

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

Кафедра геотехнологии

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной и
воспитательной работе
_____ М.В. Темлянецв
подпись
« ____ » _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование технологических процессов

21.05.04 «Горное дело»
(направленность (профиль): «Подземная разработка пластовых
месторождений»)

Квалификация выпускника
Горный инженер (специалист)

Форма обучения
Заочная форма

Срок обучения: 6 лет 1 месяц

Год начала подготовки 2022

Новокузнецк
2022

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

- формирование профессиональных компетенций;
- рациональное использование инструментария физического и математического моделирования;
- освоение методики обработки результатов эксперимента.

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 части, формируемой участниками образовательных отношений **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.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Профессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ПК	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Планируемые результаты обучения
	ПК-1: Способен планировать, организовывать и реализовывать проектные и научно-исследовательские	ПК-1.3 Реализует на практике приемы работы с компьютером как средством управления и обработки данных отражающих	– знать: принципы работы с векторной графикой. – уметь:

	работы в области геотехнологии, геомеханики, аэрологии и рудничной аэрогазомеханики с использованием современных и перспективных цифровых технологий, математических методов, программных и программно-аппаратных комплексов, возможностей сетевых технологий	процессы горного производства	применять на практике приемы создания объектов в векторной графике. – владеть: способами обработки векторной графики.
--	---	-------------------------------	--

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 педагогическим работником включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иную контактную работу, предусматривающую групповую или индивидуальную работу обучающихся с педагогическим работником. Контактная работа обучающихся с педагогическим работником может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде.

Объем учебной дисциплины

Сессия / курс		ИТОГО	2 сессия / 5 курс	3 сессия / 5 курс
Форма промежуточной аттестации				<i>экзамен</i>
Трудоёмкость	<i>академ. час.</i>	180	36	144
	<i>зачетных единиц</i>	5	1	4
Лекции, <i>академ. час.</i>		2	2	0
в форме практической подготовки		0	0	0
Лабораторные работы, <i>академ. час.</i>		0	0	0
в форме практической подготовки		0	0	0
Практические занятия, <i>академ. час.</i>		10	0	10
в форме практической подготовки		0	0	0
Курсовая работа / проект, <i>академ. час.</i>		0	0	0
в форме практической подготовки		0	0	0
Консультации, <i>академ. час.</i>		0	0	0
в форме практической подготовки		0	0	0

Самостоятельная работа, <i>академ. час.</i>	159	34	125
в форме практической подготовки	0	0	0
Контроль, <i>академ. час.</i>	9	0	9
в форме практической подготовки	0	0	0

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 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 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 верификация 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, <i>академ. час</i>	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1.	Аналитические и графоаналитические модели процессов геотехнологии	2	
Итого:		2	0

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, <i>академ. час</i>	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 2.	Построение технологического (операционного) графа процесса геотехнологии	4	
Раздел 3.	Поиск экстремальных путей на технологическом графе для решения задач оптимизации параметров геотехнологии	4	
Раздел 4.	Выбор оптимального варианта очередности строительства и ввода в эксплуатацию угольной шахты методами динамического программирования	2	
Итого:		10	0

7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, <i>академ. час</i>	
		всего	в форме практической подготовки
	<i>Отсутствуют</i>		
Итого:		0	0

8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы дисциплины	Темы курсовых работ (проектов)	Трудоемкость, <i>академ. час</i>	
		всего	в форме

			практической подготовки
	<i>Отсутствуют</i>		
Итого:		0	0

9 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, академ. час	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1.	1. Изучение лекционного материала.	39	
Раздел 2.	1. Изучение теоретического материала; 2. Подготовка к практическому занятию.	40	
Раздел 3.	1. Изучение теоретического материала; 2. Подготовка к практическому занятию.	40	
Раздел 4.	1. Изучение теоретического материала; 2. Контрольная работа; 3. Оформление отчета о практической работе; 4. Подготовка к практическому занятию.	40	
<i>Контроль</i>	<i>Подготовка к экзамену</i>	9	
Итого:		168	0

