

Міністерство освіти та науки України  
Криворізький державний педагогічний університет

Комп'ютерне моделювання  
та інформаційні технології  
в природничих науках

*Збірник наукових праць*

Кривий Ріг  
Видавничий відділ КДПУ  
2000

ББК 32.973.3

К 63

УДК 681.3.001.57+37.01:007

Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в природничих науках: Збірник наукових праць. – Кривий Ріг: Видавничий відділ КДПУ, 2000. – 464 с.

Збірник містить статті з різних аспектів застосування моделювання у природничих науках та освітній діяльності, нових технологій навчання фізики, математики та інформатики. Значну увагу приділено інформаційним технологіям в управлінській діяльності.

Для студентів вищих навчальних закладів, аспірантів, наукових та педагогічних працівників.

Редакційна колегія:

*В.М. Соловійов*, доктор фізико-математичних наук  
*Є.Я. Глушко*, доктор фізико-математичних наук  
*О.І. Олейніков*, доктор фізико-математичних наук  
*В.І. Хорольський*, доктор технічних наук, професор  
*О.А. Учитель*, доктор технічних наук, професор  
*В.І. Шанда*, кандидат біологічних наук, професор  
*І.О. Теплицький*, відповідальний редактор  
*С.О. Семеріков*, відповідальний секретар

Рецензенти:

*В.М. Назаренко* – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри інформатики, автоматики та систем управління Криворізького технічного університету, академік Міжнародної Академії комп'ютерних наук і систем  
*А.Ю. Ків* – д-р фіз.-мат. наук, професор, завідувач кафедри теоретичної фізики Південноукраїнського державного педагогічного університету (м. Одеса)

Затверджено Вченою Радою Криворізького державного педагогічного університету (протокол №8 від 18.04.2000 р.)

ISBN 966-7048-05-7

## ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОМУ ФАКУЛЬТЕТУ – 70 РОКІВ

В.М. Соловійов, декан фізико-математичного факультету  
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

Фізико-математичний факультет відкрито одночасно із заснуванням Криворізького державного педагогічного інституту у 1930 році.

До 1941 року факультет очолював Б.М. Яхнін, у повоєнні роки – С.Я. Красніцький, М.П. Хорошко, І.С. Радченко, Я.С. Комісаров. 15 років, з 1982 по 1997 р. деканом ФМФ була кандидат педагогічних наук, доцент С.В. Уткіна, а з 1997 р. факультет очолив доктор фізико-математичних наук В.М. Соловійов.

Із самого початку на факультеті існувало дві кафедри – фізики та математики.

У роки післявоєнної відбудови завідувачем кафедри математики був Ф.К. Косик, а протягом 1961–1972 рр. – Б.М. Яхнін. У 1972 р. з кафедри математики виокремилась кафедра математичного аналізу.

З 1972 по 1982 р. та у 1992–1994 рр. кафедру математичного аналізу очолював кандидат фізико-математичних наук, доцент О.І. Половина, а з 1982 по 1992 р. – кандидат технічних наук, доцент П.І. Ульшин. У 1994 р. кафедри математичного аналізу та математики було об'єднано під керівництвом доктора фізико-математичних наук О.І. Олейнікова.

Завідувачем кафедри математики з 1972 по 1976 р. був кандидат педагогічних наук, доцент Б.Г. Друзь, у 1976–1982 рр. – кандидат педагогічних наук, доцент С.В. Уткіна. З 1982 по 1990 р. кафедру математики очолював кандидат педагогічних наук, доцент А.Л. Жохов, а у період до 1994 р. – кандидат педагогічних наук, доцент Л.О. Черних.

Кафедру фізики з 1944 по 1947 р. очолював М.М. Гольберг. Найдовше завідував кафедрою С.Я. Красніцький – з 1947 по 1974 р. (з перервою у 1951–1954 рр., коли кафедру очолювали Е.М. Беляєв та І.Н. Швець). У 1974–1975 рр. кафедрою завідував кандидат фізико-математичних наук, доцент І.С. Радченко, у

1975–1984 рр. – доктор фізико-математичних наук, професор А.Ю. Ків, до кінця 1995 р. – кандидат фізико-математичних наук, доцент В.П. Ржепецький, в 1996 р. – доктор фізико-математичних наук С.І. Покутній, а з 1997 р. – доктор фізико-математичних наук Є.Я. Глушко.

Наймолодша кафедра факультету – кафедра інформатики та прикладної математики, яку з моменту заснування (1992 р.) очолює доктор фізико-математичних наук В.М. Соловійов.

Найбільш динамічно фізмат розвивається останні 30 років. Якщо до 1970 р. на факультеті працювало лише 5 кандидатів і жодного доктора наук, то з 1970 р. відсоток кандидатів та докторів наук невідмінно зростає.

Це пов'язано передусім з виваженою кадровою політикою керівництва вузу, особливо ректора професора П.І. Шевченка, який активно запрошував провідних викладачів інших вузів, створював умови для науково-дослідної діяльності, зміцнював матеріально-технічну базу, направляв у цільові аспірантури найкращих випускників тощо.

В 1972 році на факультеті проведено першу Всесоюзну конференцію з проблем дифузії та дефектоутворення в твердих тілах. З 1975 р. було започатковано новий напрям наукових досліджень – “Комп’ютерне моделювання дефектів в кристалах”, а регулярні конференції згодом набули статусу Всесоюзного постійнодіючого семінару. Науковий керівник семінару доктор фізико-математичних наук, професор А.Ю. Ків став лауреатом Державних премій СРСР та УРСР.

Наукова школа, заснована А.Ю. Ківом, виховала 4 докторів та 14 кандидатів фізико-математичних наук, що складають сьогодні основу викладацького складу факультету.

На фізико-математичному факультеті першому в інституті було розпочато виконання госпдоговірних робіт з НДІ Міністерств електронної промисловості, середнього машинобудування, космічної галузі м. Москви, Києва, Новосибірська, Новгороду та інших.

Сьогодні на факультеті ведеться підготовка за двома спеціальностями: “Математика та інформатика” і “Фізика та інформатика”, яку забезпечують 3 доктори наук, 1 професор та 19 кандидатів наук.

## Основні напрямки наукової роботи кафедр

– математики:

1. Математичні моделі і методи гетерогенної пружності (керівник – доктор фізико-математичних наук О.І. Олейніков);
2. Методи оптимізації навчання аналізу, геометрії та вищій математиці (керівник – професор В.В. Корольський);
3. Розробка методичної системи підготовки майбутніх вчителів математики до роботи в умовах гуманітаризації освіти (керівник – кандидат педагогічних наук, доцент Л.О. Черних).

– фізики:

1. Ієрархічні напівпровідникові та діелектричні структури у зовнішніх полях: стани, кінетика, статистика (керівник – доктор фізико-математичних наук Є.Я. Глушко) – на замовлення Міністерства освіти та науки;
2. Дослідження фотоприймальних приладів на основі халькогенідів свинцю (керівник – кандидат фізико-математичних наук, доцент В.М. Кадченко);
3. Вдосконалення викладання та розробка нових методів навчання фізики у середній школі (керівник – кандидат фізико-математичних наук, доцент Г.П. Половина).

– інформатики та прикладної математики:

1. Електронні та атомні процеси на поверхні алмазоподібних напівпровідників (керівник – доктор фізико-математичних наук В.М. Соловйов) – на замовлення Міністерства освіти та науки;
2. Об'єктно-орієнтоване моделювання динамічних систем (керівник – кандидат технічних наук, доцент О.П. Поліщук);
3. Застосування методів прикладної математики для розв'язування актуальних наукових задач (керівник – кандидат фізико-математичних наук, доцент Р.М. Балабай).

Викладачі факультету беруть активну участь у міжнародних наукових проектах. Так, доктор фізико-математичних наук О.І. Олейніков здобув грант “Соросівського доцента”, переможцем конкурсу “Соросівський вчитель” стала кандидат фізико-математичних наук, доцент Г.П. Половина, грант “Соросівського студента” виборили аспіранти С.О. Семеріков та О.А. Хараджян.

Аспірант Т.І. Максимова одержує стипендію Президента України, аспіранту С.О. Семерікову та асистенту Н.В. Грищенко призначено стипендію Кабінету Міністрів України для молодих науковців.

У 1998 р. кафедрою інформатики та прикладної математики було започатковано Міський постійно діючий науково-методичний семінар “Комп’ютерне моделювання та інформаційні технології в освітній діяльності”, який користується популярністю серед освітян міста та області. Найкращі доповіді учасників семінару публікуються у провідних методичних виданнях.

Щорічним підсумком роботи семінару є Всеукраїнські конференції, що проводяться на фізико-математичному факультеті. В ювілейній конференції (3–5 травня 2000 р.) виявили бажання взяти участь 128 учасників з 18 міст України. Серед них 4 учня, 45 студентів, 20 аспірантів, 13 асистентів, 11 викладачів, 7 вчителів загальноосвітніх шкіл. Науковими роботами керували 5 професорів, докторів наук та 22 кандидати наук.

Розділ I  
*Моделювання*

## КОНЦЕПЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМОЛОГІЇ

Ю.В. Загородній<sup>1</sup>, Ю.Б. Бродський<sup>2</sup>

<sup>1</sup> м. Київ, Київський університет ім. Тараса Шевченка

<sup>2</sup> м. Житомир, Державна агроекологічна академія України

Будь-яка природнича наука має свої об'єкти дослідження, для опису яких використовуються відповідні абстрактні інструменти (символьні, словесні, математичні тощо). В процесі розвитку наук і вдосконалення досліджень з'явилася нова наука, кібернетика, як відгук на необхідність вивчення загальних закономірностей розвитку об'єктів різноманітної природи і знаходження ефективних методів керування [1, 2, 7]. В її основі лежить теза про подібність процесів керування в технічних, біологічних системах та суспільстві. Одним з інструментів опису об'єктів кібернетики і дослідження їх поведінки є системологія [5].

На сьогоднішній день системологія є одною з молодих і далеко несформованих наук. Її основні поняття та категорії на наш погляд ще довго будуть видозмінюватись та уточнюватись, наближаючись до істинного вираження об'єктів дослідження. Ми пропонуємо своє визначення основного поняття системології – поняття системи, яке дозволить, на наш погляд, розширити межі застосування цієї науки для більш точного пізнання і опису явищ, об'єктів та процесів реальності.

Синтез означення системи розглянемо на прикладі комп'ютерного класу навчального закладу, який має сукупність таких основних елементів: робочі місця студентів (стіл, персональний комп'ютер), робоче місце викладача, методичні матеріали, студенти, викладач. Чи є ця сукупність елементів системою? Звісно, ні, бо кожен елемент може існувати самостійно, незалежно від інших, виконуючи свою окрему функцію. Якщо виникає ціль, яка поєднує ці елементи, – проведення практичного заняття, – вона приводить в дію дану сукупність і однозначно визначає поведінку її елементів, поєднуючи їх в систему. Результатом такої поведінки є реалізація цілі, яка визначена тематикою дисципліни.

Таким чином, сукупність елементів і можливих зв'язків між ними є системою тоді, коли вони поєднуються єдиною ціллю.



Саме ціль є тим фактором, що надає даній сукупності цілісність і перетворює її у систему. Для визначення цілі системи розглянемо ряд базових понять системології, таких як структура, стан і поведінка системи.

Сукупність елементів та можливих зв'язків між ними утворюють **структуру системи**. **Станом системи** є конкретні значення характеристик її структури. Тоді **поведінкою системи** є перехід системи із стану в стан під впливом різних факторів. Фактори можуть бути як зовнішні (інформаційний та енергетичний вплив зовнішнього середовища), так і внутрішні (ціль та стан системи). Тепер дамо означення цілі, яка стає в ряд основних характеристик системи і впорядковує функціонування її елементів: **ціль системи ( $F$ )** – це деякий внутрішній фактор, який визначає поведінку системи для досягнення заданого кінцевого стану. Такий стан системи будемо називати **цільовим станом ( $S^0$ )** (або станом цілі). При цьому стан цілі може не бути однозначно визначеним і може залежати від зовнішніх факторів:

$$S^0 = S^0(F, E), \quad (1)$$

де  $E$  – множина зовнішніх факторів.

Тоді поведінка системи, як динаміка зміни станів –  $D$ , визначається ціллю системи, зовнішніми факторами та потенціалом різниці між поточним станом та станом цілі:

$$D = D(F, E, S - S^0). \quad (2)$$

Так, для наведеного прикладу з проведенням заняття, цільовий стан може залежати від певних умов. При нормальному функціонуванні всіх елементів системи результатом виконання цілі є отримання студентами необхідних знань та навичок (досягнення цільового стану). Але, якщо припустити, що елементи системи – комп'ютери – не в змозі виконати свої функції (наприклад, при відсутності електронапруги), вони перестають бути елементами системи. Тоді результатом виконання цілі є отримання студентами лише теоретичних знань. Отже, в двох наведених випадках реалізується ціль системи (заняття проводиться), але стан цілі різний (отримані знання).

Оскільки ціль системи не входить у структуру системи, тому в означення системи повинно входити дещо, що містить джерело цілі. Цю невідому складову можна назвати інформаційною складовою системи. В цей термін, на наш погляд, повинна входити

інформація про ціль системи, її структуру та можливу поведінку. Інакше, її можна назвати інформаційним **кодом системи**. Він же і визначає деякий енергетичний потенціал, який дозволяє перейти системі з її початкового стану до стану цілі.

Таким чином, запропонований аналіз логічно підводить до наступного означення основного поняття системології.

**Система – це сукупність елементів, об'єднаних інформаційною і енергетичною складовими.**

Інформаційний окрас основного поняття системології виводить науку на новий рівень сприймання. На наш погляд, такий підхід дозволить при дослідженні будь-якої системи проникнути у її суть і витягнути на поверхню саму ідею (смысл) її існування, поведінки та розвитку [6].

**За ознакою ієрархії** системи розділяють на макросистеми і мікросистеми. З нашої точки зору, рівень системи визначається її ціллю. Ціль мікросистеми повинна корелювати з ціллю макросистеми, тобто приймати участь в формуванні макроцілі.

У нашому прикладі макросистемою є вся сукупність, елементи якої забезпечують виконання цілі (макроцілі). Відповідно, мікросистемою є окремо викладач, студент з їх робочими місцями – елементи, які для досягнення макроцілі повинні реалізувати свої локальні цілі (мікроцілі). Наприклад, викладач – ставити та пояснювати завдання, студент – наполегливо виконувати завдання, комп'ютер – бути працездатним. Повноцінне виконання своєї цілі становить кожний елемент на рівень мікросистеми, як складової частини макросистеми для реалізації макроцілі. Таке ставлення до елемента макросистеми призводить до того, що всі можливі зміни в мікросистемі підпорядковуються її локальній цілі – її цілі як елемента макросистеми. Реалізація локальної цілі є пріоритетною з точки зору її участі в реалізації цілі макросистеми, але для її виконання мікросистема обов'язково повинна виконувати свою основну ціль. Наприклад, для виконання студентом локальної цілі у макросистемі (сприймати викладені знання) він повинен уважно слухати викладача та виконувати завдання (виконувати свою ціль).

Далі, припустимо, комп'ютер дає збій в роботі. Тим самим він зменшує можливості реалізації своєї мікроцілі (що призводить до корегування мікроцілей інших елементів – студентів, що

виконують завдання) і в деякий момент його працездатність стає меншою ніж поріг використання. Тобто, мікроціль комп'ютера стає відсутньою і він вже не входить до складу макросистеми. Отже, в цьому випадку структура макросистеми змінюється.

Таким чином, при втраті мікросистемою можливості реалізувати свою локальну ціль макросистема має два шляхи:

- перерозподіл та корегування структури для реалізації макроцілі (можливе навіть введення нових елементів);
- втрата можливості реалізації цілі і розпад макросистеми.

Інший приклад. Нехай макросистемою є біологічний вид (птахи або тварини). Тоді макроціллю є збереження виду. Мікросистемою є окремі особі, в яких мікроціллю служить власне виживання. Але глобальна ціль в поведінці мікросистеми завжди підпорядковує мікроціль. Наприклад, жертва собою особі з метою захисту потомства.

При розвитку системи її цільовий стан може значно і цілеспрямовано корегуватися іншою системою нижчого ієрархічного рівня (системою-вірусом) [3,4]. Такий вплив назвемо **вірусним фактором**, який за певних обставин можна відносити як до зовнішніх так і до внутрішніх факторів. Тоді цільовий стан системи можна записати наступною залежністю:

$$S^0 = S^0(F', E), \quad (3)$$

де  $F'$  – збурена ціль, що сприймається системою як її власна і визначається вірусним фактором  $V$ :

$$S^0 = S^0(F'(V), E), \quad V: F \rightarrow F', \quad (4)$$

Тоді як система-вірус, знаходячись на рівні мікросистеми по відношенню до системи-господаря, має свою власну ціль, яка визначає її цільовий стан та поведінку за формулами (1) та (2).

Запропонована теоретична основа очевидно може бути підкріплена великою кількістю фактичного матеріалу, що, в свою чергу, виводить на формулювання одного з основних її законів – закону збереження цілі:

**При будь-яких поведінці і розвитку системи її ціль зберігається.**

Втрата можливості реалізації цілі призводить до зміни поведінки системи і переходу її структури на інший якісний рівень (для виконання цілі) або до припинення існування системи. Тобто, закон збереження цілі має найбільшу пріоритетність, і для

інформаційної системології грає роль подібну до закону збереження енергії в природничих науках.

Таким чином, запропонований підхід, як шлях проникнення в тайни світобудови, виводить на новий рівень сприйняття об'єктів дослідження, дає можливість більш адекватно оцінювати і описувати їх поведінку.

