Міністерство освіти і науки України
Житомирський державний технологічний університет

Кальчук С.В.

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ

методичні вказівки до теоретичного, практичного та самостійного вивчення дисципліни

для студентів денної та заочної форм навчання,
що навчаються за **спеціальністю:** 184 «Гірництво»
спеціалізації: «Розробка родовищ та видобування корисних копалин»

м. Житомир
2016

Міністерство освіти і науки України
Житомирський державний технологічний університет

Кальчук С.В

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ

методичні вказівки до теоретичного, практичного та самостійного вивчення дисципліни

для студентів денної та заочної форм навчання,
що навчаються за **спеціальністю:** 184 «Гірництво»
спеціалізації: «Розробка родовищ та видобування корисних копалин»

Затверджено на засіданні
кафедри розробки
родовищ корисних копалин
ім. проф. Бакка М.Т.
Протокол №1від 29.08.2016 р.

Затверджено на засіданні
методичної ради ГЕФ
Протокол №1 від 31.08.2016 р.

Житомир
2016

УДК 622.271.3
Р24

Кальчук С.В. М. Методичні вказівки до теоретичного, практичного та самостійного вивчення дисципліни для студентів денної та заочної форм навчання, що навчаються за для студентів денної та заочної форм навчання,що навчаються за спеціальністю: 184 «Гірництво», спеціалізації: «Розробка родовищ та видобування корисних копалин» – Житомир: ЖДТУ, 2016. – 20 с.

Упорядники:

Кальчук Сергій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М.Т. Житомирського державного технологічного університету

Відповідальний за випуск:

Підвисоцький Віктор Тодосійович, доктор геологічних наук, завідувач кафедри розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М.Т.

Рецензент:

Толкач Олександр Миколайович, кандидат технічних наук, доцент кафедри розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М.Т. Житомирського державного технологічного університету

© Кальчук С.В.,2016

ЗМІСТ

Вступ	5
Програма навчальної дисципліни	6
Структура навчальної дисципліни	11
Зміст практичних занять та самостійної роботи студентів з навчальної дисципліни «Моделювання систем гірничих підприємств»	12
Контрольні запитання з курсу «Моделювання систем гірничих підприємств»	15
Рекомендована література	17

ВСТУП

Навчальна дисципліна "Моделювання систем гірничих підприємств" складається з вивчення студентами основних підходів і принципів побудови моделей та набуття навичок застосування їх для розв'язання задач гірничого моделювання, що виникають при розробці чи дослідженні комп'ютерних гірничих інформаційних та інших систем. Тому **метою викладання дисципліни є** навчити студентів методам моделювання процесів гірничого виробництва за станів масиву гірських порід з використанням сучасних інформаційних систем.

Завдання викладання дисципліни

Головне завдання при вивченні дисципліни – вивчити усі сучасні методи моделювання технологічних процесів та застосування їх для побудови моделей гірничих процесів та явищ в геомеханічному середовищі.

Кінцевою метою вивчення дисципліни є – освоєння методів моделювання систем, сучасних програмних та інформаційних засобів у процесі моделювання та дослідження гірничого виробництва.

В результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати: основні види моделей та їх класифікацію; основні вимоги до моделей; поняття адекватності, сталості та чутливості моделі; основні принципи побудови моделей; моделювання випадкових процесів; моделі теорії черг; елементи логіки роботи інтерпретатора.

вміти: розробляти різні типи моделей гірничих та геомеханічних процесів; обґрунтовувати та обирати найбільш доцільні до визначених умов методи моделювання процесів та явищ гірничого середовища; володіти методами та мовами моделювання; володіти сучасними програмними продуктами з моделювання технологічних процесів.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Наука моделювання.

Тема 1. Вступ. Предмет дисципліни, її зміст та завдання.

Вступ у теорію моделювання. Предмет, завдання та зміст дисципліни.

Тема 2. Моделювання. Основні поняття. Види моделей, їх класифікація. Вимоги до моделей.

Поняття моделювання. Поняття системи. Поняття моделі. Співвідношення між моделлю та системою. Детерміновані відношення, ймовірнісні відношення зі скінченною множиною станів, ймовірнісні відношення з нескінченною множиною станів. Види моделей та їх класифікація за різними критеріями. Спосіб подання моделі. Абстрактні і реальні моделі. Символічні (лінгвістичні) моделі. Математична модель. Аналітичні, імітаційні та комбіновані моделі. Метод статистичного моделювання. Використання комбінованих (інформаційно-аналітичних) моделей. Натурні (фізичні) моделі. Макетні моделі. Статичні та динамічні моделі. Дискретні, неперервні і дискретно-неперервні (комбіновані) моделі. Детерміновані і стохастичні моделі. Поняття складної системи. Вимоги до моделей.

