

# ПРОГРАМА ФАКУЛЬТАТИВНОГО КУРСУ "ОСНОВИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ"

І.О. Теплицький

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

## 1. Пояснювальна записка.

Внаслідок проведеної в останнє десятиліття інформатизації освіти було досягнуто такого рівня комп'ютерної грамотності, який дозволив перейти до широкого використання засобів обчислювальної техніки у вивченні різноманітних навчальних дисциплін (НІТН). У цьому процесі серед інших компонентів помітне місце посідає комп'ютерне моделювання, оскільки пізнання навколишнього світу (а отже й навчання як різновид пізнання) спирається у своїй основі саме на модельні уявлення і поза ними неможливе. Немає жодної науки, жодної галузі знань, де не займалися б моделюванням.

Моделювання взагалі і комп'ютерне моделювання зокрема здатне виконувати важливу гуманістичну функцію: саме можливість прогнозувати наслідки багатьох антропогенних факторів допомагає уникнути небажаних та небезпечних результатів навіть у глобальних масштабах (зміна клімату планети, «ядерна зима», екологічні катастрофи тощо), а отже формувати зміст і стиль політичного мислення у сучасному світі.

Застосування методу моделювання у навчальному процесі – одна з актуальних проблем сучасної дидактики і відповідних методик. Адже сам процес формування знань пов'язаний з перетворенням у свідомості учня одних моделей у інші, які є похідними від перших, але точнішими, з більшим наближенням до абсолютної істини.

Розглядаючи моделювання у двох аспектах – як сучасний метод теоретичних досліджень та як об'єкт спеціального вивчення, сформулюємо основні концептуальні положення:

– комп'ютерне моделювання в школі ми розглядаємо як засіб, здатний сприяти формуванню умінь проаналізувати проблему і визначити, яку частину її можна доручити ЕОМ, а яка вимагає людської інтуїції і здатності до прийняття рішення, а

також уміння на кожному кроці розв'язання критично осмислити результати роботи і визначити адекватність цих результатів та обраних методів розв'язування;

– досвід практичного володіння навичками комп'ютерного моделювання забезпечує значно вищий рівень опанування основ наук, а відтак, розширює можливості розвитку творчих здібностей школярів та задоволення їх пізнавальних інтересів при роботі у конкретних предметних середовищах – навчальних дисциплінах;

– у навчально-виховному процесі моделювання відіграє важливу інтегруючу роль, виступаючи як фактор, що актуалізує міжпредметні зв'язки і створює реальну основу для єдиного підходу при вивченні найрізноманітніших явищ навколишньої дійсності;

– ні знання будови ЕОМ, ні вміння програмувати, ні безліч комп'ютерів не приведуть до підвищення продуктивності педагогічної та учбової праці, якщо вони не будуть ефективно використовуватися, якщо не буде спеціальних змістовних навчальних задач з практичною спрямованістю та якісних навчальних моделей;

– навіть проста, але вдало побудована модель, як правило, має дивну властивість: результати її вивчення можуть містити деякі нові знання про об'єкт.

Програму даного курсу та відповідний навчальний план його вивчення складено на основі авторського посібника «Основи комп'ютерного моделювання» для учнів 9–11 класів ліцеїв, гімназій та класів з поглибленим вивченням природничо-математичних дисциплін. Курс передбачає наявність базової підготовки з математики та інформатики у обсязі шкільної програми і не є орієнтованим на використання якогось певного середовища для моделювання: для початку цілком достатньо знайомства з роботою в електронних таблицях, що входить до загальної підготовки користувача ЕОМ.

Комп'ютерне моделювання належить до тих видів інтелектуальної діяльності, якими можна оволодіти на основі власної практики. Проте зрозуміти, у чому полягає така робота, можна на спеціально підібраних прикладах, які ілюструють специфічні особливості процесу моделювання. Ось чому *головна*

*мета курсу – ознайомлення з основними принципами побудови математичних моделей та навчання найбільш поширених методів роботи з ними.*

Навчальний матеріал передбачає початкове вивчення відомостей про моделі та про технологію моделювання:

- формування і у подальшому уточнення загальних уявлень про моделі і моделювання;

- класифікація моделей, у якій особливу увагу приділено математичним моделям;