### **Література**

1. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. – М.: Сов. радио, 1968. – 326 с.
2. Глушков В.М. Введение в кибернетику. – К.: Изд-во АН УССР, 1967. – 324 с.
3. Загородній Ю.В. Моделювання впливу фітовірусів на рослинний організм при зміні екологічних умов // Вісник ДААУ. – №1. – 1998.
4. Загородній Ю.В. Проблема еволюції життя на Землі. Спроба системного моделювання // Пульсар. – №3. – 1999. – с. 22-24.
5. Флейшман Б.С. Основы системологии. – М.: Радио и связь, 1982.
6. Швєбс Г.И. Духовность мироздания. – Одесса: Аспект, 1995. – 108 с.
7. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетики. – М.: Изд-во иностр. лит., 1963. – 829 с.

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ПРИМЕНЕНИЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ

А.А. Мирошниченко

г. Днепропетровск, Днепропетровский институт образования

Ведь чуть ли не все уже давным-давно придумано, но одно не сложено, другое, хотя и известно людям, не находит применения.

Аристотель «Политика»

Общеизвестно, что классическая, детерминистская наука изучает достаточно простые (или идеальные) системы, в которых физико-химические процессы вызваны взаимодействием бесконечного числа микроскопических флуктуаций.

У большинства достаточно простых (или сознательно идеализированных) из классических систем конечный продукт такого взаимодействия, в основном, однозначен и предсказуем, соответствует выведенным закономерностям.

Развитие же некоторых сложных или, иначе, открытых, т.н. нестабильных, систем, особенно находящихся в нестационарных состояниях, не подчиняется детерминистским законам. При достижении такими изменяющимися системами «точек бифуркации», т.е. максимальной нестабильности, в которых система изменяет свое качество, возникает возможность дальнейшего ее развития во многих различных направлениях.

Из истории изучения изменений нестационарных состояний физико-химических процессов известно, что отдельная микрофлуктуация может иметь решающую роль в определении дальнейшего развития системы только в одном из бесконечного ряда возможных направлений.

В силу хаотичности, случайности таких флуктуаций принципиально невозможно учесть роль таких флуктуаций, т.е. невозможно более или менее точно предсказать, каким будет конкретное качество нового состояния, явления, которое возникнет

после прохождения этапа нестабильности.

При достижении открытыми системами максимальной нестабильности в ней, сначала на микроуровне, возникают циклические, относительно стабильные процессы, которые, в определенных условиях, становятся центрами (аттракторами) создания уже макроскопически качественно стабильной системы. (Стенгерс И., Пригожин И. «Порядок из хаоса (новый диалог человека с природой)»).

В работе «Синергетика как новое мировидение: диалог с И. Пригожиным» («Вопросы философии», 1992, №12, с. 8), рассматривая подходы к анализу сложных открытых систем, Е.М. Князева и С.П. Курдюмов приходят к заключению, что «Все зависит от взаимной игры, соревнования двух противоположных начал: того, которое создает структуры, увеличивает их неоднородность ... и того, которое рассеивает, размывает неоднородность самой разной природы». Т.е. синергетическая методология позволяет, дает возможность видеть все достижимое, но на упрощенных, идеализированных, в частности, компьютерных, моделях. Поэтому, хотя и невозможно предвидеть в точности все элементы конкретного нового явления, которое возникает после прохождения сложной открытой системой нестационарного состояния, упрощенные модели идеализированных систем понятий раскрывают некоторые общие закономерности тенденций развития явлений определенного объекта действительности, или так называемые, «царские дороги» развития.

В отличие от традиционной, требование синергетической методологии заключается не в том, чтобы человечество навязывало открытой, нестабильной системе пути ее изменения, эволюции, развития, а в том, чтобы «понять, как способствовать их собственным тенденциям развития, как вывести из системы их пути, .... понять законы совместной жизни человека и природы» (там же).

Важно, что при этом исследование возможных направлений коэволюции, особенно на этапе компьютерного моделирования упрощенных идеализированных объектов, может быть достигнуто путем введения в процесс соответствующих флуктуаций, которые выберут движение системы из достижимых, сделав их для объекта собственными возможностями.

Данный подход, в частности, раскрывает ряд особенностей взаимодействия двух, в особенности, противоположных, методологий – релятивистско-плюралистической (метод частичных изменений, предложенный Поппером) и гармонической целостности (холистский), т.е. любое предвидение развития явления необходимо рассматривать как отображение какой-то глубокой общей тенденции развития явления.

1. Ершов А.П. Компьютеризация школы и математическое образование. // Программирование. – 1990. – №1.
2. История зарубежной психологии 30-60 гг. XX века. – М.: МГУ, 1986.
3. Гессен Г. Основы педагогики. – М., 1995, с. 337.
4. Библер В.С. От наукоучения к логике культуры. –М.: Изд. политической культуры, 1991.
5. Громько В.И., Кучевский Ю.В., Панчук О.А. Развивающее обучение в комплексе обучения основам информатики. // Педагогическая информатика. – 1995. – №2.
6. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизация сложных систем. – М.: Наука, 1994.
7. Гадамер Г. Актуальность прекрасного. – М.: Искусство, 1991.

## ВЛИЯНИЕ ИЗЛУЧЕНИЙ ПОДПороГОВЫХ ЭНЕРГИЙ НА РЕКОНСТРУКЦИЮ ПОВЕРХНОСТИ Si (001)

А.Е. Кив<sup>1</sup>, В.Н. Соловьев<sup>2</sup>, Т.И. Максимова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Israel, Beer-Sheva, Ben-Gurion University

<sup>2</sup> Украина, г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Возможность управления свойствами полупроводников путем ионной бомбардировки, в частности, применение этого метода для очистки поверхности представляет значительный практический интерес. Основной задачей нашего исследования являлось выявление с помощью методов компьютерного моделирования наиболее благоприятных условий применения радиационной обработки поверхности с целью ее стабилизации.

Реальная поверхность Si существенно отличается от идеальной кристаллической структуры в объеме полупроводника. Не являясь естественной поверхностью скола, поверхность Si (001) получается при выращивании Si разными методами.

Обычно для приготовления чистых поверхностей Si (001) используются повторяющиеся циклы ионами [1], как правило, ионами Ag. При этом обычно используются ионы с энергиями  $E_m$  от нескольких кэВ до энергий порядка 1000 кэВ. Использование такого широкого энергетического спектра ионов приводит к тому, что в результате столкновения налетающего иона с атомом кремния, дополнительная энергия, передаваемая последнему, достигает величины порядка 100 эВ. Это значение в несколько раз превышает пороговую энергию дефектообразования в кремнии [2], что увеличивает длину пробега ионов и является причиной неизбежного возникновения радиационных дефектов в подповерхностных слоях [3], часть которых стабилизируется и влияет на физические свойства полупроводника.

Анализ имеющихся экспериментальных и теоретических данных позволяет выдвинуть предположение, что интенсивное подпороговое и пороговое облучение может быть использовано как один из способов радиационного упорядочения дефектных полигонов. Несомненным его преимуществом является слабое воздействие на атомы структурно упорядоченных слоев, недос-



таточное для разрушения «правильных» связей и образования точечных дефектов.

Для реализации поставленной задачи требуется рассмотрение структуры, максимально приближенной к реально получаемым поверхностям Si (001), содержащая не только одиночные точечные дефекты, но и более сложные дефектные полигоны.

Моделирование реальной поверхности (001) кремния, а также глубина радиационного воздействия требуют увеличения размера расчетной ячейки до величины порядка  $10^3$  атомов, поэтому в работе использовался метод молекулярной динамики с использованием полуэмпирических потенциалов [4]. При таком выборе получаемые результаты сужаются до возможности получения энергетических характеристик системы, ее атомной структуры и диагностики структурно зависимых свойств. Дополнительным преимуществом является возможность исследования свободной релаксации разупорядоченной структуры, без каких-либо начальных предположений относительно возможных смещений поверхностных атомов.

Движение атомов описывается уравнениями классической динамики с известным потенциалом взаимодействия между атомами. Таким образом, точность расчетов в основном зависит от того, насколько корректно форма потенциала отражает реальные результирующие процессы межатомного и электрон-атомного взаимодействия.

В работе использовались потенциалы Стиллинджера-Вебера [5] и Китинга [6], которые в хорошем согласии с *ab initio* и экспериментальными данными отражают не только объемные характеристики кристалла, но и процессы, происходящие при искажении  $sp^3$ ,  $sp^2$  и  $sp$  гибридизации, имеющие место на поверхности Si (001) [7].

Расчетная ячейка состоит из 864 атомов, общее число атомов, включаемых в расчет, составляет 1152 атома. Были введены периодические граничные условия в двух направлениях.

Исследовалось изменение реконструкции поверхности под влиянием облучения при температуре 300 К. Значения энергий, передаваемых атомам Si, выбирались в интервале от 1 до 50 эВ, что соответствует подпороговым и околопороговым энергиям налетающих частиц.

В ходе исследования прослеживалось изменение энергетических и структурных характеристик поверхности в зависимости от энергии облучения.

Характеризуя общие особенности релаксации, можно выделить два этапа релаксации поверхности Si (001): основная и полная релаксация системы. На первом этапе происходят основные структурные перестройки, которые характеризуются наибольшими смещениями атомов, система приходит к первому энергетическому минимуму. На втором этапе полной релаксации поверхности дальнейшее падение энергии системы происходит более медленными темпами. Процесс обусловлен продолжающейся реконструкцией приповерхностных слоев, вторичными эффектами, возникающими после основных смещений атомов.

Анализ энергетических кривых показывает, что облучение системы приводит к ускорению релаксации поверхности, эта тенденция усиливается с увеличением энергии облучения. Зависимость ускорения времени основной релаксации от энергии передаваемой атому кремния при облучении приведена на рис. 1.

При  $E_i=30, 40$  эВ время основной релаксации системы сокращается вдвое. Наиболее быстрый процесс основной релаксации наблюдается при энергии частиц 40 эВ, но при этом энергия не достигает минимума, полная релаксация замедляется и, как будет показано в дальнейшем, не ведет к оптимизации реконструкции.

Кроме ускорения релаксации, нас интересовала возможность конечного энергетического выигрыша от бомбардировки после полной релаксации системы. Наиболее активный процесс минимизации энергии наблюдается при бомбардировке 30 эВ, что соответствует пороговому значению энергии для данного кристаллографического направления.

Рассматривалась относительная величина падения энергии  $\Delta E^i$  в расчете на один атом:

$$\Delta E^i = \frac{E_0 - E_t^i}{N} \quad (1)$$

где  $E_0$  – значение полной энергии, к которой срелаксировала система без бомбардировки;  $E_t^i$  – значение полной энергии, к которой срелаксировала система при бомбардировке низкоэнергетическими ионами;  $i$  – энергия, передаваемая атому при его соуда-

рени с частицей;  $N$  – количество атомов, которые входят в зону облучения.

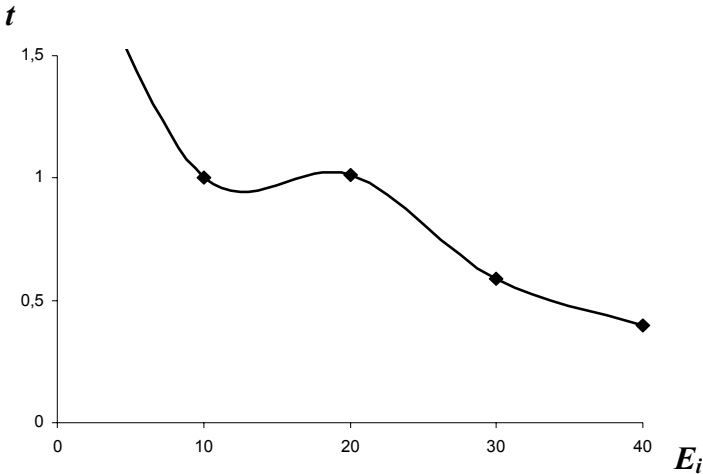


Рис. 1. Зависимость ускорения времени основной релаксации от энергии передаваемой атому кремния при облучении. За единицу принято время  $t$  основной релаксации поверхности без бомбардировки.

Положительное значение  $\Delta E^i$  означает, что бомбардировка привела к понижению энергии системы и, как следствие, улучшению ее структуры. Изменение знака  $\Delta E^i$  свидетельствует о «набивании» дефектов и увеличении числа напряженных аномальных связей в этих слоях. Этот процесс характерен для условий, когда энергия облучения превышает пороговую (при 40 эВ процесс происходит до 7-го слоя включительно).

Процесс понижения полной энергии атомов в приповерхностных слоях проходит неравномерно. Выяснение степени влияния низкоэнергетического облучения на каждый из приповерхностных слоев показывает, что этот процесс наиболее активен в первом и во втором приповерхностных слоях, выполняется соотношение  $\Delta E_1 > \Delta E_2 \geq \Delta E_3, \Delta E_4$ , где  $\Delta E_n$  – энергетический выигрыш в  $n$ -м слое.

Подпороговые значения энергий налетающих частиц ведут к тому, что в четырех верхних приповерхностных слоях формиру-

ются низкоэнергетические конфигурации атомов. Влияние бомбардировки на пятый слой уже незначительно, в более глубоких слоях  $\Delta E_n=0$  ( $n>5$ ). Таким образом, глубина влияния подпорогового облучения и изменения энергии системы соответствует глубине дефектных полигонов, наблюдаемых на поверхности Si (001) без облучения.

Все перечисленные особенности изменения энергетических характеристик свидетельствуют о том, что подпороговое облучение разбивает дефектные полигоны в приповерхностных слоях. Как известно из теории дефектообразования [2], такие полигоны характеризуются аномальными возбужденными связями, что ведет к их неустойчивости и подвижности, поэтому для их разрушения требуется более низкая энергия, чем для разрушения естественных для кремния связей.

При высоких энергиях облучения наблюдаемый процесс повышения энергии в глубоких слоях, начиная с четвертого, свидетельствует о том, что в этом случае энергии, сообщаемой атому достаточно не только для того, чтобы разрушить дефектные связи, но и разбить правильные полигоны на более глубоком уровне.

При энергии налетающих частиц 30 эВ, в расчете на один атом энергетический выигрыш  $\Delta E^{30}$  составляет: в первом слое 0.125 эВ/ат, во втором 0.153 эВ, в третьем 0.153 эВ/ат, в четвертом -0.014 эВ/ат. Величина падения энергии в расчете на один приповерхностный атом приведена в табл. 1.

Проявляется тенденция к уменьшению числа аномальных полигонов с напряженными связями. При всех энергиях налетающих частиц наблюдается увеличение числа  $n$ -членных колец с  $n=6$ , характерных для объема кристалла и соответственное уменьшение числа аномальных колец.

Наибольшее падение количества аномальных колец происходит для  $n=5$ . Анализ имеющихся зависимостей полной энергии на один атом кластера [8] показывает, что такие кольца наиболее энергетически невыгодны (рис. 4.11). Из всех наблюдаемых в приповерхностных слоях  $n$ -членных колец, где  $n$  изменяется от 3 до 8, именно в этом случае создается конфигурация с максимальной энергией. Интересно отметить, что при энергиях облучения  $\sim 10$  эВ может возрасть число колец с  $n=4$ , которые

наряду с  $n=6$  также характеризуются минимальным значением энергии.

Таблица 1. Изменение полной энергии  $\Delta E^i$  поверхности Si (001) в расчете на один атом кремния при получении поверхности в условиях низкоэнергетического облучения (по сравнению с аналогичными результатами без бомбардировки).

№ слоя	$\Delta E^i$ , эВ				
	$i=1$ эВ	$i=10$ эВ	$i=20$ эВ	$i=30$ эВ	$i=40$ эВ
1	-0.014	0.083	0.069	0.125	-0.042
2	-0.028	0.069	-0.042	0.153	-0.056
3	0.049	0.194	0.083	0.153	0.028
4	-0.083	0.042	0.028	-0.010	-0.056
5	-0.056	0.0	0.028	0.016	-0.015

Следующей важной особенностью изменения структуры приповерхностных слоев является наблюдаемое «восстановление» приповерхностных слоев. Разупорядоченная поверхность характеризуется значительными смещениями атомов (табл. 3.4), при этом атомы могут покидать тот условный слой, в котором они находились первоначально (до релаксации). В наибольшей степени эта особенность характерна для атомов трех верхних слоев, представляющих собой разупорядоченную фазу. В результате подобных смещений слои могут значительно разрыхляться, между фазой разупорядочения и кристаллическими слоями, начиная с четвертого, образуются пустоты.

В ходе бомбардировки наблюдается заполнение возникших пустот и возвращение атомов в слой. В слой возвращаются от 18% до 48% атомов. Наиболее эффективное восстановление наблюдается при энергии облучения 30 эВ (48%). При более низких энергиях облучения процент атомов, возвращающихся в слой, составляет 18–25 %.

Восстановление 3-го слоя начинается при энергиях облучения порядка ~20 эВ. Максимальный эффект наблюдается при энергиях, близких к пороговому значению, в этом случае все атомы 3-го слоя могут периодически возвращаться в слой. Однако полное восстановление не является устойчивым. Связи ато-

мов довольно подвижны и наблюдаются колебания в степени уплотнения этого слоя, хотя в целом даже минимальное восстановление третьего слоя довольно существенно – в слой возвращается свыше 47% атомов, которые выходят из слоя без бомбардировки.