Тема 3. Основні види моделювання. Формальні методи побудови моделей.

Основні види моделювання. Математичне (аналітичне), імітаційне і статистичне моделювання. Декомпозиція систем та простір станів. Фазовий простір системи. Траєкторія руху у фазовому просторі. Функція дій. Схема опису динамічних систем. Формальні методи побудови моделей. Описові та приписуючі моделі. Кібернетичний підхід. Методи теорії ідентифікації. Системна динаміка. Теоретико-множинний підхід. Причинно-наслідкові схеми.

Тема 4. Ідентифікація параметрів математичної моделі. Адекватність, чутливість, несуперечність моделі.

Постановка задачі ідентифікації моделей. Задача ідентифікації в широкому розумінні. Задача ідентифікації у вузькому розумінні. Загальна схема ідентифікації моделі. Основні етапи розв'язання задачі ідентифікації та їх взаємозв'язок. Метод найменших квадратів для ідентифікації параметрів моделі. Схема взаємозв'язку основних етапів розв'язання задачі ідентифікації. Поняття адекватності, сталості та чутливості моделі, формальні способи їх перевірки. Оцінка адекватності моделі. Оцінка сталості моделі. Оцінка чутливості імітаційної моделі. Поняття несуперечливості моделі. Формально несуперечливі, суперечливі, або несумісні системи.

Тема №5. Принципи побудови моделей. Технологія моделювання.

Основні принципи побудови моделей. Принцип інформаційної достатності. Принцип доцільності. Принцип здійсненності. Принцип множинності моделей. Принцип агрегації. Принцип параметризації. Застосування методології ітераційного багаторівневого моделювання. Технологія моделювання: основні етапи, їх взаємозв'язок та характеристики. Концептуальна модель. Валідація та верифікація.

Тема №6. Моделі розрахункових процесів і управління.

Динамічні моделі, P-, Q-, F-, A-схеми. Мережні моделі. Поняття типової математичної схеми моделі. Незалежні (екзогенні) змінні. Залежні (ендогенні) змінні. Закон функціонування системи. Алгоритм функціонування. Математична модель об'єкта. Типові математичні схеми. Неперервно-детерміновані моделі (D-схеми). Диференціальні рівняння. Рівняннями в частинних похідних. Дискретно-детерміновані моделі (F-схеми). Теорія автоматів. Скінченним автоматом. Синхронні і асинхронні автомати. Таблиця переходів F-автомата Мілі. Таблиця переходів F-автомата Мура. Графи автоматів Мілі і Мура. Дискретно-стохастичні моделі (P-схеми). Ймовірнісний автомат. Неперервно-стохастичні моделі (Q-схеми). Систем масового обслуговування (СМО). Потік однорідних та

неоднорідних дій. Узагальнені моделі (А-схеми). Агрегативні системи. Структура агрегативної системи.

Тема №7. Ймовірнісні моделі. Моделювання випадкових процесів.

Моделюванням випадкових процесів. Генератори псевдовипадкових чисел. Моделювання випадкових процесів. Моделювання простих подій. Моделювання повної групи подій. Моделювання складних незалежних подій. Моделювання складних незалежний подій. Моделювання складних залежних подій. Метод зворотної функції. Моделювання випадкової величини, розподіленої за нормальним законом. Моделювання випадкової величини, розподіленої за показниковим законом. Моделювання випадкової величини, розподіленої за рівномірним законом. Моделювання випадкової величини, розподіленої за законом Пуассона. Закон появи рідкісних подій. Метод Монте-Карло. методом статистичних випробувань.

Тема №8. Моделі теорії черг.

Мережі Петрі. Часова мережа Петрі. Конфліктна ситуація. Кольорова мережа Петрі. Інгібіторна мережа Петрі. Ланцюги Маркова. Однорідні ланцюги Маркова зі зліченим числом станів.

Змістовий модуль 2. Моделювання систем.

Тема 1. Поняття імітаційного моделювання. Моделі систем масового обслуговування.

Поняття імітаційного моделювання та імітаційної моделі. Розробка програмного забезпечення вирішення моделі або імітаційного алгоритму. Основні поняття теорії масового обслуговування. Основні поняття теорії масового обслуговування. Системи масового обслуговування, їх класифікація та основні характеристики. Класифікація систем масового обслуговування. Предмет дослідження теорії масового обслуговування. Принципи роботи GPSS World. Об'єкти в GPSS. Динамічні та операційні об’єкти.