- у відповідності до природи математичних змінних розглядаються детерміновані та стохастичні (найчастіше імітаційні) моделі;

- особливості побудови моделей кожного типу відпрацьовуються на конкретних прикладах;

- обговорення таких специфічних особливостей комп'ютерного моделювання, як добір придатного типу моделі, формалізована постановка задачі, дискретизація процесів, що моделюються, використання чисельних методів, походження похибок та способи їх зменшення, перевірка моделі на адекватність і, за необхідності, подальше вдосконалення моделі;

- побудова моделей різних типів для вивчення одного й того самого явища та однакових моделей для вивчення різних явищ;

- кількість спеціальних термінів і понять зведено до мінімуму.

Безпосередня робота з математичною моделлю – обчислювальний експеримент – спрямована на пошук відповіді на питання: “А що відбудеться, якщо... ?” Ведеться вона за такою схемою:

- дослідження поведінки моделі внаслідок зміни вхідних даних;

- пошук оптимальних умов перебігу або рівноважних станів процесу;

- удосконалення моделі шляхом врахування додаткових факторів і вихід на новий рівень обчислювальних експериментів.

Обчислювальний експеримент з математичною моделлю усуває багато ускладнень, які часто виникають при аналітичному розв'язанні задачі. Одночасно він робить доступними для вивчення системи, складність яких сягає далеко за межі застосов-

ності аналітичних методів (наприклад, утворення регулярних структур з хаосу). Це, у свою чергу, створює реальні передумови для розширення змістової частини багатьох навчальних предметів. Сама природа комп'ютерного моделювання значно спрощує математичний опис явищ і, зокрема, в імітаційних моделях, робить його цілком по силах навіть для учнів нематематичних напрямків. Наявність комп'ютерних моделей дозволяє включати цікаві дослідницькі задачі до курсів різних навчальних дисциплін.

Практичну частину курсу складають різноманітні задачі з математики, фізики, хімії, біології (екології), оптимального управління тощо). Незважаючи на максимальну ідеалізацію об'єктів моделювання і порівняну простоту моделей зміст майже всіх пропонованих задач пов'язаний з практичними потребами суспільства: науково-технічними, господарськими, екологічними тощо.

Оскільки використання мови програмування значно розширює можливості комп'ютерного моделювання, у повну програму спецкурсу (для учнів, які вивчають програмування) включено окремі вибрані питання з програмування мовами Turbo Pascal та C++, напрямлені на ефективне використання ресурсів комп'ютера та на ознайомлення з об'єктно-орієнтованою методологією. Це надає можливості для створення геометричних імітаційних моделей, які відрізняються високою наочністю і зручністю дослідницької роботи з ними. Таким чином, вивчення специфічних прийомів та методів програмування стає не самоціллю, а органічно обумовлюється практичними потребами моделювання.

Отже, вивчення комп'ютерного моделювання у повному обсязі передбачає комплексний підхід: по-перше, ознайомлення з ідеологією математичного моделювання і, по-друге, суттєве вдосконалення знань з програмування. Все це разом обумовлює навантаження 2 години на тиждень.

Значне місце (близько 25% навчального часу) при вивченні спецкурсу відведено під індивідуальні курсові завдання – самостійну роботу учнів під керівництвом учителя, який і добирає тематику цих завдань з урахуванням інтересів і нахилів учнів.