Результатом подобных перестроек является практически полное исчезновение пустот и более сглаженный переход между разупорядоченной и кристаллической фазой, что проявляется в тенденции к замыканию ненасыщенных связей. Так как без бомбардировки пустоты возникали между разупорядоченной и кристаллической фазой, то в наибольшей степени данная особенность проявляется для атомов четвертого слоя. Без бомбардировки атомы этого слоя практически не выходят из узловых положений, однако, вследствие разупорядочения верхних слоев, в нем образуется значительное число оборванных связей. Восстановление верхних приповерхностных слоев стимулирует процесс замыкания оборванных связей. Если без бомбардировки порядка 82–86 % атомов имели все четыре насыщенные связи, то после облучения все связи насыщаются у 90–92 % атомов.

При повышении энергии до величины, превышающей пороговое значение, наблюдалось дополнительное разбиение верхних слоев, сильное разрушение их структуры. Подобный эффект имел место и при увеличении дозы облучения в несколько раз. Разрушения затрагивали два приповерхностных слоя. Хотя энергия, сообщаемая атомам кремния, порядка 40–50 эВ эффективна для восстановления 3–4 приповерхностных слоев (в слой возвращается около 40% атомов), при  $i=40$  эВ влияние отдельных ударов распространяется до 7-го слоя, в 5, 6, 7 слоях возникают дополнительные дефекты.

Таким образом, результаты исследования показывают, что восстановление дефектных участков и улучшение их структуры наиболее эффективно при использовании энергий налетающих частиц вблизи пороговых значений. Превышение порогового значения может иметь обратный эффект и приводить к дополнительному распространению дефектных участков.

Выявленные особенности влияния низкоэнергетического облучения на восстановление дефектных поверхностных слоев позволяют использовать их при приготовлении чистой поверхности

Si (001), что позволяет заменить процесс «выбивания» верхних разупорядоченных слоев вследствие их облучения высокоэнергетическими ионами на их частичное или полное восстановление в результате низкоэнергетической бомбардировки.

#### Литература

1. Бехштедт Ф., Эндерлайн Р. Поверхности и границы раздела полупроводников: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 488 с.
2. Вавилов В.С., Кив А.Е., Ниязова О.Р. Механизмы образования и миграции дефектов в полупроводниках. – М.: Наука, Главная редакция физ.-мат. литературы, 1981. – 368 с.
3. Вавилов В.С., Ухин Н.А. Радиационные дефекты в полупроводниках и полупроводниковых приборах. – М.: Атомиздат, 1969. – 312 с.
4. Хеерман Д.В. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике: Пер. с англ. / Под. ред. С.А.Ахманова. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 176 с.
5. F. Stillinger, T. Weber, *New interatomic potential for Si*, Phys. Rev. B **31**, 5262 (1985).
6. I. Ohdomari, H. Akatsu, *The structural models of the Si/SiO<sub>2</sub> interface*, Non-Cryst. Sol. **89** 239-248 (1987).
7. M.Z. Bazant, E. Kaxiras, *Environment-dependent interatomic potential for bulk silicon*, Phys.Rev, B **56**(14), 8542-8552 (1997).
8. V.V. Kovalchuk, V.V. Chislov, V.A. Yanchuk, *Cluster model of the real silicon surface*, Phys. Stat. Sol. (b) **187**, K47 (1995).

# РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ «СТРУКТУРА–АКТИВНОСТЬ» НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА СТРУКТУРНОГО ПОДОБИЯ ОБЪЕКТОВ

Н.В. Витюк

г. Одесса, Одесский государственный морской университет

Анализ связи структура вещества – его активность (свойство) ( $ACCA=QSA(P)R$  – *англ.*) – представляет одну из проблем современной химии. В решении этой проблемы широкое распространение получили подходы, в которых для оценок активности или классификации вещества используется только информация, черпаемая из структурных формул исследуемых соединений. Новые представления о характере полезной информации, содержащиеся в используемых данных, а зачастую и сам характер подобных данных не позволяет применять для их обработки классические статистические методы. В связи с этим возникают совершенно новые задачи обработки экспериментальных данных, а значит и новые решения таких задач, в частности, основанные на идеях и алгоритмах теории распознавания образов (ТРО). Основная предпосылка ТРО заключается в том, что существует некоторое множество объектов с известным описанием, каждый из которых может принадлежать одному из образов (классов). Задача ТРО состоит в выработке решающего правила позволяющего относить объекты к соответствующему классу. Решение этой задачи включает четыре взаимосвязанных этапа: 1. формирование описания объектов; 2. выбор типа решающего правила; 3. обучение правила; 4. оценка качества полученного правила.

Рассмотрим некоторые особенности реализации этих этапов при анализе связи структура-активность.

*Описание химической структуры молекулы как объекта задач ТРО.* Понятие химической структуры чрезвычайно многообразно. В нем заключена информация о присутствии определенных функциональных групп или фрагментов, о топологической связанности различных атомов молекулы, ее пространственном и электронном строении, физико-химических свойствах. Обычно для адекватного описания молекулы привлекается многомерное пространство структурных признаков  $S$ . Выбор того или иного



способа описания структуры диктуется характером конкретной решаемой задачи и ограничением затрат на получение экспериментальных и расчетных данных отражающих химическую структуру. Минимальные затраты достигаются применением топологических методов, в которых используется информация, получаемая из структурных формул веществ представленных в виде молекулярных графов.

Топологические подходы в общем случае можно разделить на две группы. К первой группе относятся методы, в которых из структурных формул молекул выделяют дескрипторы – определенные функциональные группы атомов или структурные фрагменты. Одним из недостатков такого описания является отсутствие информации об окружении дескрипторов и их взаимного расположения. Таким образом, в рамках первой группы подходов дескрипторы описывают локальные характеристик молекулярной структуры, а информация о молекуле, как целого, отсутствует. Во второй группе подходов используются интегральные характеристики структуры – топологические индексы, инварианты молекулярных графов, однако при этом теряется информация о природе атомов, составляющих молекулу и невозможно выделить функциональные группы, ответственные за данное свойство.

В связи с быстрым увеличением, с одной стороны, числа программных продуктов, реализующих многочисленные подходы к описанию структуры и к решению проблемы QSA(P)R и, с другой стороны, числа различных баз данных о свойствах химических соединений, в распознающей системе возросла роль эксперта как объекта интеллектуальной деятельности которому принадлежит прерогатива принятия решения.

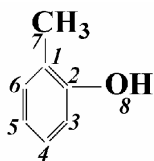
Для более полного описания структуры молекул в [1] была предложена дескрипторно-топологическая модель молекулы (ДТМ), являющаяся симбиозом перечисленных выше подходов. Согласно ДТМ, из структурных формул исследуемых молекул, составляющих обучающую выборку объемом  $N$ , исходя из поставленной задачи выделяют *a-priori* набор  $n$  дескрипторов  $D_1, D_2, \dots, D_k$  и определяют их положение в молекуле и взаимное расположение. Каждой молекуле задается реберно-взвешенный граф, причем любому дескриптору  $D_k$  соответствует одна вер-

шина молекулярного графа, несмотря на то, что в общем случае дескриптор может состоять из нескольких атомов. Для каждого графа определяется матрица расстояний. Веса ребер графа могут аппроксимироваться при применении основных физико-химических характеристик атомов, посредством которых осуществляются междескрипторные связи. Тогда недиагональные элементы  $d_{pq}$  матрицы расстояний рассчитываются по формуле

$$d_{pq} = \sum f(z_m)f(z_n)f(b_{mn}), \quad (1)$$

где  $f(z_m)$ ,  $f(z_n)$  и  $f(b_{mn})$  – некоторые функции от  $z_m$  и  $z_n$  – числа всех электронов, соответственно, у  $m$ -того и  $n$ -того атомов, непосредственно соединенных химической связью кратности  $b_{mn}$ . Суммирование проводится по кратчайшему пути между вершинами  $p$  и  $q$ , проходящему через вершины  $m$  и  $n$  ( $p \dots m \dots n \dots q$ ).

На основе построенных таким образом матриц расстояний определяются характеристики дескриптора  $D_k$ :  $T_k$  – сумма кратчайших расстояний от вершины  $D_k$  до всех остальных вершин графа и  $T_{rs}$  – наименьшее расстояние между дескрипторами  $D_r$  и  $D_s$ . Если  $D_k$  отсутствует в данной молекуле, тогда  $T_k=0$ , если отсутствует любой дескриптор из пары  $D_r$  и  $D_s$ , тогда  $T_{rs}=0$ . Такое описание молекулы позволяет расширить рабочий словарь структурных признаков в QSA(P)R, поскольку численные локальные характеристики могут быть определены и для фрагментов молекул, которые непосредственно не влияют на проявление изучаемого свойства, но определяют форму молекулы. В ДТМ можно использовать и интегральные характеристики, отражающие структуру молекулы либо ее некоторой части как единого целого, например, топологические индексы, дипольные моменты, молекулярные рефракции и т.д.



Проиллюстрируем построение ДТМ на примере данной молекулы. Обозначим группу  $-CH_3$  как дескриптор  $D_1$ , а  $-OH$  как  $D_2$ . Недиagonalные элементы матрицы расстояний будем рассчитывать по формуле

$$d_{pq} = \sum \ln z_m \ln z_n b_{mn}^{-0.5} \quad (2)$$

Выбор вида формулы (1) в данном случае основан на том, что среди простых аналогичных функций  $d_{pq} = \sum f(z_m)f(z_n)f(b_{mn})$ , значения расстояний  $d_{pq}$ , полученные по формуле (2) максимально коррелируют с межатомными расстояниями химических свя-

зей наиболее распространенных в органических соединениях [2].

Таблица 1  
Матрица расстояний для дескрипторов модельной молекулы

	1	2	3	4	5	6	7	8
$D_1$	3,21	5,48	8,69	10,96	8,69	6,42	X	10,45
$D_2$	7,24	4,97	8,18	10,45	12,72	10,45	10,45	X

Из табл.1 определяем характеристики  $T_1=53,9$ ,  $T_2=64,46$ ,  $T_{12}=10,45$ .

*Выбор типа решающего правила.* QSA(P)R, как частный случай решения задачи ТРО, может осуществляться с помощью некоторой последовательности преобразований, результатом которой является отображение объектов класса А в один кластер, а класса В – в другой. Использование структурных признаков, генерируемых ДТМ, позволяет эффективно осуществить преобразование признаков пространств, приводящее к кластеризации объектов. При анализе биологически активных веществ живой организм рассматривается как некий «черный ящик», в который закладывается химическое соединение с известной структурой, после чего наблюдаются те или иные особенности функционирования молекулы, проявляющиеся в некотором биологическом отклике. При этом QSA(P)R реализуется на основе известного принципа структурного соответствия – «чем ближе по структуре к самому активному соединению исследуемое, тем выше должна быть его активность» [3].

Развиваемая дескрипторно-топологическая модель молекул позволяет максимально использовать формализм структурного соответствия молекул при QSA(P)R биологически активных веществ. Введем параметры структурного подобия двух молекул  $m_i$  и  $m_k$ . Индекс структурного подобия молекул  $m_i$  и  $m_k$  определяется как метрика в пространствах структурных признаков  $T_k$  и  $T_{rs}$  [1].

$$d_1(m_i, m_k) = \left[ \sum_j^n (T_j^{m_i} - T_j^{m_k})^2 \right]^{0,5} \quad (3)$$

$$d_2(m_i, m_k) = \left[ \sum_r^n \sum_s^n (T_{rs}^{m_i} - T_{rs}^{m_k})^2 \right]^{0,5} \quad (4)$$

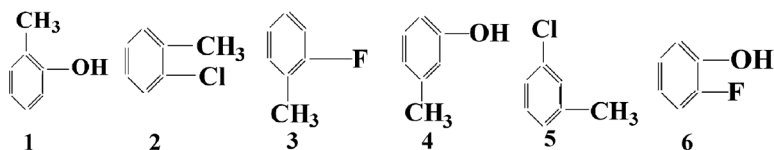
В качестве молекулы-эталоны  $m_i$ , относительно которой определяется структурное подобие остальных молекул, обычно выбирается молекула обладающей наибольшей активностью. Величина активности рассматриваемой молекулы  $m_x$  сопоставляется с положением ее образа в системе координат  $(d_1, d_2)$ , начало которой соответствует положению молекулы – эталона. Решающее правило, определяющее активность молекулы строится на основе позиционных характеристик ее образа. Такой подход был плодотворным для анализа связи структура – запах ряда синтетических одорантов различных химических классов [4].

Однако в большинстве случаев молекула, обладающая наибольшей активностью, использует далеко не весь словарь структурных признаков  $S$  исследуемой выборки соединений, что приводит к уменьшению эффективности QSA(P)R.

В настоящей работе рассматриваются способы оптимизации процедуры кластеризации объектов в две совокупности **A** и **B**.

*Классификация молекул в пространстве структурных признаков смоделированных фиктивной молекулой.* Предлагается определять индексы структурного подобия  $d_1$  и  $d_2$  рассматриваемых молекул относительно некоторой модельной (не входящей в состав обучающей выборки) молекулы  $M$ , имеющей в своем описании все дескрипторы  $D$  встречающиеся в исследуемой выборке молекул. Количественные характеристики  $T$  дескрипторов определяются, исходя из заданных условий.

Рассмотрим пример, иллюстрирующий предлагаемый метод QSA(P)R. Пусть необходимо классифицировать двузамещенные производные бензола, при этом соединения 1-3 обладают свойством А, а соединения 4-6 обладают свойством В [5].



Оценкой качества полученного разделения служат: критерий компактности  $K$ , представляющий отношение среднего внутриклассового расстояния к среднему межклассовому расстоянию, возможность линейного разделения кластеров, а также форма

кластера, позволяющая определять позиционные соотношения между отображениями молекул внутри кластера, т.е. проводить QSA(P)R на количественном уровне. Применим ДТМ для описания структур молекул 1-6, используя «формофоры» в качестве дескрипторов. В бензольном кольце имеются атомы углерода, к которым присоединяется заместитель. На первом этапе создания ДТМ такие атомы углерода мы помечали как дескрипторы  $D_{1a}$  и  $D_{1b}$ . В качестве дескрипторов также выделялись группы атомов  $-\text{CH}_3$  ( $D_{21}$ ),  $-\text{OH}$  ( $D_{31}$ ),  $-\text{Cl}$  ( $D_{41}$ ),  $-\text{F}$  ( $D_{51}$ ). По матрицам расстояний определялись топологические характеристики дескрипторов  $T_k$  и  $T_{rs}$ . На втором этапе создания ДТМ необходимо уточнить индексы характеристик дескрипторов  $T$ , так чтобы  $T_k$  и  $T_{rs}$  были инвариантами молекулярного графа. Если молекула имеет несколько дескрипторов одинакового типа ( $D_{1a}$  и  $D_{1b}$ , в данном случае), тогда дескриптор имеющий большее значение  $T_j$  признается старшим и метится правым индексом 1 и т.д. Если же граф содержит два одинаковых дескриптора с тем же значением  $T_j$ , старшим признается дескриптор имеющий наибольшую сумму квадратов элементов матрица расстояний.

Попытки кластеризовать образы рассматриваемых молекул при поочередном использовании в качестве эталона  $m_i$  молекул 1-6 не приводят к удовлетворительным результатам. Значения коэффициентов компактности  $K$ , получаемых разбиений составляют  $K_1=1,444$ ;  $K_2=1,351$ ;  $K_3=1,079$ ;  $K_4=1,448$ ;  $K_5=1,359$  и  $K_6=1,179$  (индекс указывает номер молекулы, выбранной в качестве эталона).

Преобразуем пространство структурных признаков молекул 1-6 относительно некоторой фиктивной молекулы  $M$ . Топологические характеристики  $T_k$  и  $T_{rs}$  молекулы  $M$  в рассматриваемой задаче определяются из заданной принадлежности молекул 1-6 к одному из двух классов А или В. Для этой цели составим систему  $N$  уравнений с  $n$  неизвестными, включающую  $s$  уравнений вида

$$\sum_{j=1}^n (T_j^{m_i} - T_j^M)^2 = v_{ii}^2 \quad (5)$$

для  $k$  объектов  $m_i$ , принадлежащих классу А ( $i=1, \dots, s$ ) и  $l$  уравнений вида

$$\sum_{j=1}^n (T_j^{m_i} - T_j^M)^2 = w_{li}^2 \quad (6)$$

для  $l$  объектов  $m_i$ , принадлежащих классу В ( $i=s+1, \dots, N; s+l=N$ ). Аналогичная система  $N$  уравнений составляется для признаков  $\{T_{rs}\}$

$$\sum_r^n \sum_s^n (T_{rs}^{m_i} - T_{rs}^M)^2 = v_{2i}^2 \quad (7)$$

$$\sum_r^n \sum_s^n (T_{rs}^{m_i} - T_{rs}^M)^2 = w_{2i}^2$$

Для разделения объектов  $m_i$  принадлежащих в признаковых пространствах  $\{T_k\}$  и  $\{T_{rs}\}$  к разным классам, положим  $v_i \ll w_i$ .

Известно, что если дана система  $N$  нелинейных уравнений

$$\begin{cases} f_1(x_1, x_2, \dots, x_N) = 0 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ f_N(x_1, x_2, \dots, x_N) = 0 \end{cases} \quad (8)$$

то поиск минимума функции  $F(x_i) = \sum |f_i(x_i)|$  методами многомерной оптимизации дает неизвестные  $x_i$  этой системы. Однако применение такого алгоритма на практике встречает затруднение, вызванное тем, что количество  $n$  структурных признаков генерируемых дескрипторно-топологической моделью молекулы зачастую превосходит  $N$  – число молекул в обучающей выборке.