Об'єкти апаратної категорії. Обчислювальна категорія. Об'єкти запам'ятовуючої категорії. Елементи логіки роботи інтерпретатора.

Тема 2. Блоки, що забезпечують побудову моделі типу «СМО з одним пристроєм». Забезпечення пріоритетного обслуговування.

Введення транзактів у модель. Модифікатор-функція. Вилучення транзактів з моделі та завершення моделювання. Моделювання пристоїв. Зайняття та звільнення пристрою. Переривання обслуговування пристроєм. Недоступність пристрою і відновлення доступності. Реалізація затримки на час обслуговування. Забезпечення пріоритетного обслуговування.

Тема 3. Блоки, що забезпечують побудову моделі типу «Багатоканальні СМО». Засоби, що використовуються для забезпечення точності результатів імітаційного моделювання.

Засоби GPSS World, що використовуються для забезпечення точності результатів імітаційного моделювання. Багатоканальні пристрої. Особливості роботи блоуів, що забезпечують побудову моделі "Багатоканальні СМО".

Тема 4. Стандартні числові та логічні атрибут, їх використання в моделях.

Стандартні числові й логічні атрибути. Їх використання в моделях. Функції в GPSS World та їх використання в моделях. Генерування випадкових чисел у GPSS. Спискові числові функції. Дискретні атрибутивні функції. Спискові атрибутивні функції. Оператори опису деяких ймовірнісних розподілів. Неперервні розподіли. Дискретні розподіли.

Тема №5. Збережувані величини і матриці. Змінні та вирази. Зміна маршрутів транзактів.

Блоки, які змінюють значення параметрів транзактів. Функції-модифікатори. Комірки зберігання. Матриці комірок зберігання. Змінні та вирази. Арифметичні, умовні та логічні оператори. Змінні користувача. Арифметичні змінні й арифметичні вирази. Арифметична змінна і змінна з плаваючою крапкою. Булеві змінні. Зміна маршрутів транзактів. Режим функції, параметра та підпрограми.

Тема №6. Використання таблиць в моделюванні.

Накопичення статистики в GPSS World. Складові таблиць GPSS. Реєстратор черги. Поняття таблиці, її складові, використання таблиць. Оператори опису таблиць. Трасування.

Тема №7. Списки користувача та блоки для їх формування. Групи і сімейства транзактів.

Списки користувача та блоки для їх формування. Призначення списку користувача. Групи і сімейства транзактів. Список синхронізації.

Тема №8. Сучасний стан імітаційного моделювання. Основні сфери використання імітаційних моделей.

Сучасний стан і розвиток імітаційного моделювання в Україні та за кордоном. Основні етапи розвитку методів імітаційного моделювання. Модельно-орієнтовані імітаційні пакети. Мови та системи моделювання. Короткий огляд деяких нових систем і мов моделювання. Сфери застосування імітаційних моделей.

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		л	п	с.р.		л	п	с.р.
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
Змістовий модуль 1. Наука моделювання.								
Тема 1. Вступ. Предмет дисципліни, її зміст та завдання.	10	2	2	6	8	-	-	8
Тема 2. Моделювання. Основні поняття. Види моделей, їх класифікація. Вимоги до моделей.	10	-	2	8	10	2	-	8
Тема 3. Основні види моделювання. Формальні методи побудови моделей.	10	2	2	6	10	-	-	10
Тема 4. Ідентифікація параметрів математичної моделі. Адекватність, чутливість, несуперечність моделі.	10	-	2	8	8	-	-	8
Тема №5. Принципи побудови моделей. Технологія моделювання.	10	2	2	6	10	2	-	8
Тема №6. Моделі розрахункових процесів і управління.	8	-	2	6	10	-	2	8
Тема №7. Ймовірнісні моделі. Моделювання випадкових процесів.	10	2	2	6	10	-	2	8
Тема №8. Моделі теорії черг.	8	-	2	6	10	-	-	10
Разом за змістовим модулем 1	**76**	**8**	**16**	**52**	**76**	**4**	**4**	**68**
Змістовий модуль ІІ. Моделювання систем.								
Тема 1. Поняття імітаційного моделювання. Моделі систем масового обслуговування.	10	2	2	6	10	2	-	8
Тема 2. Блоки, що забезпечують побудову моделі типу «СМО з одним пристроєм». Забезпечення пріоритетного обслуговування.	10	-	2	8	10	-	-	10
Тема 3. Блоки, що забезпечують побудову моделі типу «Багатоканальні СМО». Засоби, що використовуються для забезпечення точності результатів імітаційного моделювання.	10	2	2	6	8	-	-	8