II. Програма курсу комп'ютерного моделювання. (64 години)

<i>№ п/п</i>	<i>Зміст занять</i>	<i>Годин</i>
	<b>I. ВСТУП</b> 3 години.	
	Що таке модель і навіщо потрібні моделі? Яким буває моделювання? Математичні моделі. Основні характерні риси моделювання. Задача і відповідь. Спрощуючі припущення. Навіщо школярам знайомитися з моделюванням?	1
	Комп'ютерне моделювання та його особливості: – фактори, що залежать від комп'ютера (похибки округлення та шляхи їх зменшення); – фактори, пов'язані з методами роботи (похибки методу).	1
	Середовища для моделювання (демонстрація): – спеціалізовані середовища (GRANI, MathCad, Mathematica тощо); – електронні таблиці, бази даних та засоби ділової графіки.	1
	<u>Вимоги до знань та вмінь.</u> <i>Учні повинні мати уявлення про:</i> – роль і місце моделей у пізнанні навколишнього світу; – підходи до класифікації моделей; – особливості комп'ютерного моделювання (походження похибок округлення та шляхи їх зменшення); – середовища для моделювання. <i>Учні повинні вміти:</i> – наводити приклади моделей з природничо-наукових та суспільних дисциплін; – працювати у електронних таблицях та базах даних; – володіти основними засобами ділової графіки.	
	<b>II. ВИВЧЕННЯ МОДЕЛЕЙ, ЗАДАНИХ РІВНЯННЯМИ (ДЕТЕРМІНОВАНІ МОДЕЛІ)</b> 68 годин.	
	Найпростіша (ілюстративна) модель епідемії.	2
	Чисельний метод розв'язування. Різницева схема.	1
	Питання про підвищення точності обчислень та про стійкість різницевої схеми.	1
	Моделювання процесу поширення чуток (I–III версії).	3

Залік.

1

Вимоги до знань та вмінь.

*Учні повинні знати:*

- що основу будь-якої математичної моделі складає система спрощуючих припущень;
- основні відомості про якісні та кількісні моделі;
- за яких умов вдаються до покрокового (чисельного) методу розв'язування рівнянь;
- що собою являє метод скінчених різниць;
- в чому полягає обчислювальний експеримент та як він здійснюється;
- ознаки втрати її стійкості різницевої схеми;
- як обирається час моделювання.

*Учні повинні вміти:*

- готувати електронну таблицю як середовище для моделювання;
- складати різницеву схему за готовим алгоритмом;
- здійснювати обчислювальний експеримент з математичною моделлю з метою тестування та дослідження моделі;
- виявляти ознаки втрати стійкості моделлю;
- за даними таблиці одержувати та аналізувати графіки залежностей між певними величинами.

**ЕКОЛОГІЧНІ МОДЕЛІ**

(10 годин)

Модель одновидової популяції за відсутності обмежень (модель Мальтуса).

2

Модель популяції з урахуванням конкуренції (модель Пірла – Ферхюльста). Умова рівноваги.

1

Експлуатація відновлюваних ресурсів популяції.

1

Вікова модель одновидової популяції (модель Леслі).

3

Модель двовидової популяції «хижак – жертва» (модель Вольтерра – Лотки). Рівноважний стан та його геометрична інтерпретація.

2

Залік.

1

Вимоги до знань та вмінь.

*Учні повинні знати:*

- принципи наступності й відповідності («від простого до складного») у моделюванні;
- основні ідеї тестування моделі;

– необхідність перевірки моделі на адекватність та способи її здійснення.

*Учні повинні вміти:*

– на конкретних прикладах доводити, що кожна наступна модель за спрощених умов перетворюється у попередню;

– експериментально та за можливістю аналітично встановлювати та досліджувати рівноважні стани.

**МОДЕЛЮВАННЯ КОЛИВНИХ МЕХАНІЧНИХ РУХІВ ТІЛ**  
(4 години)

Рух тіла під дією сили пружності. 1

Підвищення точності обчислень за рахунок покращення алгоритму. 1

Рух тіла під дією сили пружності та сили в'язкого опору. 1

Залік. 1

Вимоги до знань та вмінь.

*Учні повинні знати:*

– етапи підготовки задачі до розв'язування на комп'ютері;

– найпростіші прийоми підвищення точності обчислень за рахунок алгоритму.

*Учні повинні вміти:*

– коментувати етап формалізації досліджуваної проблеми (перетворення її у математичну задачу);

– обґрунтовувати необхідність та доцільність вибору чисельного методу розв'язування;

– пояснювати метод половинного інтервалу.

**РУХ ПАПЕРОВОГО ЛІТАЧКА (ПІД ДІЄЮ СИЛИ ТЯЖІННЯ, СИЛИ ОПОРУ ТА ПІДІЙМАЛЬНОЇ СИЛИ)** (6

годин)

Постановка задачі, формалізація 1

1) рух тіла під дією сили тяжіння; 1

2) рух тіла під дією двох сил – сили тяжіння та сили опору середовища; 2

3) рух за умови одночасної дії на тіло сили тяжіння, сили опору та підіймальної сили (політ паперового літачка). 1

Підсумкове заняття. Залік. 1

Вимоги до знань та вмінь.

