>0</b>

## 8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы дисциплины	Темы курсовых работ (проектов)	Трудоемкость, академ. час
	<i>Отсутствуют</i>	
<b>Итого:</b>		<b>0</b>

## 9 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, академ. час
Тема 1.1.	1. Изучение теоретического материала.	2
Тема 1.1.	1. Оформление отчета о практической работе; 2. Подготовка к практическому занятию.	6
Тема 1.1.	1. Выполнение домашнего задания.	16
Тема 1.2.	1. Изучение теоретического материала.	2
Тема 1.2.	1. Оформление отчета о практической работе; 2. Подготовка к практическому занятию.	4
Тема 1.2.	1. Выполнение домашнего задания.	12
Тема 1.3.	1. Изучение теоретического материала.	2
Тема 1.3.	1. Выполнение домашнего задания.	12
Тема 1.3.	1. Подготовка к текущему контролю.	2
Тема 2.1.	1. Изучение лекционного материала.	2
Тема 2.1.	1. Выполнение домашнего задания.	16
Тема 2.1.	1. Оформление отчета о практической работе; 2. Подготовка к практическому занятию.	4
Тема 2.2.	1. Изучение теоретического материала.	2
Тема 2.2.	1. Выполнение домашнего задания.	16

	ния.	
Тема 2.2.	1. Подготовка к текущему контролю.	2
Тема 3.1.	1. Изучение лекционного материала.	2
Тема 3.1.	1. Подготовка к текущему контролю.	2
Тема 3.1.	1. Выполнение домашнего задания.	16
Тема 3.2.	1. Изучение теоретического материала.	2
Тема 3.2.	1. Подготовка к текущему контролю.	2
Тема 3.2.	1. Выполнение домашнего задания.	14
Тема 3.3.	1. Изучение теоретического материала.	2
Тема 3.3.	1. Выполнение домашнего задания.	14
Тема 3.3.	1. Подготовка к текущему контролю.	2
Тема 4.1.	1. Изучение теоретического материала.	2
Тема 4.1.	1. Подготовка к текущему контролю.	2
Тема 4.1.	1. Выполнение домашнего задания.	12
Тема 4.2.	1. Изучение теоретического материала.	2
Тема 4.2.	1. Оформление отчета о практической работе; 2. Подготовка к практическому занятию.	3
Тема 4.2.	1. Выполнение домашнего задания.	12
Раздел 4.	1. Контрольная работа.	6
<i>Контроль</i>	<i>Подготовка к экзамену</i>	9
<b>Итого:</b>		<b>204</b>

## **10 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины**

### **а) основная литература:**

1 Моделирование процессов гидравлической технологии добычи угля : учебное пособие для вузов / СИБГИУ. – Новокузнецк, 2002. – 229 с. : ил.;

2 Коровкин, Ю. А. Теория и практика длиннолавных систем / Ю. А. Коровкин, П. Ф. Савченко. – Москва : Горное дело, 2012. – 807 с. : ил. – (Библиотека горного инженера ; т. 3. Подземные горные работы ;; кн. 11).;



3 Михеев, О.В. Подземная разработка пластовых месторождений. Теоретические и методические основы проведения практических занятий : учебное пособие / О. В. Михеев , В. Г. Виткалов, Г. И. Козовой, В. А. Атрушкевич. – Москва : Горная книга, 2001. – с. – ISBN 5-7418-0162-5. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5741801625.html> (дата обращения: 14.03.2020).

**б) дополнительная литература:**

1 Математическое моделирование технологических процессов и систем : практикум [предназначен для обучающихся всех направлений подготовки и форм обучения] / Сиб. гос. индустр. ун-т ; сост.: М. В. Ляховец, А. В. Корнева, Е. С. Корнев. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2018. – URL: <http://library.sibsiu.ru/LibrEduMethodSectionsEditionsFilesDownload.asp?IngSection=42&IngEdition=4293&IngFile=4193&strParent=LibrEduMethodSectionsEditionsFiles> (дата обращения: 14.03.2020);

2 Ушаков, В.К. Математическое моделирование надежности и эффективности шахтных вентиляционных систем : учебное пособие / В. К. Ушаков. - 2-е изд., стер. – Москва : Издательство Московского государственного горного университета, 2003. - ISBN 5-7418-0107-2 – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5741801072.html> (дата обращения: 14.03.2020);

**в) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

1 Консультант студента. Электронная библиотека технического ВУЗа : электронно-библиотечная система / ООО «Политехресурс». – Москва, [200 – ]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

2 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система / ООО «ЭБС ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 – ]. – URL: <http://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