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
Тема 4. Стандартні числові та логічні атрибут, їх використання в моделях.	8	-	2	6	10	2	-	8
Тема №5. Збережувані величини і матриці. Змінні та вирази. Зміна маршрутів транзактів.	10	2	2	6	10	-	-	10
Тема №6. Використання таблиць в моделюванні.	8	-	2	6	10	-	2	8
Тема №7. Списки користувача та блоки для їх формування. Групи і сімейства транзактів.	10	2	2	6	8	-	-	8
Тема №8. Сучасний стан імітаційного моделювання. Основні сфери використання імітаційних моделей.	8	-	2	6	8	-	-	8
Разом за змістовим модулем 2	**74**	**8**	**16**	**50**	**74**	**4**	**2**	**68**
Усього годин	**150**	**16**	**32**	**102**	**150**	**8**	**6**	**136**

ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СУДЕНТІВ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ „МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ”

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	*2*	*3*
1	**Практична робота № 1.** Вступ. Предмет дисципліни, її зміст та завдання.	2
2	**Практична робота № 2.** Види моделей, їх класифікація. Вимоги до моделей.	2
3	**Практична робота № 3**. Формальні методи побудови моделей**.**	2
4	**Практична робота № 4**. Ідентифікація параметрів математичної моделі.	2
5	**Практична робота № 5**. Принципи побудови моделей. Технологія моделювання.	2
6	**Практична робота № 6**. Моделі розрахункових процесів і управління.	2
7	**Практична робота № 7**. Моделювання випадкових процесів.	2
8	**Практична робота № 8.** Моделі теорії черг.	2

1	*2*	*3*
9	**Практична робота № 9**. Моделі систем масового обслуговування.	2
10	**Практична робота № 10.** Блоки, що забезпечують побудову моделі типу «СМО з одним пристроєм». Забезпечення пріоритетного обслуговування.	2
11	**Практична робота № 11.** Блоки, що забезпечують побудову моделі типу «Багатоканальні СМО». Засоби, що використовуються для забезпечення точності результатів імітаційного моделювання.	2
12	**Практична робота № 12.** Стандартні числові та логічні атрибут, їх використання в моделях.	2
13	**Практична робота № 13.** Збережувані величини і матриці. Змінні та вирази. Зміна маршрутів транзактів.	2
14	**Практична робота № 14**. Використання таблиць в моделюванні.	2
15	**Практична робота № 15.** Списки користувача та блоки для їх формування. Групи і сімейства транзактів.	2
16	**Практична робота № 16**. Сучасний стан імітаційного моделювання. Основні сфери використання імітаційних моделей.	2

Теми самостійних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	*2*	*3*
1	Вступ. Предмет дисципліни, її зміст та завдання. Література: [1]	6
2	Моделювання. Основні поняття. Види моделей, їх класифікація. Вимоги до моделей. Література: [1,2]	8
3	Основні види моделювання. Формальні методи побудови моделей. Література: [3]	6
4	Ідентифікація параметрів математичної моделі. Адекватність, чутливість, несуперечність моделі. Література: [3,4]	8

1	*2*	*3*
5	Принципи побудови моделей. Технологія моделювання. Література: [4,6]	6
6	Моделі розрахункових процесів і управління. Література: [4, 3,5]	6
7	Ймовірнісні моделі. Моделювання випадкових процесів. Література: [7,8]	6
8	Моделі теорії черг. Література: [3, 7,10]	6
9	Поняття імітаційного моделювання. Моделі систем масового обслуговування. Література: [10, 12, 14]	6
10	Блоки, що забезпечують побудову моделі типу «СМО з одним пристроєм». Забезпечення пріоритетного обслуговування. Література: [16, 17]	8
11	Блоки, що забезпечують побудову моделі типу «Багатоканальні СМО». Засоби, що використовуються для забезпечення точності результатів імітаційного моделювання. Література: [16, 18]	6
12	Стандартні числові та логічні атрибут, їх використання в моделях. Література: [19]	6
13	Збережувані величини і матриці. Змінні та вирази. Зміна маршрутів транзактів. Література: [11]	6
14	Використання таблиць в моделюванні. Література: [11]	6
15	Списки користувача та блоки для їх формування. Групи і сімейства транзактів. Література: [11].	6
16	Сучасний стан імітаційного моделювання. Основні сфери використання імітаційних моделей. Література: [16, 18, 20].	
	Разом	**102**

