

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  
наименование учебной дисциплины

21.05.04 Горное дело  
код и наименование специальности

Подземная разработка пластовых месторождений

Квалификация выпускника  
горный инженер (специалист)  
наименование

Форма обучения  
заочная  
очная, очно-заочная, заочная

Срок обучения бл 1м

Год начала подготовки 2019

Новокузнецк  
2019

## 1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины является:

- формирование профессиональных компетенций, необходимых для эффективного использования инструментария физического и математического моделирования, планирования и обработки результатов эксперимента при изучении отдельных процессов и технологии горного 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 специальности

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

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– общая геология;

– технология строительства горных выработок;

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

– вскрытие и подготовка шахтных полей;

– комбинированная разработка месторождений полезных ископаемых;

– технология отработки пологих пластов.

## 3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– **общефессиональные компетенции:**

Код и наименование ОПК	Планируемые результаты обучения
ОПК-9. владением методами анализа, знанием закономерностей поведения и управления свойствами горных	Знать: требования нормативных документов по обеспечению эффективной и безопасной эксплуатации горных выработок различного назначения; Уметь: выполнять расчеты параметров крепления

пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных сооружений	подготовительных и очистных 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 и практических занятий (семинаров). Особое место в овладении учебной дисциплины отводится самостоятельной работе, позволяющей получить максимальное представление о данной учебной дисциплине.

### Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		ИТОГО	Курс 5
Форма промежуточной аттестации			зачет, экзамен
Трудоёмкость	академ. час.	216	216
	зачетных единиц	6	6
Лекции, академ. час.		2	2
Лабораторные работы, академ. час.		0	0
Практические работы, академ. час.		12	12
Курсовой проект, академ. час.		0	0
Консультации, академ. час.		0	0
Самостоятельная работа, академ. час.		189	189
Контроль, академ. час.		13	13

### Содержание учебной дисциплины

#### Раздел 1. Аналитические и графоаналитические модели процессов геотехнологии.

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.

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.

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.**

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.**

Раздел 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.

Раздел 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	Трудо- емкость, академ. час.
2.1	Область применения и критерии физического моделирования процессов геотехнологии	1
3.1	Законы и параметры распределения случайных величин. Регрессионные модели процессов геотехнологии	1
<b>ИТОГО</b>		<b>2</b>

### 6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела/ темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудо- емкость, академ. час.
1.1	Построение технологического (операционного) графа процесса геотехнологии	2
1.2	Выбор оптимального варианта очередности строительства и ввода в эксплуатацию угольной шахты методами динамического программирования	2
3.1	Разработка регрессионной модели параметров очистного забоя на основе фактических данных по шахте-объекту исследований	2
3.2	Реализация кода генератора случайных чисел с нормальным распределением для (различных) моделей технологических процессов	2
4.1	Полнофакторное планирование эксперимента по оценке эффективности внедрения (новых) технических решений	2
4.2	Адаптация регрессионной модели очистного забоя (с использованием аппарата анализа остатков)	2
<b>ИТОГО</b>		<b>12</b>

### 9 Виды самостоятельной работы

№ раздела/ темы дисциплины	Вид самостоятельной работы	Трудо- емкость, академ. час.
1.1	1 Изучение теоретического материала	2

№ раздела/ темы дисциплины	Вид самостоятельной работы	Трудо- емкость, академ. час.
	2 Подготовка к практическому занятию, оформление отчета о практической работе.	4
	3 Выполнение индивидуального домашнего задания	12
	4 Подготовка к текущему контролю.	2
1.2	1 Подготовка к практическому занятию, оформление отчета о практической работе.	6
	2 Выполнение индивидуального домашнего задания	10
	3 Изучение теоретического материала	2
	34 Подготовка к текущему контролю.	2
1.3	1 Выполнение индивидуального домашнего задания	14
	2 Изучение теоретического материала	2
	3 Подготовка к текущему контролю.	2
2.1	1 Изучение лекционного материала	2
	2 Выполнение индивидуального домашнего задания	16
	3 Подготовка к текущему контролю.	2
2.2	1 Выполнение индивидуального домашнего задания	16
	2 Изучение теоретического материала	2
	3 Подготовка к текущему контролю.	2
3.1	1 Изучение лекционного материала	2
	2 Подготовка к практическому занятию, оформление отчета о практической работе.	6
	3 Выполнение индивидуального домашнего задания	8
	4 Подготовка к текущему контролю.	2
3.2	1 Подготовка к практическому занятию, оформление отчета о практической работе.	4
	2 Выполнение индивидуального домашнего задания	10
	3 Изучение теоретического материала	2
	4 Подготовка к текущему контролю.	2
3.3	1 Выполнение индивидуального домашнего задания	14
	2 Изучение теоретического материала	2
	3 Подготовка к текущему контролю.	2
4.1	1 Подготовка к практическому занятию, оформление отчета о практической работе.	4
	2 Выполнение индивидуального домашнего задания	6
	3 Изучение теоретического материала	2
	3 Подготовка к текущему контролю.	2
4.2	1 Подготовка к практическому занятию, оформление отчета о практической работе.	4
	2 Выполнение индивидуального домашнего задания	9
	3 Изучение теоретического материала	2
	4 Подготовка к текущему контролю.	2
3	Контрольная работа	3
4	Контрольная работа	3
Контроль	Подготовка к экзамену, зачету.	13
<b>ИТОГО</b>		<b>202</b>

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

а) основная литература:

1. Введение в математическое моделирование : учебное пособие / под ред. П. В. Труслова – Москва : Логос, 2004. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5940102727.html> (дата обращения: 01.04.2019).