3 Университетская библиотека ONLINE : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 – ]. – URL: <http://www.biblioclub.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 Университетская информационная система РОССИЯ : электронная библиотека / НИВЦ МГУ им. М.В. Ломоносова. – Москва, [200 – ]. – URL: <http://uisrussia.msu.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 – ]. – URL: <http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 – ]. – URL: <http://libr.sibsiu.ru>;

7 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 – ]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа: по подписке;

8 Электронная библиотека УМЦ ЖДТ / ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва, [2013 – ]. – URL: <https://umczdt.ru/books/>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

9 ЭБС ЮРАЙТ [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru) : электронно-библиотечная система / ООО «Электронное издательство Юрайт». – Москва, [200 – ]. – URL: <http://www.biblio-online.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

**г) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

- Free Pascal;
- Libre Office;
- Microsoft Office 2007;
- Microsoft Windows 7;
- Scilab.

**д) базы данных и информационно-справочные системы:**

1 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 Система ГАРАНТ : электронный периодический справочник / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

4 Электронный реферативный журнал (ЭлРЖ) : база данных / ВИНТИ РАН. – Москва, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.

## **11 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий);
- учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспече-

нием доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 21.05.04 «Горное дело».

Составитель(и):

Домрачев Алексей Николаевич

## Приложение А

### Аннотация

### рабочей программы дисциплины «Моделирование технологических процессов»

по направлению подготовки (специальности)

21.05.04 - Горное дело

(направленность (профиль) «Подземная разработка пластовых месторождений»)

форма обучения – Заочная форма

#### 1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

- формирование профессиональных компетенций, необходимых для эффективного использования инструментария физического и математического моделирования, планирования и обработки результатов эксперимента при изучении отдельных процессов и технологии горно-го производства в целом.

Задачами учебной дисциплины являются:

- овладение основными методами разработки и адаптации физических и математических моделей;
- приобретение знаний и навыков в области регрессионного анализа, освоение методологии имитационного моделирования;
- расширение представлений о физическом моделировании технологических процессов горного производства, а также о методах обработки результатов моделирования.

#### 2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам по выбору вариативной части **Блока 1. Дисциплины (модули)** ООП по направлению подготовки (специальности) 21.05.04 «Горное дело».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

- Общая геология;
- Геотехнология открытая;
- Геотехнология подземная (пластовые месторождения).

Учебная дисциплина дополняет знания, умения и навыки, получаемые по одновременно изучаемым и последующим дисциплинам:

- Технология отработки пологих пластов;
- Физико-химическая геотехнология пластовых месторождений и подземная газификация.

#### 3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

### – Общепрофессиональные компетенции

Код и наименование ОПК	Планируемые результаты обучения
<p>ОПК-9: владением методами анализа, знанием закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных сооружений</p>	<p>– знать: требования нормативных документов по обеспечению эффективной и безопасной эксплуатации горных выработок различного назначения.                      – уметь: выполнять расчеты параметров крепления подготовительных и очистных выработок.                      – владеть: навыками выбора мест заложения подготовительных и очистных выработок в благоприятных горно-геологических условиях.</p>

### – Профессиональные компетенции

Код и наименование ПК	Планируемые результаты обучения
<p>ПК-21: готовностью демонстрировать навыки разработки систем по обеспечению экологической и промышленной безопасности при производстве работ по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, строительству и эксплуатации подземных объектов</p>	<p>– знать: требования нормативных документов по промышленной безопасности при отработки угольных пластов, в том числе с повышенной газообильностью.                      – уметь: самостоятельно конструировать схемы подготовки и отработки угольных пластов в заданных горно-геологических и технико-экономических условиях.                      – владеть: навыками экспресс-оценки уровня промышленной безопасности предлагаемых технических решений по отработке пологих пластов.</p>

### – Профессионально-специализированные компетенции

Код и наименование ПСК	Планируемые результаты обучения
<p>ПСК-1.5: владением методами обеспечения промышленной безопасности, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций, - при подземной разработке пластовых месторождений полезных ископаемых</p>	<p>– знать: требования нормативных документов по промышленной безопасности при эксплуатации опасных производственных объектов.                      – уметь: самостоятельно принимать технические и организационные решения при эксплуатации опасных производственных объектов в заданных горно-геологических и технико-экономических условиях.                      – владеть: навыками экспресс-оценки уровня промышленной безопасности предлагаемых технических решений по отработке угольных пластов.</p>