Для распространенных случаев  $n \gg N$  предлагается алгоритм поэтапного решения системы уравнений типа (8) [6]. На первом этапе из набора  $n$  структурных признаков  $T$  выбираем  $N$  признаков наиболее информативных в смысле того, что в их пространстве объекты  $m_i$  могут быть хорошо классифицированы. Для этих признаков составляем и решаем систему  $N$  уравнений для нахождения  $N$  значений количественных характеристик  $T^M$ . Затем из оставшихся  $n-N$  признаков отбираем следующий набор  $N$  наиболее информативных признаков  $T$ , но при составлении системы уравнений используем найденные на предыдущем этапе значения  $T^M$  и так далее, до определения всех  $n$  значений структурных признаков  $T$  модельной молекулы.

При анализе структура-активность на качественном уровне (принадлежность молекулы  $m_i$  к одному из двух классов кодиру-

ется бинарной переменной) последовательность отбора признаков для поэтапного решения системы уравнений (8) определяется, исходя из значений коэффициентов полуранговой корреляции  $Q$  между значениями структурного признака  $T_i$  и величиной ранга  $R_i$  порядковой статистики, характеризующей принадлежность  $i$ -той молекулы к тому или иному классу.

В рассматриваемой задаче молекулам 1-3 класса А присваивался связанный ранг, равный  $(1+2+3)/3=2$ , а молекулам 4-6 класса В присваивался связанный ранг, равный  $(4+5+6)/3=5$ . Коэффициенты полуранговой корреляции  $Q$ , определяющие приоритет включения структурных признаков в систему уравнений (8) представлены в табл. 2.

Таблица 2

Структурные характеристики и их коды для исследуемых молекул 1-6 и модельных молекул  $M_1$  и  $M_2$ . Коэффициент полуранговой корреляции  $Q$ .

$T_k$	Молекулы								Q
	1	2	3	4	5	6	$M_1$	$M_2$	
11	33,15	34,50	33,36	35,72	37,12	33,87	33,24	30,52	0,80
12	33,15	34,50	33,36	35,72	37,12	33,87	33,13	30,16	0,60
21	52,41	53,76	52,62	55,03	56,38	0	53,17	51,12	-0,3
31	55,50	0	0	58,12	0	56,23	5,48	4,43	0,30
41	0	64,95	0	0	67,57	0	4,17	3,12	0,01
51	0	0	57,00	0	0	57,50	2,75	1,72	0

Для эффективного разделения молекул, принадлежащим к классам А и В, при решении систем уравнений (8) использовались эмпирически выбранные значения  $v=1$  и  $w=1000$ . Минимизация функции  $F(x_i)$  осуществлялась методом спирального координатного спуска. Решение систем уравнений проводилось дважды при двух различных начальных условиях  $x_{i1}^0=1$  и  $x_{i2}^0=10$ , что, очевидно, соответствует поиску двух различных модельных молекул  $M_1$  и  $M_2$ . Аналогичная процедура была применена для структурных признаков вида  $T_{rs}$ . Координаты  $d_1$  и  $d_2$  образов молекул 1-6 в преобразованных относительно модельной молекулы ( $M_1$  или  $M_2$ ) пространствах структурных признаков  $T_k$  и  $T_{rs}$ , а также значения соответствующих критериев компактности  $K$

кластеров А и В представлены в табл. 3.

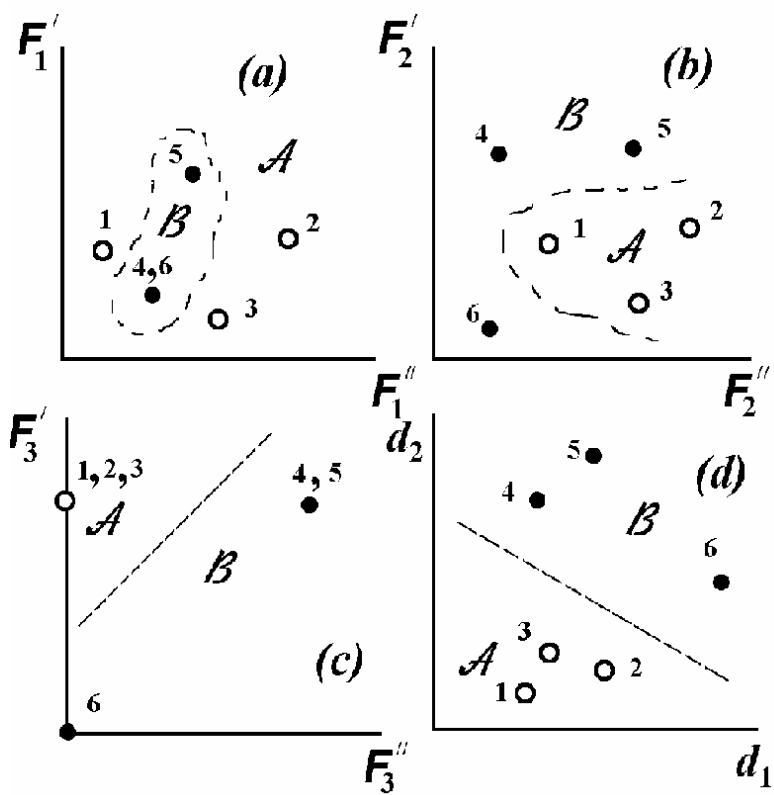
Таблица 3

Исследуемая молекула	Модельная молекула			
	$M_1$		$M_2$	
	$d_1$	$d_2$	$d_1$	$d_2$
1	50,28	12,86	51,40	12,76
2	61,12	13,82	62,40	13,60
3	54,67	13,16	55,71	13,11
4	53,04	17,54	54,58	17,35
5	64,20	18,50	65,63	18,28
6	91,75	14,13	91,28	14,13
$K$	0,940		0,928	

Значения критерия  $K$  свидетельствуют, что проведенные преобразования пространств структурных признаков привело к увеличению разделяемости классов А и В по сравнению с преобразованиями, использующими в качестве эталонов молекулы 1-6. Характерно, что использование различных начальных значений структурных характеристик модельной молекулы (порядка величин структурных характеристик молекул обучающей выборки) привело к близким значениям критерия  $K$ . Поскольку структурные признаки  $T_k$  и  $T_{rs}$  модельной молекулы определяются независимо друг от друга, то из представленных в табл. 3 значений  $d_1$  и  $d_2$  можно выбрать пару координат  $d_1$  и  $d_2$ , в которых критерий  $K$  принимает наименьшее значение. В нашем случае наименьшее значение критерия компактности ( $K=0,650$ ) реализуется при использовании системы координат  $\{d_1^{(M1)}, d_2^{(M2)}\}$ .

На рис. 1 сопоставляются результаты разнесения исследуемых молекул в две совокупности на основе преобразований структурных признаков, проведенных авторами предложенной задачи [6] (рис.1a-1c) и предложенного в настоящей работе (рис.1d). Как видно из рис.1d, в системе координат  $\{d_1^{(M1)}, d_2^{(M2)}\}$  достигается линейное разделение классов, а отсутствие вырождения образов молекул делает возможным дальнейший анализ связи структура–свойство данных объектов на более высоком количественном уровне.





Перспективно использовать предлагаемое преобразование пространств структурных признаков относительно некоторой модельной молекулы в часто встречающихся случаях анализа связи структура – активность, когда молекула с наибольшей активностью не может быть использована в качестве эталона при преобразованиях пространства структурных признаков, так как она не отражает всей структурной информации молекул обучающей выборки (имеет малый словарь рабочих признаков). В этом случае при составлении систем уравнений вида (5) – (7) в правой части каждого равенства задается число, пропорциональное величине активности соответствующей молекулы из обучающей выборки. Пути оптимизации процедуры анализа связи структура–свойство на количественном уровне мы постараемся изложить в последующих сообщениях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин В.Е., Витюк Н.В., Позигун В.В. *Хим. –фарм. журн.*, №5, 1989, с. 605-607; Витюк Н.В., Кузьмин В.Е. В сб. «Математические методы распознавания образов (ММРО-IV)», Рига, 1989, с.77-79.
2. Стьюпер Э., Брюггер У., Джурс П. Машинный анализ связи химической структуры и биологической активности. – М.: Мир, 1982. – 235 с.
3. Берц С., Хердон У. В сб. Искусственный интеллект: применение в химии. Ред. Т.Пирс, Б.Хони. – М.: Мир, 1988, с. 199.
4. Витюк Н.В., Позигун В.В., Кузьмин В.Е., *Хим.–фарм. журн.*, №5, 1989, с. 607-610; Витюк Н.В., Кузьмин В.Е., *Докл. АН УССР*, №3, 1991, с.110-115; *Химия и хим. техн.*, т.35, №8, 1992, с.26-31; Витюк Н.В., *Химия и хим. техн.*, т.36, №12, 1993, с.35-39; *Хим.–фарм. журн.*, №11, 1994, с. 39-43.
5. Голендер В.Е., Розенблит А.Б. Вычислительные методы конструирования лекарств. – Рига: Зинатне, 1978. – 238 с.
6. Vityuk N.V., *Pattern Recognition and Image Analysis*, v.8, No.1, 1998, pp.42-47.

## НЕРЕГРЕССИОННЫЕ ПОДХОДЫ К УСТАНОВЛЕНИЮ СВЯЗИ «СТРУКТУРА–АКТИВНОСТЬ (СВОЙСТВО)»

Н.В. Витюк

г. Одесса, Одесский государственный морской университет

В анализе связи «структура химического соединения – его активность (свойство) = (QSA(P)R – *англ.*) [1-2]. Перспективными являются кибернетические методы обработки информации предполагающие, что исследователю ничего не известно о механизме действия химического соединения. Живой организм рассматривается как некий «черный ящик», в который закладывается химическое соединение с известной структурой, после чего наблюдаются те или иные особенности функционирования молекулы, проявляющиеся в некотором биологической отклике. В общем случае решение проблемы QSA(P)R состоит из трех основных этапов:

1. Измерение активности (свойства)  $A$  исследуемого соединения.

2. Описание молекулы в терминах структурных признаков. Для этой цели внимание исследователей привлекают методы, в которых максимально используется информация, получаемая из структурных формул. Обычно для адекватного описания молекулы привлекается многомерное пространство структурных признаков  $S$ .

3. Выбор вида функции  $A=f(S)$  – установление математических закономерностей, отражающих связь структура – активность и позволяющих решать обратную задачу QSA(P)R, т.е. прогнозировать свойство (активность) неизвестной молекулы, исходя из ее структурных особенностей. При этом алгоритм проведения третьего этапа зависит от того, в каких шкалах – бинарной, ранговой или интервальной проведено описание структурных признаков молекулы и измерение ее свойства (активности). Различие алгоритмов решения проблемы QSA(P)R при описании отклика молекулы в бинарной шкале ( $A=1$ , если молекула обладает данным свойством (уровнем активности), иначе  $A=0$ ) или интервальной шкалах измерений, привело к выделению двух видов решения задачи QSA(P)R на качественном и количественном

уровнях.

В связи с быстрым ростом числа как программных продуктов, реализующих многочисленные подходы к решению проблемы QSA(P)R, так и различных баз данных по свойствам химических соединений, в распознающей системе возросла роль эксперта, как объекта, интеллектуальной деятельности которого принадлежит прерогатива принятия решения.

В [3] была предложена дескрипторно-топологическая модель молекулы, генерирующая структурные признаки, и разработаны методы, позволяющие преобразовывать исходное многомерное признаковое пространство для выявления общих тенденций в изменении молекулярной структуры [4-5]. Все эти подходы облегчают эксперту принятие решения по оценкам активности исследуемых соединений.

В развитии указанных подходов в настоящей работе предлагается алгоритм, позволяющий преобразовать многомерное пространство структурных признаков в двумерное с одновременной классификацией по активности исследуемых объектов при использовании различных шкал описания как признакового пространства так и отклика объекта. Фактически такой унифицированный алгоритм позволяет находить связь «структура–свойство» как на качественном так и на количественном уровнях.

*1. Описание структуры молекулы с использованием локальных (перечислительных) характеристик.*

Большинство накопленных структурных баз данных представляют наборы молекул с неизменным «ядром» и переменными заместителями. Для таких выборок минимальные затраты на описание структуры достигаются указанием вида заместителя и его положения в молекуле относительно «ядра». В таком случае структурные признаки молекулы фактически измеряются в бинарной шкале. Такая шкала используется, в частности, в аддитивной модели Фри-Вильсона, прогнозирующая способность которой вытекает из допущения, что биологическая активность  $A$  молекулы является суммой вкладов активностей выделенных субструктур (заместителей) молекулы, т.е.

$$A = a_0 + \sum_{j=1}^m a_j X_j . \quad (1)$$

Здесь:  $a_i$  – вклад  $j$ -го заместителя ( $j=1, \dots, m$ ) в суммарную активность  $A$ ;  $X_j$  – бинарная переменная, которая при наличии или отсутствии  $j$ -го заместителя принимает соответственно значения, равные единице или нулю. Коэффициенты регрессии  $a$  находятся решением системы  $n$  уравнений типа (1) для рассматриваемой выборки, состоящей из  $n$  молекул.

Простой и наглядный метод Фри-Вильсона и до настоящего времени не потерял своей привлекательности в решении задач QSA(P)R, несмотря на присущие этому методу недостатки. В частности, особенностью метода Фри-Вильсона является то, что он требует значительного статистического материала – число молекул  $n$ , составляющих обучающую выборку, должно значительно превышать число  $m$  выделенных молекулярных субструктур. Число последних возрастает, если исследователь желает учитывать возможные нелинейности связанные с взаимодействием заместителей.

Для этого вводятся дополнительные переменные, принимающие значение, равное единице, когда два или более заместителей присутствуют в соединении одновременно. Однако в таком случае уравнение регрессии (1) становится чрезвычайно громоздким и требует значительного увеличения числа молекул в обучающей выборке, что уменьшает прогнозирующую способность метода. Кроме того, в отмечено, что плохая обусловленность ковариационной матрицы в модели Фри-Вильсона ограничивает использование методов регрессионного анализа. Это налагает определенные ограничения на структуру соединений обучающей выборки и формирование признакового пространства.

Поэтому представляет интерес реализация эвристической идеи Фри-Вильсона на основе иных, не регрессионных подходов, позволяющих обрабатывать многомерные массивы исследовательских данных для относительно малых выборок, в которых число структурных признаков может значительно превышать число молекул в обучающей выборке.

*2. Установление связи структура–активность методом тренд-вектора.*

Для формирования общей меры связи структурных параметров  $S$  с откликом молекулы (активностью, свойством)  $A$  привлекателен метод тренд-вектора (Т-вектора) [6], основанный на

принципиальной идее теории распознавания образов – разбиения  $n$  объектов на два класса относительно некоторой граничной величины  $A_0$ : активный ( $A_i > A_0$ ) и неактивный ( $A_i < A_0$ ). В качестве разделителя  $A_0$  используется  $\bar{A}$  – среднее арифметическое значение величин  $A_i$ . Таким образом, Т-вектор характеризует в  $m$ -мерном пространстве  $S_{ij}$  ( $i=1, \dots, n$  – номер объекта,  $j=1, \dots, m$  – номер структурной переменной) разделение систем объектов, соответствующих активному и неактивному классам.

Каждая компонента Т-вектора, определяемая как

$$T_j = (1/n) \sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A}) S_{ij}, \quad (2)$$

отражает степень и направление влияния структурного признака  $S_j$  на величину активности  $A_i$ . Поскольку  $S_{ij}$ , как правило, разнородны, то они требуют нормировки и масштабирования, например, преобразованием

$$S_{ij}^o = (S_{ij} - \bar{S}_j) / \sigma_{S_j}. \quad (3)$$

Так как Т-вектор не опирается на конкретную функциональную зависимость  $A=f(S)$ , то его можно использовать и для определения связи между величинами, измеренными в бинарной или ранговой шкалах. Согласно [6], Т-вектор считается надежным, если его приведенная длина

$$T_{full} = \frac{1}{m} \left[ \sum_{j=1}^m T_j^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

значимо превосходит среднее арифметическое значение приведенных длин «случайных» Т-векторов ( $T_{rand}$ ), построенных при случайном присвоении отклика  $A_j$  различным  $S_{I_1}, S_{I_2}, \dots, S_{I_m}$ , т.е. при выполнении неравенства

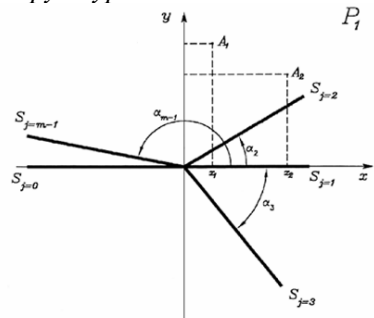
$$T_{full} \geq \bar{T}_{rand} \pm 3 \sigma_{T_{rand}} \quad (5)$$

Фактически, приведенная длина Т-вектора является, в определенном смысле, аналогом коэффициента множественной корреляции. При решении обратной задачи Т-вектор позволяет определить ранг активности исследуемого соединения

$$\text{rank } A_i = \text{rank} \left( \sum_{j=1}^m S_{ij} T_j \right). \quad (6)$$

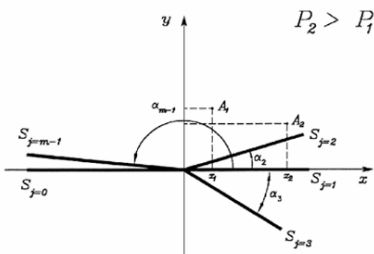
Такой подход вполне оправдывает себя в большинстве практических случаев, когда достаточно упорядочить исследуемые соединения по величинам прогнозируемой активности.