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ З КУРСУ
«МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ»

1. Яку систему називають моделлю?
2. Як називається перехід від моделі до оригіналу?
3. Якщо значення модельованих параметрів системи (процесу) визначають перехід системи в інший її стан, то модель системи (процесу) є?
4. Як називається перехід від детального опису системи до зображення її в більш цілісному, структурованому вигляді?
5. Що передбачає модель "закритої" системи?
6. Що таке відношення в системі?
7. Що є адаптивністю моделі системи?
8. Як називається принцип імовірнісних оцінок на основі заміни середньої в часі величини просторовою середньою для великої кількості систем в один і той самий момент часу?
9. Що відноситься до першого етапу машинного опрацювання інформації?
10. Як змінюється функція f поміж вузлами при виконанні лінійної інтерполяції ?
11. Що лежить в основі моделювання?
12. Якщо модель описується лінійними рівняннями відносно змінних стану, якою вона є?
13. На що спрямоване оптимальне керування показником системи?
14. Як називається перетворення агрегованої моделі на вихідну, що дає можливість зіставлення розв’язків на рівні локальних моделей?
15. Що передбачає модель "відкритої" системи?
16. Як називаються моделі в яких просторові характеристики природної системи не враховуються, а враховуються які залежать тільки від часу?
17. Якою є термодинамічна модель системи, яка зовсім не взаємодіє із зовнішніми системами?

18. Як називається система математичних рівнянь чи нерівностей, які зв’язують між собою математичні знаки, що описують суттєві характеристики системи?
19. Що входить до заключного етапу виконання модельного експерименту?
20. Як називається заміна деякої реальної функції f на модельну функцію f1, яка є більш зручною при реалізації числового модельного експерименту?
21. Що є головною ознакою математичної моделі?
22. Які моделі відбивають суттєві властивості певного відображення реального об’єкта в нашій уяві?
23. Що таке модельна декомпозиція системи?
24. Як називається перетворення агрегованої моделі на вихідну, що дає можливість зіставлення розв’язків на рівні локальних моделей?
25. Як називають модель "закритої" термодинамічної системи, яка не обмінюється теплотою із зовнішніми системами?
26. Як називаються моделі в яких враховується зміна характеристик не тільки в часі, а й у просторі?
27. Що передбачає автоматизована система керування із зворотнім зв'язком деякого параметру системи?
28. Як називається такий метод дослідження системи, при якому вона замінюється на модель, із збереженням фізичної природи?
29. Яким ознакам має задовольняти алгоритм числової моделі?
30. Скільки повинен становити коефіцієнт кореляції r, щоб зв'язок поміж результатом модельного дослідження і реальним значенням досліджуваного параметру системи вважався функціональним?
31. Якою є модель системи (процесу), якщо значення модельованих параметрів системи (процесу) залишаються стабільними у часі?
32. Як називаються системи с яких існує параметр часу?
33. Що таке ефективність моделі системи?
34. Що таке об’єкти в системі?
35. Що є умовою рівноваги моделі термодинамічної багатофазної (багатопараметричної) системи?

36. Як називається набір станів системи, які неперервно або дискретно змінюють один одного?
37. Що розуміють під модельним дослідженням системи?
38. Як називається метод розчленування задачі системного аналізу на локальні, простіші під задачі, які розв’язуються незалежно одна від одної, з подальшою координацією одержаних результатів для розв’язання вихідної задачі?
39. Як поділяють усі алгоритми числових моделей у відповідності до особливостей їх структури?
40. Вивчення чого передбачає модель тренду системи?
41. Якою модель системи (процесу), якщо значення модельованих параметрів системи (процесу) змінюються у часі?
42. Як називається модель, для якої відомі результати реальних експериментів, за якими знаходять рівняння зв’язків між факторами системи?
43. Що передбачає модель "ізольованої" системи?
44. Що таке атрибути в системі?
45. Що називають оптимізацією розв'язку аналітичної моделі системи?
46. Як називається зміна структури системи у часі?
47. Що таке структура моделі системи?
48. Які дві системи в теорії подібності фізичного моделювання вважаються подібними?
49. Як називається спосіб наближеного визначення деякого параметру за відомими значеннями цього параметру в окремих точках?
50. У чому полягає прогноз поводження досліджуваної системи виконаний за результатами дослідження статистичної моделі?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бахвалов Н. С. Численные методы / Н. С. Бахвалов. – М. : Наука, 2000. – 286 с.