#### 4 Объем учебной дисциплины

Сессия / курс		<b>ИТОГО</b>	<b>2 сессия / 4 курс</b>	<b>3 сессия / 4 курс</b>
Форма промежуточной аттестации				<b>экзамен</b>
Трудоёмкость	<i>академ. час.</i>	<b>216</b>	36	180
	<i>зачетных единиц</i>	<b>6</b>	1	5
Лекции, <i>академ. час.</i>		<b>4</b>	2	2
Лабораторные работы, <i>академ. час.</i>		<b>0</b>	0	0
Практические работы, <i>академ. час.</i>		<b>8</b>	0	8
Курсовая работа / проект, <i>академ. час.</i>		<b>0</b>	0	0
Консультации, <i>академ. час.</i>		<b>0</b>	0	0
Самостоятельная работа, <i>академ. час.</i>		<b>195</b>	34	161
Контроль, <i>академ. час.</i>		<b>9</b>	0	9

#### 5 Краткое содержание учебной дисциплины

В структуре учебной дисциплины выделяются следующие основные разделы (темы):

Раздел 1 Аналитические и графоаналитические модели процессов геотехнологии (Использование аналитических методов и методов теории графов при моделировании процессов горного производства);

Тема 1.1 Методы теории графов при моделировании производственных процессов геотехнологии (Декомпозиция технологической схемы горного предприятия и установление взаимно-однозначного соответствия между элементами графа и технологической схемы участка (шахты). Методы поиска путей и потоков на детерминированном и вероятностном графе. Понятие о графах с цветными ребрами и сетях Петри);

Тема 1.2 Динамическое программирование при моделировании формирования и развития сложных технологических систем в геотехнологии (Область применения динамического программирования при моделировании подготовки и отработки шахтного поля и его частей. Определения параметров подготовки и отработки шахтного поля и его частей методами динамического программирования);

Тема 1.3 Системы дифференциальных уравнений и методы их решений при моделировании технологических процессов геотехнологии (Представление технологических процессов выпуска угля и руды с использованием аппарата дифференциальных уравнений. Аналитические и численные методы решения дифференциальных уравнений и их систем);

Раздел 2 Физическое моделирование процессов геотехнологии (Использование методов теории подобия и натурно-модельных комплексов при моделировании процессов горного производства);

Тема 2.1 Область применения и критерии физического моделирования процессов геотехнологии (Подобие при физическом моделировании и его критерии (коэффициенты подобия). Понятие об эквивалент-

ных материалах. Область применения физического моделирования и особенности моделирования тех или иных технологических процессов);

Тема 2.2 Физический эксперимент при адаптации математических моделей процессов геотехнологии (Планирование физического эксперимента при адаптации математических моделей производственных процессов. Понятие об активном и пассивном эксперименте, методы адаптации математических моделей с использованием фактических данных);

Раздел 3 Имитационное моделирование производственных процессов геотехнологии (Использование методов и средств имитационного моделирования для оценки и оптимизации параметров процессов горного производства);

Тема 3.1 Законы и параметры распределения случайных величин. Регрессионные модели процессов геотехнологии (Нормальное, логнормальное, экспоненциальное распределение случайных величин. Установление соответствия между случайными параметрами технологических процессов и законами распределения случайных величин. Определение параметров случайных величин по данным пассивного и активного эксперимента. Коэффициент корреляции, корреляционное отношение, линейная и нелинейная регрессия. Использование табличных процессоров при определении параметров и законов распределения случайных величин.);

Тема 3.2 Генераторы случайных чисел. Использование метода Монте-Карло при моделировании стохастических процессов геотехнологии. (Методы генерирования случайных чисел с различными законами распределения. Использование равномерно распределенных случайных величин для генерирования случайных величин с нормальным и экспоненциальным распределением. Реализация метода Монте-Карло при моделировании технологических процессов с неочевидной структурой и связям между отдельными элементами (операциями).);

Тема 3.3 Нейросетевое моделирование производственных процессов геотехнологии (Нейронные сети, их топология и методы обучения. Использование нейронных сетей при моделировании технико-экономических показателей технологических процессов горного производства. Свободные среды реализации нейронных сетей для научных и учебных целей.);

Раздел 4 Адаптация моделей процессов геотехнологии. Планирование и обработка результатов эксперимента с использованием моделей. (Планирование и обработка результатов (модельного) эксперимента при моделировании технологических процессов горного производства);

Тема 4.1 Планирование эксперимента с использованием физических и математических моделей процессов геотехнологии. (Понятие о полно- и дробном факторном эксперименте. Определение необходимого

числа итераций при моделировании технологических процессов с использованием метода Монте-Карло.);

Тема 4.2 Адаптация моделей процессов геотехнологии (Абсолютная и относительная погрешность моделирования. Понятие о допустимой погрешности при моделировании технологических процессов горного производства. Валидация и валоризация математических моделей процессов горного производства. Натурно-модельные комплексы и их использования при планировании и управлении горным производством.).

**6 Составитель(и):**

Домрачев Алексей Николаевич