*Учні повинні знати:*

- про пряму й обернену задачі моделювання;
- про методи розв'язання оберненої задачі (основні способи відшукування невідомих коефіцієнтів).

*Учні повинні вміти:*

- коментувати пошук невідомих коефіцієнтів у межах певної конкретної задачі.

#### **ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ (5 годин)**

Моделювання електричного кола постійного струму. 2

Моделювання електричного кола змінного струму. 2

#### **Вимоги до знань та вмінь.**

*Учні повинні знати:*

- про існування задач, які не вимагають чисельних методів розв'язування.

*Учні повинні вміти:*

- досліджувати прості залежності, аналізуючи дані таблиць та графіків;
- давати фізичне тлумачення складним графічним залежностям між певними величинами.

#### **ІІІ. МОДЕЛЮВАННЯ ВИПАДКОВИХ ПОДІЙ (8 годин)**

Поняття про випадкові та невизначені події. Генерування випадкових та псевдовипадкових чисел та їх розподіл. Метод Монте-Карло. 2

Знаходження наближеного значення числа  $\pi$ . 1

Імітаційна модель пошуку ефективного обслуговування виробничого устаткування. 4

Підсумкове заняття. Залік. 1

#### **Вимоги до знань та вмінь.**

*Учні повинні мати уявлення про:*

- різницю між випадковими та невизначеними подіями;
- різницю між випадковими та псевдовипадковими числами;
- ідеї, що їх покладено в основу алгоритмів для генерації випадкових та псевдовипадкових чисел;
- розподіл псевдовипадкових чисел;
- суть методу Монте-Карло.
- імітаційні моделі.

*Учні повинні знати:*

- деякі приклади застосування методу Монте-Карло та їх ос-



новні ідеї;

– стандартні функції мови електронних таблиць для отримання псевдовипадкових чисел з інтервалу  $[0, 1]$  та перетворення їх на цілі;

*Учні повинні вміти:*

– володіти основами програмування мовою електронних таблиць;

– перетворювати псевдовипадкові числа з інтервалу  $[0, 1]$  на цілі за допомогою стандартних функцій;

– здійснювати редагування формул;

– продумувати зручний інтерфейс користувача.

#### **IV. ОПТИМІЗАЦІЙНІ МОДЕЛІ (10 годин)**

Приклади задач вибору оптимальної стратегії у виробництві:

– на основі детермінованої вікової моделі популяції; 2

– на основі імітаційної стохастичної моделі. 2

Поняття про лінійне (математичне) програмування. 1

Приклади задач лінійного математичного програмування. 4

Залік. 1

#### **Вимоги до знань та вмінь.**

*Учні повинні мати уявлення про:*

– задачі оптимізації у виробництві та наукових дослідженнях;

– лінійне (математичне) програмування та методи розв'язування найпростіших задач лінійного програмування.

*Учні повинні вміти:*

– розв'язувати прості задачі лінійного програмування в середовищі електронних таблиць.

#### **V. КУРСОВІ ЗАВДАННЯ 10 годин**

##### **Література:**

1. Абрамов С.А., Гнездилова Г.Г., Капустина Е.Н., Селюн М.И. Задачи по программированию. – М.: Наука, 1988.

2. Авилов В. Физика + Математика + ЭВМ // Квант. – 1985. – № 11.

3. Алминдеров В., Поповичева О. Международный турнир "Компьютерная физика" // Квант. – 1999. – № 3.

4. Брудно А., Каплан Л. Московские олимпиады по програм-

мированию. – 2-е изд. – М.: Наука, 1990.

5. Бурсиан Э.В. Задачи по физике для компьютера: Учеб. пособие для студ. физ.-мат. фак. пед. ин-тов. – М.: Просвещение, 1991.

6. Верлань А.Ф., Распопов В.Б. Основы применения вычислительной техники: Пробное учебн. пособие для 10 кл. ср. шк. – К: Рад. шк., 1986.

7. Вершинин О.Е. За страницами учебника информатики: Кн. для учащихся 10–11 кл. ср. шк. – М.: Просвещение, 1992.