### 3. Метод барицентрических координат в анализе связи структура–свойство



$P_1$

В рамках метода барицентрических координат (БК)  $m$ -мерная точка определяется как центр тяжести  $m$ -угольника, каждая вершина которого имеет массу, пропорциональную вкладу соответствующего структурного параметра в формирование активности  $A$  [7]. Система БК на плоскости задается



$P_2 > P_1$

совокупностью координатных углов  $\alpha_j$ , которые определяют конфигурацию вершин, соответствующих структурным признакам  $S_j$  (рис.1). С учетом того, что при таком представлении признакового пространства последовательность параметров вдоль периметра  $m$ -

углового полинома  $\alpha_j$  разработана в [7,8] специальная алгоритмическая процедура формирует указанную последовательность углов  $\alpha_j$  при разделении исследуемых молекул на два класса – активный и неактивный, т.е. позволяет в системе БК проводить анализ связи «структура–активность».

Для каждого структурного признака  $S_j$  молекул обучающей выборки определяется характеристика связи его с активностью, выражаемая в разных случаях парным линейным, ранговым или полуранговым коэффициентом корреляции, в зависимости от использованных шкал измерения как структурного признака  $S_j$ , так и отклика  $A$ . В нашей модели предлагается для этой цели использовать соответствующие компоненты Т-вектора.

Для сведения  $m$ -мерного пространства структурных признаков  $S_j$  в двумерное полученные значения  $T_j$  расставляются в порядке убывания и нумеруются индексом  $l$ . Структурным признакам, характеризуемым  $T_l$  ( $l=1, \dots, m$ ), приписываются координатные углы  $\alpha_l$ , определяемые следующим образом:

$$l=1: \quad \alpha_l=0,$$

$$l=2, \dots, m-1: \quad \alpha_l = (-1)^l \arccos \left( \text{sign}(T_l) \left| \frac{T_l}{T_{\max}} \right|^p \right), \quad (7)$$

$$l=m \quad \alpha_l=\pi,$$

где:  $T_{\max}$  – максимальное значение  $T$ -вектора, рассчитанное с использованием нормированных по (3) величин  $S_{ij}$  и  $A$ ,  $p$  – параметр сжатия системы БК подбирается экспериментально ( $0 < p \leq 1-2$ ).

По системе координатных углов  $\alpha_j$  можно судить о влиянии  $j$ -го структурного признака на активность. Для признаков, увеличивающих активность, угол  $\alpha$  стремится к  $0^\circ$  ( $360^\circ$ ), а для признаков уменьшающих активность – к  $180^\circ$ . Для малоинформативных признаков координатные углы близки к  $90^\circ$  или к  $270^\circ$ . В результате преобразования (7) отображения молекул, у которых преобладают структурные признаки с  $T_j > 0$  ( $T_j < 0$ ), кластеризуются в правой (левой) координатной полуплоскости.

Декартовы координаты отображения  $i$ -ой молекулы в системе БК вычисляются по формулам

$$x_i = \sum_{j=1}^m S_{ij}^o \cos \alpha_j; \quad y_i = \sum_{j=1}^m S_{ij}^o \sin \alpha_j. \quad (8)$$

Бинарная шкала структурных параметров аддитивной модели Фри-Вильсона не требует нормировки (5) в системе БК, что упрощает решение обратной задачи QSA(P)R (прогнозирования) [8]

#### 4. Прогнозирование свойств объектов с использованием мер сходства

В описании реальных объектов наличествуют как качественные, так и количественные признаки. Для максимально полного описания прибегают к дихотомизации признаков, т.е. любой объект из выборки объемом  $n$  описывается вектором  $\mathbf{X}_i(x_{(1)}, \dots, x_{(m)})$ , каждая из  $m$  компонент которого принимает значения 0



или 1, т.е. признак  $x_{ij}$  булевый ( $i=1, \dots, n; j=1, \dots, m$ ). Таким образом, стремление к адекватному описанию объекта приводит к решению задачи QSAR в  $m$ -мерном признаковом пространстве, причем зачастую  $m \gg n$ , что накладывает ограничения на классические регрессионные методы установления связи  $A=f(S_m)$ , применение принципа структурного подобия ужесточает требования к выбору эталона-обладателя оптимальных свойств: признаки его описания должны входить в словарь признаков для объектов данной выборки. В [4, 5] предложен алгоритм построения «фиктивного» эталона при описании структуры молекулы в рамках дескрипторно-топологической модели.

В настоящей работе изучается возможность построения обучаемого «фиктивного» эталона с использованием мер сходства молекул  $L$  и  $M$ , определенных по числу совпадающих (несовпадающих) единичных (нулевых) признаков у обоих объектов. На модельных выборках объектов с закономерно изменяющейся структурой рассмотрены различные меры сходства  $\Delta(L, M)$  [9] и построенные на их основе меры расстояний  $\delta(L, M)$ , имеющие весовые коэффициенты для признаков, совпадающих у объектов  $L$  и  $M$  и удовлетворяющие метрическим аксиомам евклидова пространства. При этом описание структуры молекул проводится заданием бинарной переменной  $x_{ij}$ , которая при наличии (отсутствии) данной группы атомов в данном положении принимает соответственно значения, равные единице (нулю). Затем по совокупности  $k$  активных соединений создается фиктивный образ молекулы-эталона, в который включались  $q$  структурных признаков  $m$  раз встречающихся в наборе выбранных соединений. Обучение эталона состоит в формировании набора  $k$  соединений, выделении  $q$  структурных признаков и частоты  $m$  их встречаемости. Критерием анализа структура – свойство (активность) является коэффициент корреляции  $r$  между экспериментальными значениями активности  $A_{\text{экс}}$  и рассчитанными методами нелинейного оценивания по системе уравнений  $A_i=f(x_{ij})$ , построенных на различных мерах схожести выбранного эталона и исследуемых молекул.

### *Обсуждение результатов*

Эффективность предложенного алгоритма визуализации многомерного пространства структурных признаков и последующего анализа связи структура–активность в системе БК иллюстрируется на примере трех выборок молекул, активность которых описана в различных шкалах.

Выборка I [10] состоит из 32 производных 1,4-бенздиазепина, проявляющих различную психотропную активность  $A$ , равную  $\lg(1/ED_{50})$ , где  $ED_{50}$  – доза, при которой эффект действия препарата проявляется в 50% случаях. Выборка II [11] состоит из 32 замещенных аналогов тетрагидропиридина, активность которых по ингибированию фермента моноамин оксидазы охарактеризована в шкале классов, насчитывающей три градации.

Проведенный ранее анализ QSAR этих выборок [10, 12] не привел к удовлетворительным результатам. Для выборки I авторы [10], используя в качестве структурных параметров физико-химические характеристики: константы липофильности Ханша и полярности Гаммета, рефракции заместителей и дипольный момент всей молекулы, не смогли получить удовлетворительную корреляцию структура–психотропная активность ( $r < 0,6$ ). Попытка построить корреляцию на главных компонентах набора структурных параметров также не привела к успеху. Три главные компоненты объясняют только 54% общей дисперсии.

Для описания молекулярной структуры соединений выборки I нами использовалось 19-мерное пространство перечислительных структурных признаков модели Фри-Вильсона ( $s_j$ ) кодируемых бинарными переменными  $X_j$ . Плохая обусловленность ковариационной матрицы в этой модели не позволила применить известные методы анализа, включая пошаговую регрессию, для определения связи структура–свойство. Мы попытались решить эту задачу с помощью системы БК. Система БК использовалась для преобразования в двухмерное пространство как 19-мерного пространства перечислительных структурных признаков ( $s_j$ ), определяемых в бинарной шкале, так и 8-мерного пространства физико-химических параметров, определяемых в интервальной шкале. С целью устранения влияния разнородности единиц измерения физико-химических параметров, вместо исходных вели-

чин  $s_j$  рассматривались величины  $s_{ij}^0$ , нормированные к интервалу 0-1 преобразованием

$$s_{ij}^0 = (s_{ij} - s_{i \min}) / (s_{i \max} - s_{i \min}). \quad (9)$$

Для каждого признака выборки I и II определены значения компоненты T-вектора, отражающей связь признака с активностью и значения координатных углов  $\alpha_j$ , используемых для создания системы БК. Анализ величин углов  $\alpha_j$  дает возможность сделать качественные выводы о влиянии данного параметра на проявление активности молекулы. В частности, для производных бенздиазепинов увеличению активности способствует замена водорода на метильную группу в положении X, а также наличие электрооакцепторных заместителей в положениях Y и Z. Эти выводы, основанные на описании молекулы с помощью перечислительных структурных характеристик, согласуются с выводами, полученными при использовании физико-химических параметров – увеличение константы полярности заместителей Y и Z способствует увеличению активности.

Для выборки I, характеризующейся значениями активности  $A$ , измеренными в интервальной шкале, были определены декартовы координаты отображений молекул в системе БК и получены регрессионные уравнения вида  $A_{\text{calc}} = b_0 + b_1x + b_2y$ . Статистический анализ показал, что на уровне  $\alpha = 0,05$  коэффициент  $b_2$  незначим. Активность исследуемых молекул определяется только значением декартовой координаты  $x$  в системе БК и определяется регрессионными уравнениями:

– при перечислительном описании молекул структурными признаками модели Фри-Вильсона

$$A_{\text{calc}} = 0,828 + 0,467x; F_{\text{набл}}^{\text{перп}} = 117,1; F_{\text{набл}}(b_1) = 63,8 \quad (10)$$

– при описании молекул физико-химическими параметрами

$$A_{\text{calc}} = 0,828 + 0,282x; F_{\text{набл}}^{\text{перп}} = 73,7; F_{\text{набл}}(b_1) = 32,9 \quad (11)$$

– при объединении обоих способов описания молекул выборки I (т.е. использовании 27-мерного пространства структурных признаков)

$$A_{\text{calc}} = 0,828 + 0,191x; F_{\text{набл}}^{\text{перп}} = 87,1; F_{\text{набл}}(b_1) = 54,8 \quad (12)$$

– (критические значения параметра Фишера для  $n=32$  составляют:  $F_{\text{кр}}^{\text{перп}} = 3,32; F_{\text{кр}}(b_1) = 4,17$  (13).

На расположение молекул в системе БК влияет параметр сжатия  $p$ . С уменьшением  $p$  происходит смещение всего набора

координатных осей к значению  $0^\circ$  ( $360^\circ$ ) для правой полуплоскости и к  $180^\circ$  – для левой полуплоскости. Это приводит к повышению разделяемости правого («высокоактивного») и левого («слабоактивного») классов, но с другой стороны, приводит к формальному увеличению значимости малоинформативных признаков (рис. 1). Поэтому для получения регрессионных уравнений использовались эмпирически подобранные значения параметра сжатия  $p$  системы БК, при котором наблюдалось наибольшее значение коэффициента линейной корреляции ( $r$ ) между расчетным  $A_{\text{calc}}$  и экспериментальным  $A$  значениями активности. Полученные результаты показывают, что авторы работы [10] выбрали не самые удачные физико-химические параметры для решения поставленной задачи QSA(P)R, так как для их модели коэффициент корреляции между  $A_{\text{calc}}$  и  $A$  значительно ниже, чем для модели, построенной на структурных признаках модели Фри-Вильсона. Причем, объединение структурных признаков обеих моделей не приводит к улучшению качества анализа QSA(P)R.

Анализ структура – активность аналогов тетрагидропиридина (выборка II) ранее был проведен в [12] на основе квантово-химических подходов для описания молекулярной структуры: использовались различные модификации индекса Карбо (Carbo Index) рассчитанные из матриц подобия электронной плотности. Однако, статистические параметры проведенного в [12] анализа нельзя признать удовлетворительными ( $r^2 \leq 0,58$ ).

Измерение отклика молекул выборки II при помощи трех классов активности обусловило использование нами ранговой шкалы для описания активности. Соединениям с одинаковыми оценками активности приписывался связанный ранг ( $\text{rank } A_{cl}$ ), равный среднему значению рангов активности данных молекул. По рассчитанному набору координатных углов была построена система БК и в ней определены декартовы координаты  $x$  и  $y$  отображений молекул и их ранги  $\text{rank } x$ ,  $\text{rank } y$ . Значения коэффициентов ранговой корреляции по Спирмену  $\rho_{A, x} = 0,88$ ;  $\rho_{A, y} = -0,03$ ; ( $\rho_{\text{крит}}^{\alpha=0,05} = 0,35$ ) свидетельствуют, что существует значимая связь между абсциссой  $x$  отображений молекул в системе БК и их активностью.

Обратная задача для выборки II также решалась методом Т-вектора. Исходя из значений компонент Т-вектора по формуле (6) были получены ранги расчетных значений активностей ( $A_{\text{calc}}$ ), которые затем были перерасчитаны в целочисленные связанные ранги ( $\text{rank } A_{\text{calc}}$ ). Коэффициент корреляции между рангами активности экспериментальной и рассчитанной методом Т-вектора составляет 0,83.

Контроль надежности анализа структура – свойство проведенного нами на выборках (I) и (II) осуществлялся методом случайных перестановок: по формуле (4) определялось значение приведенного «случайного» Т-вектора. Процедура повторялась 100 раз, затем проверялось выполнение неравенства (5). При этом определялось среднее арифметическое значение коэффициента корреляции ( $\bar{r}_{\text{rand}}$  для выборки I,  $\bar{\rho}_{\text{rand}}$  для выборки II) активностей, рассчитанных для случайных выборок и экспериментальных.

Прогнозирующая способность предлагаемой модели проверялась методом скользящего контроля (cross-validation one out method). Из обучающей выборки по очереди исключалась одна молекула. По выборке объемом  $n-1$  рассчитывалась новая система БК, на основании которой определялась активность исключенной молекулы. Средние арифметические значения коэффициентов корреляции ( $\bar{r}_{\text{rand}}^{\text{cr.val}}$  для выборки I,  $\bar{\rho}_{\text{rand}}^{\text{cr.val}}$  для выборки II) активностей, рассчитанных и экспериментальных, представлены в табл. 1

Для обеих выборок был проведен линейный дискриминантный анализ, как в многомерных пространствах исходных признаков, так и в двумерном пространстве системы БК, т.е., фактически, анализ «структура – активность» на качественном уровне.

Молекулы выборки I дискриминировались в один из классов:  $A$  – активный ( $A_i > \bar{A} = 0,83$ ) или  $N$  – неактивный ( $A_i < \bar{A}$ ), молекулы выборки II – в пары классов:  $A-M$ ,  $M-N$ ,  $A-N$  (молекулы с экспериментальными оценками активности 1, 2, 3 образуют, соответственно, классы  $N$ ,  $M$ ,  $A$ ).

Таблица 1

Проверка надежности установленной связи структура–активность для двух выборок. Прогнозирующая способность модели по данным метода скользящего контроля (cross-validation one out method)

Выборка	Описание молекулы	Метод случайных перестановок		Скользящий контроль	
		Т-вектор		Коэффициент корреляции	
		$T_{full}$	$\bar{T}_{rand} \pm 3\sigma_{T_{rand}}$		
I	*)	1,002	$0,795 \pm 0,123$	$\bar{r}_{rand} = 0,07$	$\bar{r}_{rand}^{cr.val} = 0,83$
	**)	0,969	$0,165 \pm 0,105$	0,04	0,72
	***)	1,275	$1,010 \pm 0,183$	0,06	0,81
II	*)	1,373	$0,843 \pm 0,171$	$\bar{\rho}_{rand} = 0,04$	$\bar{\rho}_{rand}^{cr.val} = 0,84$

\*) – структурными признаками модели Фри-Вильсона

\*\*\*) – физико-химическими параметрами заместителей

\*\*\*) – объединенным признаковым пространством

В табл.2 представлена относительная ошибка (в %) неправильного отнесения объекта при различных вариантах проведения дискриминантного анализа. Разнесение молекул по классам проводилось также методом Т-вектора. Определенные по формуле (6) расчетные ранги активности преобразовывались в целочисленные, и, исходя из заданного *a priori* числа молекул в данном классе, рассчитывали число ошибочных отнесений (табл.2)

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что совместное использование процедуры Т-вектора и метода БК позволяет не только визуализировать структуру многомерного «разно-словарного» признакового пространства, но и в ряде случаев улучшить качество прогнозирования по сравнению с традиционными методами регрессионного и дискриминантного анализа, даже при использовании в анализе QSA(P)R не самого «удачного» выбора структурных параметров.

Таблица 2

Ошибка отнесения молекулы к соответствующему классу активности (в %) при анализе «структура–активность» на качественном уровне методами дискриминантного анализа и Т-вектора.

Выборка	Описание молекулы	Разбиение на классы	Дискриминантный анализ		Метод Т-вектора
			В двумерном пространстве системы БК	В многомерном пространстве исходных структурных признаков	
I	*)	$A - N$	9	3	18
	**)	$A - N$	14	12	25
	***)	$A - N$	16	34	25
II	*)	$A - N$	0	3	12
		$A - M$	5	6	0
		$N - M$	8	31	8

\*) – структурными признаками модели Фри-Вильсона

\*\*\*) – физико-химическими параметрами заместителей

\*\*\*) – объединенным признаковым пространством

Метод структурного подбора в пространстве булевых структурных признаков использовался в анализе связи структура–свойство выборки из 104 соединений, проявляющих некоторую биологическую активность  $A_{\text{экс}}$  [13]. Эта представительная выборка интересна тем, что включает 50 веществ, отнесенных к классу неактивных. Это позволяет решать задачу QSAR как на качественном (прогнозировать принадлежность молекул к классам активному или неактивному) так и на количественном (прогнозировать величину  $A$ ) уровнях. Кроме того, ранее для этой выборки в [14] осуществлен анализ связи структура–активность классическими регрессионными методами при описании молекул с помощью квантово-химических и классических структурных параметров.