2. Федоткин, М. А. Модели в теории вероятностей : учебное пособие / М. А. Федоткин – Москва : Физматлит, 2012. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113847.html> (дата обращения: 01.04.2019).

3. Маликов, Р.Ф. Основы математического моделирования: учебное пособие для вузов / Р. Ф. Маликов. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2010. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991201230.html> (дата обращения: 01.04.2019).

#### **б) дополнительная литература**

1. Ибрагимов, Н. Х. Практический курс дифференциальных уравнений и математического моделирования. Классические и новые методы. Нелинейные математические модели. Симметрия и принципы инвариантности : учебник / Н. Х. Ибрагимов. – Москва : Физматлит, 2012. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113779.html> (дата обращения: 01.04.2019).

2. Ямалов, И. У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций / И. У. Ямалов – Москва : БИНОМ, 2015. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325627.html> (дата обращения: 01.04.2019).

3. Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых : научный журнал / Сибирское отделение РАН ; Институт горного дела СО РАН. – Новосибирск, 1980-2019.

4. Горный информационно-аналитический бюллетень : научно-технический журнал / МГГУ. – Москва, 1993-2019.

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

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

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 – ]. – URL: <http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp>. – 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 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система / ООО «ЭБС ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 – ]. – URL: <http://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.



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

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

7 Электронно-библиотечная система elibrary / ООО «РУНЭБ». – Москва, [200 – ]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа: по подписке.

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

**г) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:** ABBYY FineReader 11, Kaspersky Endpoint Security, AutoCAD 2013, «Программное обеспечение «Руконтекст», 7-Zip, Microsoft Office 2010, Microsoft Office 2007, ProjectLibre 1.6, Microsoft Windows 7.

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

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

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

3 Система ГАРАНТ : электронный периодический справочник / ООО «Правовой центр «Гарант». – 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 для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, в том числе: учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа (лекций), оборудованную учебной доской, компьютерной техникой, экраном и мультимедийным проектором; учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий), оснащенную компьютерной техникой; групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной

техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

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

Составитель:

проф., д.т.н.  
степень, звание, должность

Домрачев А.Н.  
инициалы, фамилия

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ГТ, протокол № 4 от «04» апреля 2019 г.

Зав. кафедрой геотехнологии  
наименование профильной кафедры

Фрянов В.Н.  
инициалы, фамилия

Согласовано:

Старший методист  
методического отдела

\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

## Приложение А

### Аннотация

#### рабочей программы дисциплины «Моделирование технологических процессов»

наименование учебной дисциплины

по специальности

**21.05.04 «Горное дело»**

код и наименование специальности

**«Подземная разработка пластовых месторождений»  
форма обучения – заочная**

### 1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины является:

- формирование профессиональных компетенций, необходимых для эффективного использования инструментария физического и математического моделирования, планирования и обработки результатов эксперимента при изучении отдельных процессов и технологии горного 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 специальности

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

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– общая геология;

– технология строительства горных выработок;

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

– вскрытие и подготовка шахтных полей;

– комбинированная разработка месторождений полезных ископаемых;

–технология отработки пологих пластов.

### 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
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	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.

#### – 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 учебной дисциплины

Семестр / курс		<b>ИТОГО</b>	<b>Курс 5</b>
Форма промежуточной аттестации			зачет, экзамен
Трудоёмкость	академ. час.	<b>216</b>	<b>216</b>
	зачетных единиц	<b>6</b>	<b>6</b>
Лекции, академ. час.		<b>2</b>	2
Лабораторные работы, академ. час.		<b>0</b>	0
Практические работы, академ. час.		<b>12</b>	12
Курсовой проект, академ. час.		<b>0</b>	0
Консультации, академ. час.		<b>0</b>	0
Самостоятельная работа, академ. час.		<b>189</b>	189
Контроль, академ. час.		<b>13</b>	13

#### 5 Краткое содержание учебной дисциплины

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

##### **Раздел 1. Аналитические и графоаналитические модели процессов геотехнологии.**

Тема 1.1 Методы теории графов при моделировании производственных процессов геотехнологии.

Тема 1.2 Динамическое программирование при моделировании формирования и развития сложных технологических систем в геотехнологии.

Тема 1.3 Системы дифференциальных уравнений и методы их решений при моделировании технологических процессов геотехнологии.

##### **Раздел 2. Физическое моделирование процессов геотехнологии.**

Тема 2.1 Область применения и критерии физического моделирования процессов геотехнологии.

Тема 2.2 Физический эксперимент при адаптации математических моделей процессов геотехнологии.

##### **Раздел 3. Имитационное моделирование производственных процессов геотехнологии.**

Тема 3.1 Законы и параметры распределения случайных величин. Регрессионные модели процессов геотехнологии.

Тема 3.2 Генераторы случайных чисел. Использование метода Монте-Карло при моделировании стохастических процессов геотехнологии.

Тема 3.3 Нейросетевое моделирование производственных процессов геотехнологии.

##### **Раздел 4. Адаптация моделей процессов геотехнологии. Планирование и обработка результатов эксперимента с использованием моделей.**

Раздел 4.1 Планирование эксперимента с использованием

физических и математических моделей процессов геотехнологии.  
Раздел 4.2 Адаптация моделей процессов геотехнологии.

**6 Составитель:** проф., д.т.н. Домрачев А.Н.