8. Вершинин О.Е. Компьютер для менеджера. – М. Высш. шк., 1990.

9. Водолаженко А. Деловые применения компьютеров. (Раздел «Моделирование»). – Харьков: Харьковский педагогический университет, РЦ НИТ, 1994.

10. Глушков В.М., Валах В.Я. Что такое ОГАС? – М.: Наука, 1981.

11. Горстко А.Б. Познакомьтесь с математическим моделированием. – М.: Знание, 1991.

12. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. Ч. 1, 2. – М.: Мир, 1990.

13. Жалдак М.І. Про лінійне програмування. Сер. У світі математики, вип. 2. – К.: Радянська школа, 1970.

14. Жалдак М.І., Рамський Ю.С. Чисельні методи математики: Посібник для самоосвіти вчителів. – К.: Радянська школа, 1984.

15. Информатика в понятиях и терминах: Кн. для учащихся ст. классов сред. шк. / Г.А. Бордовский, В.А. Извозчиков, Ю.В. Исаев, В.В. Морозов; Под ред. В.А. Извозчикова. – М.: Просвещение, 1991.

16. Информатика: Энциклопедический словарь для начинающих. Сост. Д.А. Поспелов. – М.: Педагогика-Пресс, 1994.

17. Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент / Сб. статей. – М.: Наука, 1988. – (Серия «Кибернетика»).

18. Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент. Введение в информатику с позиций математического моделирования / Авт. пред. А.А. Самарский. – М.: Наука, 1988.

19. Кочергин А. Задача о слухах // Информатика и образование. – 1989. – № 5.

20. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. – СПб.: ВHV – Санкт-Петербург, 1997.

21. Математическое моделирование / Редакторы Дж. Эндрюс, Р. Мак-Лоун. – М.: Мир, 1979.

22. Матюшкин-Герке А. Учебно-прикладные задачи в курсе

информатики // Информатика и образование, 1992, №№ 3–6.

23. Мичи Д., Джонстон Р. Компьютер – творец. – М.: Мир, 1987.

24. Моисеев Н.Н. Математик задаёт вопросы... / Приглашение к диалогу /. – М.: Знание, 1974.

25. Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей. – М.: Физматлит, 1994.

26. Нарыкова И. Компьютерное моделирование в Великобритании // Информатика и образование. – 1992. – № 3-4.

27. Островская Е.М. Моделирование на компьютере. // Информатика и образование. – 1998. – №8.

28. Пак В.В. Инженер, математика и другие: Простые методы математического моделирования природных и технологических процессов / Донецкий гос. техн. ун-т. – Донецк, 1995.

29. Полищук А.П. Курс лекций по программированию на Turbo Pascal и C++. Кривой Рог. – 1996.

30. Простое и сложное в программировании / Авт. предисл. Е.П. Велихов. – М.: Наука, 1988.

31. Распопов В.Б. Імітаційні алгоритми // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 1999. – № 2.

32. Самарский А.А., Михайлов А.П. Компьютеры и жизнь (Математическое моделирование). – М.: Педагогика, 1987.

33. Соколов И.М. Фракталы // Квант. – 1989. – № 5.

34. Терминологический словарь по основам информатики и вычислительной техники / А.П. Ершов, Н.М. Шанский, А.П. Окунева, Н.В. Баско; Под ред. Н.М. Шанского. – М.: Просвещение, 1991.

35. Уолфрем С. Современный компьютер. / Сб. научно-популярных статей. Раздел «Научные исследования». – М.: Мир, 1986.

36. Федер Е. Фракталы. (Пер. с англ.) – М.: Мир, 1991.

37. Хилькевич С.С., Зайцева О.А. Как построить траекторию? // Квант, 1987. – № 7.

38. Хургин Я.И. Да, нет или может быть ... – М.: Наука, 1983.

39. Хургин Я.И. Ну и что? – М.: Молодая гвардия, 1970.

40. Шнейдеров В.С. Занимательная информатика или ... – СПб.: Политехника, 1994.

41. Шпилевский А. Фрактальные кластеры // Информатика и образование. – 1989. – № 5.

42. Эфрос А. Что такое теория протекания // Квант. – 1982. – № 2.