Коэффициент корреляции между значениями активности рассчитанными по составленному уравнению кусочно-линейной регрессии и  $A_{\text{экс}}$  составляет 0,90, что превышает максимальное значение  $r=0,82$ , приведенное в [13]. Качество прогноза отнесения исследуемых молекул к соответствующему классу активно-

сти, определенное по  $\chi^2$  критерию таблиц сопряженности признаков [2x2], составляет 60, что также значительно превышает соответствующие данные, приведенные в [13]. Полученные результаты показывают перспективность применения мер подобия многомерных структурных признаков в анализе связи структура – свойство (активность).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. 3D QSAR in Drug Design. Theory, Methods and Applications. Ed. H.Kubinyi, ESCOM, Leiden, 1993.
2. Hansch, L., and Leo, A., Exploring QSAR Fundamentals and Applications in Chemistry and Biology, American Chemical Society, Washington, DC, 1995.
3. Кузьмин В.Е., Витюк Н.В., Позигун В.В., *Хим.-фарм. журн.*, № 5, 1989, с.605-607.
4. Vityuk N.V., *Pattern Recognition and Image Analysis*, v.8, No 1, 1998, pp.42-47.
5. Витюк Н.В. В сб. «Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в природничих науках».
6. Carhart, R.,E., Smith, D., H., and Venkataragnavan, R., *J. Chem. Inf. Comput. Sci.*, v. 25, No 2, 1985, pp. 64 – 73.
7. Кузьмин В.Е., Дяденко А.И., Витюк Н.В., *Журн. аналит. химии*, Т. 49, № 2, 1994, с.168-172.
8. Vityuk N.V., Voskresenskaya E.B., Kuz'min V.E., *Pattern Recognition and Image Analysis*, v. 9, No. 3, 1999, pp 521-538.
9. Елисеева И.И., Рукавишников В.О. Группировка, корреляция, распознавание образов. – М.: Статистика, 1977. – 144 с.
10. Miyashita, J., Takahashi, J., Yotsui, J., and Sasaki, S., *Anal. Chem. Acta*, v.133, No 4, 1981, pp.615-624.
11. Maret, G.,M., et al., *Biochem. Pharm.*, v. 40, 1990, pp.783-792,
12. Good A.,C., Peterson S.,J., and Richards W.,G., *Journ. Med. Chem.*, v.36, No 20, 1993, pp.2929-2937.
13. Nikolovska-Coleska Z. et al., *Quant. Struct. – Act. Relat.*, v.17, 1998, pp.7-13



# ВЛИЯНИЕ СЛУЧАЙНОГО ВОЗМУЩЕНИЯ И РАЗУПОРЯДОЧЕННОСТИ НА СПЕКТР И ВОЛНОВЫЕ ФУНКЦИИ ЭЛЕКТРОНА В ОГРАНИЧЕННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СИСТЕМАХ

В.Н. Евтеев

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Спектр и волновые функции (ВФ) электронной подсистемы полупроводниковых структур исследовались в рамках одночастичной модели ограниченного одномерного кристалла. Кристаллический потенциал имитировался последовательной цепочкой повторяющихся потенциальных ям с открытым граничными условиями на концах образца. Потенциальная яма аппроксимировалась горизонтальными потенциальными ступеньками. Из стационарного уравнения Шредингера для каждой ступеньки:

$$-\hbar^2/2m \psi_s'' + (U_s - E)\psi_s = 0, \quad (1)$$

определялся вид ВФ ступеньки. Затем рассчитывались трансфер-матрицы каждой  $s$ -той ступеньки  $\hat{T}_s$  и формировалась трансфер-матрица образца  $\hat{T} = \prod_{s=1}^N \hat{T}_s$  для согласования граничных условий:

$$\hat{T} \bar{\Psi}_L = \bar{\Psi}_R, \quad (2)$$

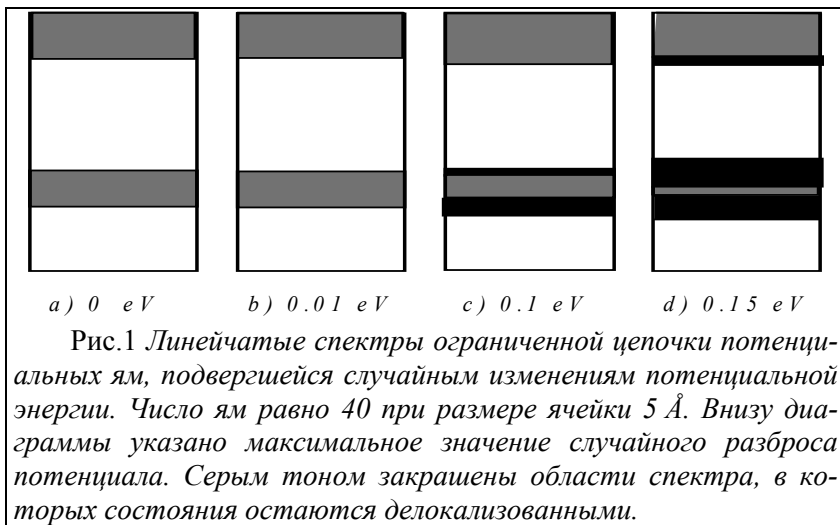
здесь  $\bar{\Psi}_L$  и  $\bar{\Psi}_R$  – векторы, составленные из ВФ и ее производной левой и правой границы,  $N$  – число ступенек аппроксимации. Условие (2) использовалось для селекции собственных энергетических уровней электронной подсистемы. Описанный метод был реализован в активном конструкторе иерархических систем (АКИС).

Как показал Андерсон [1], любое, даже незначительное, отклонение от трансляционной инвариантности потенциала в случае бесконечного кристалла приводит к локализованным состояниям. Однако, если рассматривать ограниченную область пространства, то возможны отклонения потенциала, не приводящие к переходу делокализованного состояния в локализованное. На-

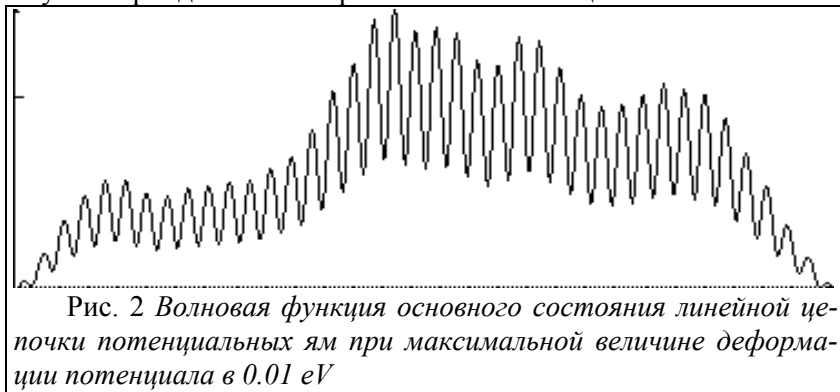
пример, не всякое изменение потенциала внешних берегов вызывает появление локализованных поверхностных состояний. Локализованные и делокализованные состояния не могут располагаться близко друг от друга из-за гибридизации их волновых функций [3].

В качестве критерия локального характера ВФ мы выберем значение следа трансфер-матрицы  $t^2 > 4$ . Поскольку, след матрицы представляет собой непрерывную функцию, то в полосах энергии, в которых ВФ делокализована, не может иметь место локальное состояние. Наиболее наглядно приведенное высказывание подтверждается в численном эксперименте, моделирующем распад зонной структуры при постепенной случайной трансформации первоначально периодического ограниченного потенциала [2]. При небольших величинах отклонений от первоначальных значений параметров (имеется в виду изменения размеров и потенциала отдельных ступенек) от зоны отщепляются лишь несколько уровней, но основная часть состояний продолжает по-прежнему иметь делокализованный характер. Из изучаемой нами модели следует, что для любого ограниченного периодического потенциала найдется такое достаточно малое возмущение, которое не будет приводить к появлению локальных состояний. И, наоборот, для любого конечного малого возмущения существует достаточно длинный образец, в котором все состояния становятся локализованными. С увеличением деформаций потенциала зонная картина спектра деструктурируется, однако, несмотря на то, что ширина полосы делокализованных состояний уменьшается и ее центр незначительно смещается, все же ни одно локальное состояние не попадает в полосу делокализации.

На рис. 1 показана диаграмма линейчатых спектров, которые получены в результате численного счета. Спектры упорядочены слева направо по величине случайного возмущения, вносимого в потенциал. Малое возмущение потенциала хотя и не приводит к появлению локального состояния, но проявляет себя, искажая форму огибающей ВФ.



Так, из рис. 2 видно, что огибающая основного состояния имеет более сложную форму, чем синусоидальная полуволна в случае периодического ограниченного потенциала.



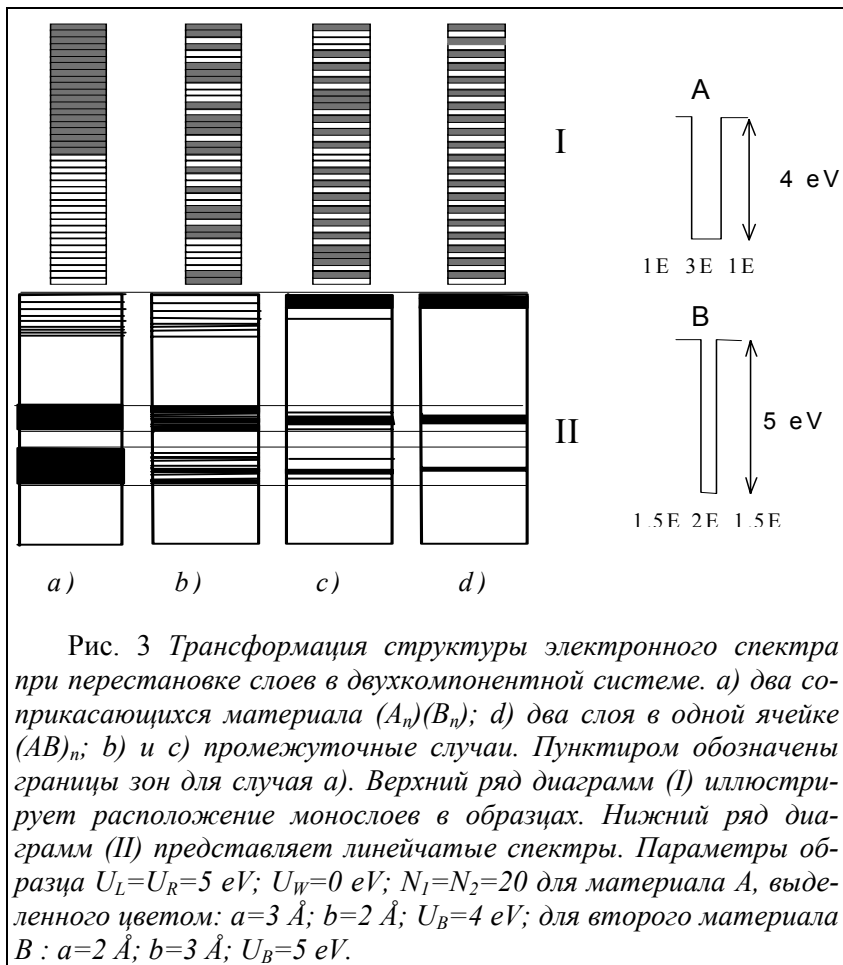
Положение полосы делокализации внутри полосы спектра определяется двумя факторами: наличием внешних границ, которые поднимают ее вверх, и случайным разбросом возмущений. Последний фактор перемещает ее случайным образом и может свести на нет влияние внешних границ (см. рис. 1 d). На этом рисунке представлены спектры конкретных реализаций воздействия случайных возмущений. Образцы для расчетов приготавливались следующим образом. На исходном невозмущенном об-

разце значение потенциала ступеньки заменялось на случайное из диапазона  $[U_s - \varepsilon; U_s + \varepsilon]$ , где  $U_s$  – исходный потенциал ступеньки, а  $\varepsilon$  – максимальное значение случайного разброса потенциала. При выборе случайного значения использовался равномерный закон распределения плотности вероятностей.

Легко заметить, что уширение полосы под действием возмущения равно  $\Delta E = 2\varepsilon$ . Например, для спектра рис. 1 *c* оно равно 0.2 eV, а для спектра рис. 1 *d* равно 0.3 eV.

Следует отметить, что полосная структура спектра возникает как следствие чередования, не обязательно одинаковых, потенциальных ям и барьеров.

Рассмотрим изменения в спектре и ВФ при варьировании упорядоченности двухкомпонентной системы. С этой целью будем приготавливать образцы произвольно, переставляя местами монослои компонентов. На рис. 3 представлены результаты численного эксперимента с тасовкой компонентов в слоистой системе. Отдельный слой моделируется симметричной потенциальной прямоугольной ямой, ограниченной прямоугольными барьерами. На диаграмме рис. 3 *a* отображен линейчатый спектр для ситуации, при которой все А компоненты расположены слева, а все В компоненты – справа. Параметры компонент подобраны таким образом, чтобы разрешенные зоны не пересекались. Пунктирными линиями обозначены границы зон. В ходе численного эксперимента поэтапно осуществлялась перестановка местами ям материалов А и В, таким образом, чтобы получить в итоге структуру, в которой будут строго чередоваться компоненты А и В рис. 3 *d*. Спектр на этой диаграмме соответствует давидовскому расщеплению зоны для двухатомной ячейки. При постепенном сближении параметров компонентов А и В друг к другу две полосы на диаграмме *d*), постепенно сближаясь, сливаются в одну. На диаграммах *b*) и *c*) представлены промежуточные ситуации между случаями *a*) и *d*). Примечательно, что перестановки компонент не приводят к новым уровням за пределами зон исходных материалов. Однако, как и в ситуации со случайной деформацией потенциала, не все уровни остаются делокализованными в ситуациях *b*) и *c*), в то время как в ситуациях *a*) и *d*) все состояния делокализованы. Средствами АКИС рассчитано и проанализировано около 30-ти моделей неупорядоченных систем.



Наблюдения показывают, что все уровни, находящиеся в пределах полос диаграммы d), всегда делокализованы.

#### Литература:

1. Anderson P.W. Phys. rev. 109, 1958, p. 1492
2. Glushko E.Ya., Evteev V.N. Spectrum Decay in Disordered System of Quantum Wells. I International Congress on Adhesion Science and Technology, Amsterdam, The Netherlands, 16-20 October 1995.
3. Cohen M.H. Proc. 10<sup>th</sup> Int. Conf. On the Phys. of Semicond., Cambridge, Mass., 1970, p. 645

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СВЕРХРЕШЕТОК СРЕДСТВАМИ АКИС

Е.В. Журавель

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Современная электроника на нынешнем этапе развития предъявляет все больше и больше требований к полупроводниковым материалам, являющихся основой интегральных схем, оптоэлектронных устройств и др. В связи с этим актуальной является проблема получения полупроводников с заранее заданными параметрами. Для достижения этой цели используются сверхрешетки. Понятие «сверхрешетка» (СР) применяется к периодическим структурам, состоящим из тонких слоев двух полупроводников, повторяющихся с периодом до десятков нанометров. Слои полупроводниковых материалов образуют потенциальные ямы различной величины. Такой периодический потенциал изменяет зонную структуру исходных материалов, что позволяет получить структуру с электронными и оптическими свойствами, не присущими природным полупроводникам.

Мы рассмотрим результаты моделирования СР с использованием одномерной точно решаемой потенциальной гребенки Дирака [1, 2, 3] и сепарабельного приближения. Получив энергетический спектр  $E_s$  ( $s$  – номер состояния) и волновые функции  $\Psi_s$  для одномерного случая (подробное изложение этого вопроса смотрите в [4, 5]), создается трехмерная модель полупроводников, из которых строится сверхрешетка. 3D–модель получаем наложением друг на друга одномерных потенциалов в направлениях  $OX$ ,  $OY$ ,  $OZ$ . В местах наложения потенциалы суммируются. Полный потенциал  $U(x, y)$  представляет собой центральную часть (кристалл) окруженную пространством с потенциалом  $U_0$  и дополнительный возмущающий потенциал  $\Delta U(x, y, z)$ . Для решения задачи с аддитивным потенциалом  $\tilde{\Psi}_0(x, y, z)$  получим

$$\begin{aligned} H_0(x, y, z)\tilde{\Psi}_0(x, y, z) &= E_0\tilde{\Psi}_0(x, y, z) \\ \tilde{\Psi}_0(x, y, z) &= \tilde{\Psi}_{0x}(x)\tilde{\Psi}_{0y}(y)\tilde{\Psi}_{0z}(z) \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\tilde{\Psi}_{0x}(x), \tilde{\Psi}_{0y}(y), \tilde{\Psi}_{0z}(z)$  – одномерные решения. Поправка к энергии, связанная с возмущающим потенциалом, рассчитанная по теории возмущений составила 2,63% от энергии состояния. Основные величины, необходимые для построения СР с помощью активного конструктора иерархических систем (АКИС) – ширина зоны проводимости  $\Delta E_c$ , потолок валентной зоны  $E_v$ , глубина потенциальной ямы  $U_0$ , непроницаемость барьера  $\Omega a$

$$\Delta E_c = \chi - \chi_\infty \quad (2)$$

$$E_v = \chi + E_g \quad (3)$$

$$U_0 = \pi^2 E_0 + \chi_\infty / 3 \quad (4)$$

$$\Omega a = ka \operatorname{tg}(ka/2) \quad (5)$$

где  $\chi$  – электронное сродство материала,  $\chi_\infty$  – электронное сродство элементарной ячейки,  $E_g$  – ширина запрещенной зоны,  $E_0 = \hbar^2 / 2ma^2$  – единица измерения энергии,  $ka = (\pi^2 + (\chi_\infty - \chi) / 3E_0)^{1/2}$ ,  $a = d - b \approx d$  – ширина ямы,  $d$  – постоянная решетки,  $b$  – ширина барьера,  $\Omega a$  – непроницаемость барьера. После того, как параметры отдельных трехмерных полупроводников получены, конструируется периодический 3D-потенциал СР.