2. Бережная Е. В. Математические методы моделирования экономических систем : учебн. пособ. / Е. В. Бережная, В. И. Бережной. – 2-е изд. – М. : Финансы и статистика, 2006. – 432 с.

3. Венцель Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Венцель, Л. А. Овчаров. – М. : Наука, 1969. – 368 с.

4. Ермаков С. М. Метод Монте-Карло и смежные вопросы / С. М. Ермаков. – Изд. 2-е. – М. : Наука, 1975. – 472 с.

5. Задачин В. М. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни "Моделювання систем" : навч.-практ. посібн. / В. М. Задачин, І. Г. Конюшенко. – Харків : Вид. ХНЕУ, 2009. – 212 с. (Укр. мов).

6. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни "Моделювання систем" для студентів напрямку підготовки 0804 "Комп'ютерні науки" всіх форм навчання / укл. В. М. Задачин, І. Г. Конюшенко. – Харків : Вид. ХНЕУ, 2007. – 96 с.

7. Молчанов А. А. Моделирование и проектирование сложных систем / А. А. Молчанов. – К. : Вища школа, 1999. – 664 с.

8. Пономаренко В. С. Моделювання дискретних процесів : навч. посібн. / В. С. Пономаренко. – К. : ІСДО, 1993. – 180 с.

9. Робоча програма навчальної дисципліни "Моделювання систем" для студентів напряму підготовки "Комп'ютерні науки" всіх форм навчання / укл. В. М. Задачин, І. Г. Конюшенко. – Харків : Вид. ХНЕУ, 2008. – 44 с. (Укр. мов.).

10. Рыжиков Ю. И. Имитационное моделирование. Теория и технологии / Ю. И. Рыжиков. – М. : Альтекс–А, 2004. – 384 с.

11. Советов Б. Я. Моделирование систем / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М. : Высшая школа, 1998. – 319 с.

12. Томашевський В. М. Моделювання систем / В. М. Томашевський. – К. : Видавнича група BHV, 2005. – 349 с.

13. Васильев А. И. Имитационное моделирование информационных и вычислительных систем с использованием языка моделирования GPSS / А. И. Васильев. – Владивосток : Изд. ДВГТУ, 1998. – 48 с.

14. Васильев А. И. Имитационное моделирование систем массового обслуживания с использованием языка моделирования GPSS / А. И. Васильев, Н. Н. Хобта, И. В. Брязгин. – Владивосток : Изд. ДВПИ, 1984. – 36 с.

15. Вознесенский В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В. А. Вознесенский . – М. : Статистика, 1974. – 192 с.

16. Гультяев А. MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде Windows : практ. пособ. / А. Гультяев. – СПб. : КОРОНА принт, 1999. – 288 с.

17. Жерновий Ю. В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування : практикум / Ю. В. Жерновий. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 307 с.

18. Кравченко П. П. Имитационное моделирование вычислительных систем средствами GPSS/PC / П. П. Кравченко, Н. Ш. Хусаинов. – Таганрог : ТРТУ, 2000. – 116 с.

19. Кузьменко В. М. Специальные языки программирования. Программные и инструментальные средства моделирования сложных систем / В. М. Кузьменко. – Харьков : Основа, 2001. – 124 с.

20. Кутузов О. И. Имитационное моделирование сетей массового обслуживания : учебн. пособ. / О. И. Кутузов, В. Н. Задорожный, С. И. Ол-зоева. – Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2001. – 228 с.

Навчальне видання

Кальчук Сергій Володимирович

УПРАВЛІННЯ СТАНОМ ГІРСЬКОГО МАСИВУ

Методичні вказівки до теоретичного, практичного та самостійного вивчення дисципліни для студентів денної та заочної форм навчання, що навчаються за для студентів денної та заочної форм навчання,що навчаються за спеціальністю: 184 «Гірництво», спеціалізації: «Розробка родовищ та видобування корисних копалин»

Редактор	С.В. Кальчук
Технічний редактор	С.В. Кальчук
Компьютерна верстка	С.В. Кальчук

Підписано до друку 02.09.2016. Формат 30×42/4. Папір офс.
Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 2,6. Тираж 20 пр.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єктів видавничої справи
ЖТ №08 від 26.03.2004 р.

Редакційно-видавничий відділ
Житомирського державного технологічного університету
вул. Чуднівська, 103, Житомир,10005