10 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Лобанов, А. И. Математическое моделирование нелинейных процессов : учебник для вузов / А. И. Лобанов, И. Б. Петров. – Москва : Юрайт, 2020. – 255 с. – ISBN 978-5-9916-8897-0. – URL: <https://urait.ru/bcode/452200> (дата обращения: 12.03.2022);

2 Компьютерное моделирование технологических процессов ОМД : лабораторный практикум / Крискович С. М., Скрипаленко М. М., Будников А. С. [и др.]. – Москва : МИСиС, 2019. – 146 с. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/Misis_143.html (дата обращения: 12.03.2022);

3 Андросова, Г. М. Моделирование и оптимизация процессов : учебное пособие / Г. М. Андросова, Е. В. Косова. – Омск : Омский

государственный технический университет (ОмГТУ), 2017. – 107 с. – ISBN 978-5-8149-2443-8. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493254> (дата обращения: 12.03.2022);

4 Лаппи, Ф. Э. Расчет и компьютерное моделирование переходных процессов в линейных цепях (от простого к сложному) : учебное пособие / Ф. Э. Лаппи, Ю. В. Морозов. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 128 с. – ISBN 978-5-7782-3976-0. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576393> (дата обращения: 12.03.2022).

б) 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 : [коллекция «Инженерно-технические науки»] / ООО «Издательство Лань». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: <http://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

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

4 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство Юрайт». – Москва, [200 –]. – URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

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

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

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

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- AutoCAD;
- Free Pascal;
- Libre Office;
- Microsoft Office 2010;
- Microsoft Windows 7;
- Scilab.

г) 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

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;

- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий);

- учебную аудиторию (помещения) для 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 направлению подготовки (специальности) 21.05.04 «Горное дело».

Составитель(и):

заведующий кафедрой Фрянов Виктор Николаевич (кафедра геотехнологии).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

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;
- рациональное использование инструментария физического и математического моделирования;
- освоение методики обработки результатов эксперимента.

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 части, формируемой участниками образовательных отношений **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.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Профессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ПК	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Планируемые результаты обучения
	ПК-1: Способен планировать, организовывать и реализовывать проектные и научно-исследовательские работы в области геотехнологии, геомеханики, аэрологии и рудничной аэрогазомеханики с использованием современных и перспективных цифровых технологий, математических методов, программных и программно-аппаратных комплексов, возможностей сетевых технологий	ПК-1.3 Реализует на практике приемы работы с компьютером как средством управления и обработки данных отражающих процессы горного производства	<p>– знать: принципы работы с векторной графикой.</p> <p>– уметь: применять на практике приемы создания объектов в векторной графике.</p> <p>– владеть: способами обработки векторной графики.</p>

4 Объем учебной дисциплины

Сессия / курс		ИТОГО	2 сессия / 5 курс	3 сессия / 5 курс
Форма промежуточной аттестации				<i>экзамен</i>
Трудоёмкость	<i>академ. час.</i>	180	36	144
	<i>зачетных единиц</i>	5	1	4
Лекции, <i>академ. час.</i>		2	2	0
в форме практической подготовки		0	0	0
Лабораторные работы, <i>академ. час.</i>		0	0	0
в форме практической подготовки		0	0	0
Практические занятия, <i>академ. час.</i>		10	0	10
в форме практической подготовки		0	0	0
Курсовая работа / проект, <i>академ. час.</i>		0	0	0
в форме практической подготовки		0	0	0
Консультации, <i>академ. час.</i>		0	0	0
в форме практической подготовки		0	0	0
Самостоятельная работа, <i>академ. час.</i>		159	34	125
в форме практической подготовки		0	0	0
Контроль, <i>академ. час.</i>		9	0	9
в форме практической подготовки		0	0	0

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 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 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):

заведующий кафедрой Фрянов Виктор Николаевич (кафедра геотехнологии).