Сравнивая расположение краев энергетических зон различных полупроводников, обычно используют в качестве начала отсчета уровень вакуума. Отсчитывая энергию от уровня вакуума, разделяют композиционные сверхрешетки на три различных типа [6]. В сверхрешетке типа I разрывы в зоне проводимости и валентной зоне имеют противоположные знаки, и запрещенные зоны полностью перекрываются. Такие сверхрешетки иногда называют «контравариантными» композиционными решетками. В сверхрешетке типа II разрывы краев зоны проводимости и валентной зоны имеют один и тот же знак, запрещенные зоны перекрываются лишь частично, либо не перекрываются вообще («ковариантная» сверхрешетка). Политипная сверхрешетка представляет собой трехкомпонентную систему, где слои, образующие сверхрешетку типа II, дополняются широкозонным полупроводником. Другой класс сверхрешеток I типа составляют сверхрешетки из материалов с несовпадающими постоянными решетки (сверхрешетки с напряженными слоями СНС) [7]. На рис. 1. можно видеть элемент СНС GaSb – AlSb, которая была смоделирована и рассчитана с помощью АКИС.

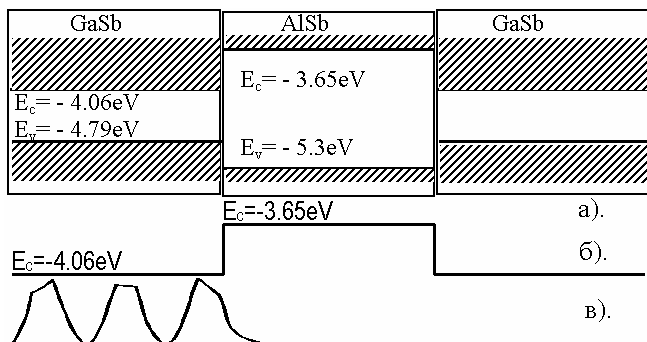


Рис. 1 Контрковариантная сверхрешетка GaSb–AlSb. а) Фрагмент CP GaSb–AlSb: толщина слоя GaSb – 60,95 Å,  $\Omega a = -0,338$ ; толщина слоя AlSb – 61,35 Å,  $\Omega a = -0,026$ ; б) профиль дна зоны проводимости; в) квадрат волновой функции состояния, локализованного в GaSb,  $N=5$ ,  $E=-1.2840\text{eV}$ . Расчет АКИС.

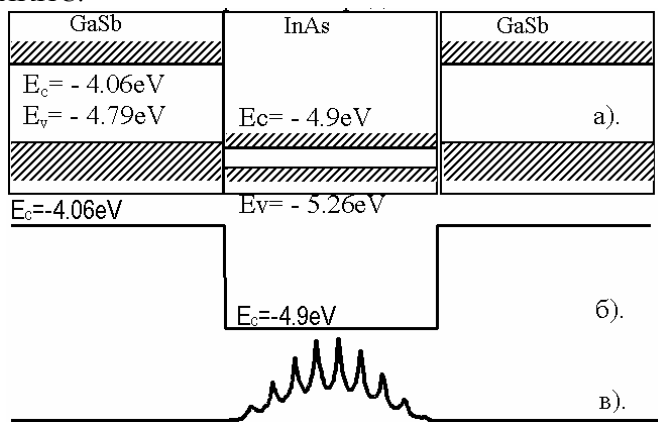


Рис. 2 Ковариантная сверхрешетка GaSb–InAs. а) Фрагмент CP GaSb–InAs: толщина слоя GaSb 60,95 Å,  $\Omega a = -0,338$ ; толщина слоя InAs – 60,57 Å,  $\Omega a = -1,597$ ; б) профиль дна зоны проводимости; в) квадрат волновой функции состояния, локализованного в InAs,  $N=0$ ,  $E=-1.6187\text{eV}$ . Расчет АКИС.

Характерные черты композиционных сверхрешеток типа II определяются взаимным расположением краев зон исходных полупроводников на гетерогранице. Зона проводимости одного из материалов близка к валентной зоне другого. Это вызывает пространственное разделение носителей, локализованных в



квантовых ямах. Электроны сосредоточены в квантовых ямах, образованных первым полупроводником, а дырки – в квантовых ямах, образованных вторым полупроводником. На рис.2 показан фрагмент ковариантной CP InAs – GaSb, которая рассчитана с помощью конструктора иерархических систем.

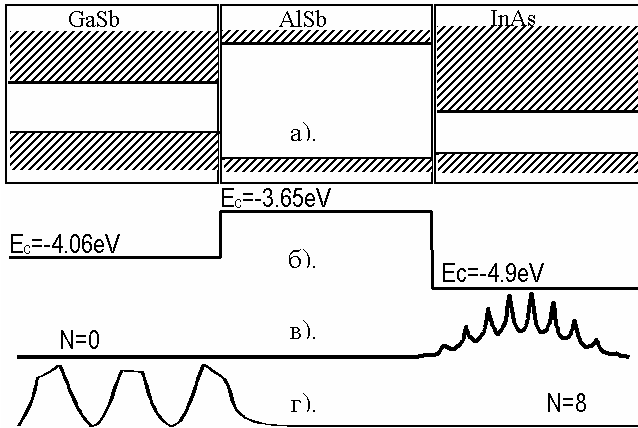


Рис. 3. Политипная сверхрешетка GaSb–AlSb–InAs. а) Фрагмент CP GaSb–AlSb–InAs: толщина слоя GaSb – 60,95 Å,  $\Omega_a = -0,338$ ; толщина слоя InAs – 60.57 Å,  $\Omega_a = -1,597$ ; толщина слоя AlSb – 61,35 Å,  $\Omega_a = -0,026$ ; б) профиль дна зоны проводимости; в) квадрат волновой функции состояния, локализованного в InAs,  $N=0$ ,  $E = -1.6190$  eV; г) квадрат волновой функции состояния, локализованного в GaSb,  $E = -0.2840$  eV,  $N=5$ . Расчет АКИС.

Политипные сверхрешетки конструируются из базовых многопереходных элементов типа YXZ, XYZX, XZYX и т.д., где X означает AlSb, Y – GaSb, а Z – InAs. На рис. 3 изображен фрагмент политипной CP GaSb–AlSb–InAs, рассчитанной с помощью конструктора. Благодаря относительно широкой запрещенной зоне AlSb (1,6 эВ), перекрывающей запрещенные зоны InAs и GaSb, слои AlSb в сверхрешетках и гетероструктурах служат потенциальными барьерами как для электронов, так и для дырок. Гетеропереходы между отдельными составляющими политипной сверхрешетки сами по себе обладают интересными характеристиками. В гетеропереходах GaSb–AlSb разрыв в валентной зоне  $\Delta E_V$  очень мал, в то время как разрыв в зоне проводимости  $\Delta E_C$  весьма велик. Поэтому квантовые ямы в зоне проводимости

сверхрешетки GaSb–AlSb очень глубоки. Кроме того, разность постоянных решетки GaSb и AlSb позволяет изучать влияние напряжений несоответствия на свойства сверхрешетки. Очевидно, что свойства политипной сверхрешетки в целом определяют характеристики гетеропереходов между отдельными компонентами. Такие трехкомпонентные системы обладают рядом характеристик, недоступных в двухкомпонентных системах, поэтому, такие системы существенно расширяют перспективы применения искусственных сверхрешеток.

Результаты, полученные при расчете 3D-структур хорошо согласуются с экспериментальными данными, приводимыми в литературе [6, 8] и могут быть использованы для моделирования новых полупроводниковых структур и физических процессов. Простым и доступным средством достижения этой цели может служить АКИС.

#### Литература

1. Флюгге З. Задачи по квантовой механике. Т. 1. – М.: Мир, 1974. – с. 341.
2. Глушко Е.Я., Журавель Е.В., Линчук И.Л. Моделирование интерфейсных состояний в полупроводниковых гетероконтактах. // В сб.: Компьютерне моделювання та інформаційні технології в освітній діяльності. – Кр.Р.: КДПУ, 1999. – с. 57.
3. Глушко Е.Я., Журавель Е.В., Линчук И.Л. Эффективные параметры кристаллических потенциалов полупроводников в модели Кронига-Пенни: Препринт. – Кривой Рог: Издательский отдел КГПУ, 1999.
4. Глушко Е.Я. ФТТ **38**, №7, 2051 (1996)
5. Глушко Е.Я., Євтєєв В.Н. Методичні аспекти деяких моделей напівпровідникових суперґраток, які мають точне рішення. – Кр.Р.: КДПУ, 1994. – с. 39.
6. Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки.– М.: Мир, 1989. – 240 с.
7. Matthew J.W., Blekeslee A.E. – J.Vacuum Sci. Technol., 1977, v.14, p.989.
8. Молекулярно–лучевая эпитаксия и гетероструктуры. – М.: Мир, 1989. – с. 584.

# **ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА, ВОЛЬТАМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ЗАРЯЖЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ЦЕПОЧЕК, КОНТАКТИРУЮЩИХ С МЕТАЛЛОМ**

М.В. Моисеенко

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Точно решаемые линейные модели представляют большой интерес для теории электронной структуры твердых тел. Такие модели дают ориентировочные результаты для проверки приближенных методов расчета структуры в двумерных и трехмерных случаях. Кроме того, линейные модели имеют реальные прототипы – одномерные и квазиодномерные атомные цепочки, полупроводниковые нити, линейные элементы бионических микро- и наносистем, которые могут быть использованы для создания сенсоров и устройств хранения и обработки информации [1].

В основе одночастичной потенциальной модели лежит представление о кристаллическом потенциале, создаваемом для рассматриваемого электрона атомными остовами и остальными электронами. В большой системе теряется принципиальная разница между поведением добавленного электрона, электрона сродства, и возбужденным валентным электроном. С уменьшением длины цепочки это различие становится существенным, когда расстояние между квазизонными атомными уровнями становится одного порядка с энергией атомного сродства.

При описании во вторичном квантовании, как правило, используют приближение ближайших соседей, изначально задается число исходных состояний (одно-, дву- или трехуровневые атомы), не принимаются во внимание состояния сплошного спектра.

Нами рассмотрены электронные спектры сродства одномерных атомных (молекулярных) цепочек различных типов с учетом их ограниченности и без предположений о периодических граничных условиях или трансляционной инвариантности, а также исследована модель проводящего мостика, в качестве которого

могут выступать линейные молекулы или металлические нити. При этом выявлена ступенчатая зависимость ВАХ от дискретности электронного спектра сродства. Наблюдается корреляция между зарядением и силой тока.

Спектр электронного сродства линейной квазиодномерной цепочки, содержащей  $N$  однотипных одноуровневых атомов, в представлении вторичного квантования, по нашим расчетам, представляет собой зону шириной  $4|V|$ :

$$E = \varepsilon_0 - 2|V| \cos(\pi s / (N+1)), \quad (1)$$

где  $s=1, 2, \dots, N$  – номер состояния,  $\varepsilon_0$  – основной энергетический уровень, занимаемый на каждом атоме цепочки единственным электроном сродства,  $V$  – матричный элемент перехода электрона от одного атома к другому в приближении ближайших соседей. Частица в рассматриваемой модели обладает одной степенью свободы (поперечным движением электрона пренебрегаем). Соответствующая потенциальная модель представляет собой ряд одинаковых потенциальных ям, ограниченных на краях цепочки бесконечными непроницаемыми барьерами. Волновые функции для каждого состояния  $s$  рассматриваемой линейной системы представляют собой стоячие волны:

$$x_k^s = \sqrt{\frac{2}{N+1}} (i \operatorname{sign}(V))^{k-1} \sin \frac{\pi k s}{N+1}, \quad (2)$$

$$k=1, 2, \dots, N, s=1, 2, \dots, N.$$

В (2)  $k$  – номер компоненты волновой функции,  $s$  – номер состояния системы.

Реальным аналогом такой модели могут служить металлические нити, используемые в качестве мостиков при исследовании проводимости линейных металлических сред [2, 3].

Спектр электронного сродства линейной цепочки, содержащей  $N$  однотипных двухуровневых атомов, состоит из двух зон, образованных расщеплением основного ( $\varepsilon_0$ ) и возбужденного ( $\varepsilon_1$ ) уровней, занимаемых единственным электроном на каждом атоме цепочки.

$$E_{1,2} = \frac{1}{2} \left[ e_0 + e_1 - 2|W| \cos \frac{ps}{N+1} \pm \sqrt{\left( e_0 - e_1 + 2|W| \cos \frac{ps}{N+1} \right)^2 + 4|V|^2} \right] \quad (3)$$

В принятой модели перенос между атомами возможен лишь через возбужденные уровни (будем считать, что возбужденный

уровень расположен очень высоко по отношению к основному уровню сродства); амплитуда этого процесса  $W$ , амплитуда пере-скоков между уровнями одного атома равна  $V$ .

Нижняя индуцированная зона возникает, несмотря на отсут-ствие прямого переноса между глубокими уровнями основных состояний атомов цепочки. Благодаря внутриатомной связи со-стояний перенос между высоколежащими возбужденными со-стояниями индуцирует перенос между низколежащими состоя-ниями.

Реальным аналогом такой модели могут служить адсорбиро-ванные молекулы углеродных полимеров типа полиацетилена  $R-(CH)_n-R$ . В такой модели  $\varepsilon_0$  отвечает основному уровню сродства атома углерода,  $\varepsilon_1$  – основному уровню сродства атома водорода, перенос между ячейками возможен лишь через атомы водорода (амплитуда этого процесса  $W$ ), амплитуда пере-скоков внутри элементарной ячейки равна  $V$ . Аналитическое выражение для компонент волновых функций данной модели имеет следующий вид:

$$x_{kj} = (-i)^k \text{sign}(W) V^j (E_{1,2}^{(s)} - \varepsilon_0)^{1-j} \sin \frac{\pi k s}{N+1} \sqrt{\frac{2}{(N+1)((E_{1,2}^{(s)} - \varepsilon_0)^2 + |V|^2)}} \quad (4)$$

где  $j$  принимает значения 0 или 1;  $s=1, 2, \dots, N$  – задает номер состояния системы;  $k=1, 2, \dots, N$  – номер компоненты волновой функции для каждого состояния.

Рассмотрим модель линейной молекулярной цепочки, со-стоящей из  $N$  элементарных ячеек, каждая из которых содержит два атома типа А и В. Электрон сродства может занять уровень сродства  $\varepsilon_0$  на атоме А или  $\varepsilon_1$  – на атоме В. В приближении бли-жайших соседей матричный элемент перехода электрона сродст-ва между атомами внутри элементарной ячейки ( $V$ ), между ячей-ками по связи В–А ( $W$ ). Возможны две принципиальные конфи-гурации строения молекулярной цепочки такого типа: количест-во ячеек – целое число (все ячейки полные), и случай с послед-ней неполной ячейкой (если из одного атома состоит первая ячейка, то нумерация ведется с другого конца цепочки, при этом в результирующих соотношениях для спектра и волновых функ-ций следует заменить  $\varepsilon_0$  на  $\varepsilon_1$  и  $V$  на  $W$ ). Для конфигурации с це-лым числом элементарных ячеек аналитическое выражение для

спектра сродства имеет вид:

$$E_{1,2} = \frac{1}{2} \left[ e_0 + e_1 \pm \sqrt{(e_0 - e_1)^2 + 8|VW| \cos \frac{2ps}{2N+1} + 4|V|^2 + 4|W|^2} \right] \quad (5)$$

где  $s=1, 2, \dots, N$ . Зонные состояния расщепляются на две зоны. Локальных состояний модель не имеет.

Для конфигурации с неполной последней элементарной ячейкой аналитическое выражение для электронного спектра сродства имеет вид:

$$\begin{cases} E_{1,2} = \frac{1}{2} \left[ e_0 + e_1 \pm \sqrt{(e_0 - e_1)^2 + 8|VW| \cos \frac{ps}{N} + 4|V|^2 + 4|W|^2} \right] \\ E_0 = e_0 \end{cases} \quad (6)$$

где  $s=2, 3, \dots, N-1$ . Уровень  $E_0$  в этом случае может быть локальным при определенных параметрах  $V$  и  $W$ , а также соотношения  $\varepsilon_0$  и  $\varepsilon_1$ . Возможен такой набор параметров, когда  $E_0$  попадает в одну из подзон зоны сродства. Подзоны никогда не пересекаются и могут лишь «подходить очень близко», образуя одну сплошную зону ( $\varepsilon_0 = -2$  эВ,  $\varepsilon_1 = -1$  эВ,  $W = 0,2$  эВ,  $V = 0,3$  эВ, центр зоны  $-1,5$  эВ).

Рассмотрим модель однородной линейной цепочки, в которой положим возможным переход электрона сродства между атомами с номерами 1 и  $N$ . Таким образом, мы накладываем на данную структуру циклические граничные условия, имитируя тем самым молекулярное кольцо, в модели которого не учитывается угловая зависимость потенциала. Спектр электронного сродства представляет собой одну зону:

$$E = \varepsilon_0 - 2|V| \cos \varphi, \quad (7)$$

где  $\varphi = \pi j/N$ ,  $j=2s$ , если  $N$  – четное, и  $j=2s-1$ , если  $N$  – нечетное,  $s=0, 1, 2, \dots, N-1$ . При четном  $N$  нижний уровень соответствует  $s=0$ , верхний уровень соответствует  $s=N/2$ . Эти уровни являются невырожденными. Все остальные уровни зоны двукратно вырождены в соответствии с номерами 1 и  $N-1, \dots, k$  и  $N-k, \dots, N/2-1$  и  $N/2+1$ . При нечетном  $N$  верхний невырожденный уровень соответствует  $s=(N+1)/2$ . Все остальные уровни двукратно вырождены. При предельном переходе для  $N \rightarrow \infty$  спектральные зоны сродства для замкнутой (7) и незамкнутой (1) линейной цепочки, как и следовало ожидать, совпадают. Компоненты волновых

функций:

$$x_k^s = \sqrt{\frac{2}{N-1}} (-1)^{k-1} \cos(k-1)\varphi, \quad k=1, 2, \dots, N, s=1, 2, \dots, N. \quad (8)$$

Выше нами были рассмотрены энергетические спектры сродства линейных молекулярных цепочек без учета внешнего электрического поля. Рассмотрим модель адсорбированной на металлических электродах линейной молекулы, через которую течет ток. Такая молекула находится во внешнем электрическом поле  $\varepsilon$ , которое вносит существенные изменения в спектр сродства и влияет на локализацию волновых функций электрона. При аналитическом расчете спектра линейной цепочки дисперсионное уравнение каноническим преобразованием с использованием операций логарифмирования и потенцирования матриц приводится к виду (9).

$$e^{f_1} - e^{f_2} = 0, \quad (9)$$

где  $f_1$  и  $f_2 = -f_1$  – собственные значения матрицы  $\hat{F}$  в показателе экспоненты описанного в [4] метода нахождения спектра сродства во внешнем поле. Расчеты показывают, что с ростом напряженности поля область проникающих состояний сужается от краев зоны к середине, при этом ширина зоны возрастает на величину приложенной разности потенциалов  $U$ . Последние проникающие состояния обращаются в локализованные, когда  $U$  превышает исходную ширину зоны. Распределение амплитуд электронной плотности в цепочке задаются собственными векторами решенной выше задачи на собственные значения. Рассматриваемая здесь модель цепочки позволяет получить аналитические выражения для собственных векторов, определяемых коэффициентами  $C_{ks}$  канонического преобразования

$$a_s^+ = \sum_k C_{ks} a_k^+, \quad a_s = \sum_k C_{ks}^* a_k, \quad (10)$$

Суммирование ведется по всем атомам  $k$ . Индекс  $s=1, 2, \dots, N$  нумерует электронные состояния сродства. Явный вид  $C_{kj}$  можно получить с помощью правила Крамера, раскрывая детерминанты, отвечающие каждой из переменных. С ростом приложенного напряжения стоячие волны  $C_{ks}$  становятся все менее симметричными (антисимметричными) относительно центра линейной молекулы. Вместе с тем, при достаточно больших на-

пряженностях поля ( $\approx 10^9$  V/m) межатомные барьеры уменьшаются, а амплитуды переноса возрастают, что приводит к восстановлению симметричности распределения электронной плотности.

В работе [2] измерялась проводимость полученных в технике осажденных микромостиков [3] – молекулярных (атомных) перемычек между металлическими электродами. Полученные результаты обнаружили ряд интересных особенностей, в частности ступенчатый характер ВАХ и, при некоторых условиях, их асимметрию относительно знака приложенного напряжения [5].

В модели, предложенной в [4], рассчитываемый спектр электронного сродства молекулярного мостика под влиянием внешнего поля уширяется. С ростом приложенной разности потенциалов  $U$  уровни сродства поодиночке проходят через область эффективного переноса вблизи фермиевских энергий  $E_{Fl}$  и  $E_{Fr}$ . Вступлению каждого нового уровня в активную область отвечает резко возрастающий участок ВАХ, а энергетическим промежуткам – плато. Наблюдается корреляция процессов заряжения цепочки и скачкообразного роста тока.

Рассмотрим модель молекулярного мостика, соединяющего металлические электроды, имеющие вблизи контактов форму тонких игл (рис. 1). Прикладывая разность потенциалов к концам молекулы–перемычки, будем считать, что основное падение потенциала будет происходить на крайних связях берег–молекула. Таким образом, можно считать, что внешнее электрическое поле не вносит изменения в электронный спектр молекулы. В таком приближении расчет вольтамперных характеристик (ВАХ) существенно упрощается. Полный ток  $I$  через молекулу представляется суммой электронных потоков через все состояния

$$I = \frac{2pe}{\hbar} \sum_{s,j} |G_{l,sj}|^2 |G_{r,sj}|^2 g_l(E_{sj} - \epsilon_l + E_{Fl} + U_l) \cdot g_r(E_{sj} - \epsilon_r + E_{Fr} + U_r). \quad (11)$$

$$\frac{N_l - N_r}{|G_{l,sj}|^2 g_l(E_{sj} - \epsilon_l + E_{Fl} + U_l) + |G_{r,sj}|^2 g_r(E_{sj} - \epsilon_r + E_{Fr} + U_r)}$$

где  $G_{l,r}$  амплитуды перескока электрона между берегами и крайними атомами цепочки. Индексы  $l, r$  отвечают, соответственно, левому и правому берегам. Электронная структура металлических электродов определяется в настоящей модели плотностью состояний



$$g(\varepsilon_{r,j}) = \frac{4\pi^3}{h^3} (2m)^{3/2} \varepsilon_{r,j}^{1/2}, \quad (12)$$

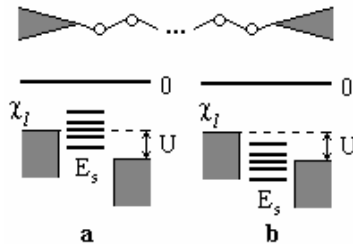
где  $H$  – эффективный объем электрода, участвующий в контакте с молекулой,  $m$  – эффективная масса электрона,  $\varepsilon_{r,j} = E_{Fr,l} - \chi_{r,1} + E_{sj} + U_{l,r}$  выражает энергию состояния  $E_{sj}$ , отсчитанную от начала Ферми-ступеньки правого либо левого электродов с учетом приложенного напряжения смещения  $U_{l,r}$ ,  $E_{Fr,l}$  обозначает соответствующую энергию Ферми. Химпотенциал  $\chi_{r,1}$  и энергия  $E_{sj}$  отсчитываются относительно уровня вакуума, принимаемого за нуль. Берега играют роль бесконечных резервуаров электронов, находящихся в термодинамическом равновесии. Равновесные заселенности электронных состояний термостатов описываются распределением Ферми

$$N_{l,r} = \frac{1}{e^{-\frac{\varepsilon_{l,r} - E_F}{T}} + 1}, \quad (13)$$

где  $T$  – температура. В рассматриваемой модели инжектируемый электрон занимает одно из состояний  $E_{sj}$  электронного средства цепочки, рассчитанное по формуле (9) с использованием метода, описанного в работе [4]. Размерная часть полного тока

$$I_0 = \frac{e \cdot (2m)^{3/2} 3G^2}{\pi \hbar^4} \cdot (1eV)^{5/2}, \quad (14)$$

где  $G$  – амплитуда электронного перехода берег–молекула, играет роль единицы тока. Численное значение  $I_0$ , если энергетические величины в (11) измерять в eV, а  $H$  в  $\text{Å}^3$ , оказывается равным  $10.41 \cdot HG^2$  мкА.

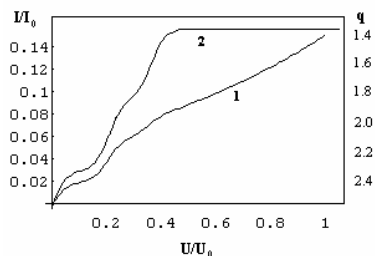


**Рис.1** Молекулярный мостик на тонких электродах

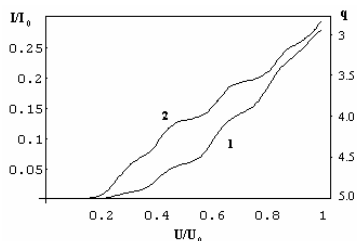
Для одинаковых электродов возможны три случая расположения спектра средства относительно поверхностей Ферми бере-

гов. Если зона сродства при отсутствии внешнего поля расположена выше значений  $E_F$ , то в этом случае ток не проходит через молекулу и заряджение отсутствует.

Второй случай схематически представлен на рис. 1(а). Центр зоны сродства, шириной  $\approx 0,8$  eV располагается на уровне химпотенциала  $\chi$ . Соответствующая ВАХ, рассчитанная для молекулярной перемычки длиной  $N=5$  между золотыми электродами ( $\chi=-4,3$  eV,  $E_F=5,53$  eV) для амплитуды переноса  $V=0,2$  eV и температуры  $T=0,025$  eV приведена на рис. 2 (кривая 1). Наблюдается корреляция процессов заряджения цепочки и скачкообразного роста тока. Заряджение молекулы представлено кривой 2 на рис. 2.



**Рис.2** ВАХ и заряджение молекулы для случая с тонким контактом. Центр зоны сродства совпадает с  $\chi$  (количество атомов 5, центр зоны сродства  $-4,3$  eV,  $\chi_I=-4,3$  eV,  $T=0,025$  eV,  $V=0,2$  eV, левая вертикальная шкала для кривой 1, правая вертикальная шкала для кривой 2).



**Рис.3** ВАХ и заряджение молекулы для случая с тонким контактом. Зона сродства расположена ниже  $\chi$ . (количество атомов 5, центр зоны сродства  $-4,9$  eV,  $\chi_I=-4,3$  eV,  $T=0,025$  eV,  $V=0,2$  eV, левая вертикальная шкала для кривой 1, правая вертикальная шкала для кривой 2).

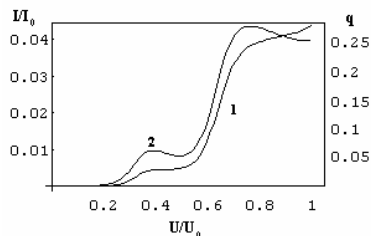
Для третьего случая возможного расположения зоны сродства относительно хиппотенциала электрода, который схематически представлен на рис. 1(b), характерна аналогичная ступенчатая зависимость тока от приложенного напряжения и корреляция с зарядением молекулы (рис. 3).

Значения тока в этом случае заметно выше, чем в рассмотренном ранее при сходных параметрах. Это объясняется тем, что, так как зона сродства расположена ниже нежели в предыдущем случае, то перескоки электронов происходят при более низких значениях энергии. Количество уступов кривых ВАХ и зарядения соответствует количеству уровней, прошедших вблизи  $\chi$ . В данном случае при максимальном значении приложенного напряжения вся зона сродства, состоящая из 5 уровней, окажется выше уровня левого берега  $\chi_l$ .

В случае широких контактов внешнее поле сильно перестраивает спектр молекулы. С ростом приложенной разности потенциалов  $U$  рассчитываемый спектр электронного сродства молекулярного мостика уширяется. При этом уровни сродства поодиночке проходят через область эффективного переноса вблизи фермиевских энергий  $E_{Fl}$  и  $E_{Fr}$ . Вступлению каждого нового уровня в активную область отвечает резко возрастающий участок ВАХ, а энергетическим промежуткам – плато, более вытянутое по длине из-за большего расстояния между соответствующими уровнями. И в этом случае также наблюдается корреляция процессов зарядения цепочки и скачкообразного роста тока. Как и в модели с тонкими контактами для одинаковых электродов возможны три случая расположения спектра сродства относительно поверхностей Ферми берегов. Для сравнения параметры модели оставим те же.

Рассмотрим систему, для которой нижний край зоны состояний сродства, шириной  $\approx 0,8$  eV при  $U=0$  располагается выше уровня хиппотенциала  $\chi$  на величину  $\delta$ . Соответствующая ВАХ, рассчитанная для молекулярной перемички длиной  $N=5$  между золотыми электродами ( $\chi=-4,3$  eV,  $E_F=5,53$  eV) для  $\delta=0,2$  eV, амплитуды переноса  $V=0,2$  eV и температуры  $T=0,025$  eV приведена на рис. 4 (кривая 1). Кривая 2 соответствует зарядению молекулы. Значения тока в этом случае ниже из-за высокого расположения зоны сродства по отношению к уровню хиппотенциала

$\chi$  электрода. Наблюдается корреляция значения  $\delta$  и начала первой ступеньки кривой тока. Ступенчатая структура графика отвечает последовательному прохождению двух зонных состояний через фиксированный химпотенциал левого берега, что соответствует положительному смещению  $U \approx 1V$ .



**Рис.4** ВАХ и заряджение молекулы для случая с широким контактом. Зона сродства расположена выше  $\chi$  на  $\delta=0,2$  eV (количество атомов 5, центр зоны сродства  $-3,7$  eV,  $\chi_I=-4,3$  eV,  $T=0,025$  eV,  $V=0,2$  eV, левая вертикальная шкала для кривой 1, правая вертикальная шкала для кривой 2).

В случае, когда середина зоны состояний электронного сродства в отсутствие поля совпадает с химпотенциалом берегов, наблюдается общий рост значений тока по сравнению с предыдущим случаем, однако вид кривой ВАХ остается идентичным и зависит от динамики попадания уровней в активную зону. Если зона состояний сродства молекулы-мостика в отсутствие поля оказывается ниже уровня химпотенциала берегов, то проводимость сначала увеличивается, а кривая ВАХ имеет ту же ступенчатую структуру из-за понижения правого «берега», а затем сильно подавляется. Численные оценки показывают, что подавление проводимости мостика в данном случае является следствием полевого оттока электронной плотности от краев цепочки.

Дальнейший рост разности потенциалов данной моделью не может быть исследован, ввиду невозможности использования спектра сродства первого порядка при зарядженности молекулы выше статистической 1. Понижение температуры заостряет ступени и снижает значение тока. Полевая стимуляция переноса в модели учитывалась феноменологическим соотношением

$$V = V_0 e^{\frac{U}{NU_0}}, \quad (15)$$

где  $U_0$  – это эффективная высота потенциального барьера между соседними атомами в цепочке. Полевая стимуляция приводит к появлению небольшого наклона «полочек» на ВАХ при небольших поданных смещениях. При  $U > NU_0$  ток резко возрастает за счет уширения зоны электронных состояний.

Модель, в которой мостиком является линейная цепочка со спектром электронного сродства, состоящим из двух зон, имеет аналогичные ступенчатые зависимости ВАХ и заряжения. Отличительной особенностью в этом случае является снижение тока после прохождения зонными уровнями эффективной области до тех пор, пока не начнут вносить вклад уровни следующей зоны.

Полученные результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными [2, 3], и могут быть использованы в дальнейших исследованиях по изучению электронного переноса через молекулярный мостик.

Отсутствие экспериментальных данных о спектрах сродства различных молекулярных структур крайне затрудняет теоретические исследования в данной области. Разрабатываемое направление позволяет вплотную приблизиться к объяснению проводимости и термодинамических свойств линейных молекулярных цепочек, которые могут выступать в качестве квантовых элементов электрических цепей в наноэлектронике.

Автор благодарен научному руководителю проф. Е.Я. Глушко за постановку задачи и руководство работой.

Литература:

1. Карасев В.А., Лучинин В.В. Проблемы создания искусственных бионических микро- и наносистем // Изв. вузов. Электроника. – 1998. – №5. – С. 53–68.
2. C. Kergueris, J.-P. Bourgoin, S. Palacin, D. Esteve, C. Urbina, M. Magoga, C. Joachim, Phys.Rev.B59(19). – 1999. (to be published)
3. J.N. van Ruitenbeek, A. Alvarez, I. Pineyro, C. Grachman, P. Joyez, M.H. Devoret, D. Esteve and C. Urbina, Rev. Sci. Instr. – 1995. – v. 67, p. 108.
4. Глушко Е.Я. Электронный перенос и колебательные моды в конечной молекулярной цепочке, ФНТ. – 2000. (в печати)
5. M.A. Reed, C. Zhou, C.J. Muller, T.P. Burgin and J.M. Tour, Science. – 1997. – v. 278, p. 252.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В УПРУГИХ МНОГОСЛОЙНЫХ ТЕЛАХ, ИМЕЮЩИХ ФОРМУ КОЛЬЦЕВОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО СЕГМЕНТА

С.Д. Светличная

г. Харьков, Харьковский институт пожарной безопасности МВД  
Украины

При решении ряда задач, способствующих научно-техническому прогрессу, важную роль играет расширение исследований в области естественных и технических наук, включающих теоретическую механику, прикладную механику и математику. Многослойные конструкции находят широкое применение в различных областях техники. Поэтому интерес исследователей к изучению динамических деформационных процессов в такого рода конструктивных элементах вполне закономерен.

В настоящей работе развивается численно-аналитический подход к решению динамических задач теории упругости, суть которого состоит в сведении начально-краевых задач к анализу интегральных уравнений Вольтерра во времени и последующем их численном решении. Приведенные в работе результаты относятся к объектам, деформирование которых удобно рассматривать в цилиндрических координатах  $(r, \theta, z)$ .

Рассматривается нестационарное деформирование многослойного упругого тела, состоящего из цилиндрических панелей. Эти панели ограничены цилиндрическими поверхностями  $r=R_0^i$  и  $r=R_1^i$ , где  $i$  – номер панели, а также плоскостями  $z=0$  и  $z=z_0$ , полуплоскостями  $\theta=0$  и  $\theta=\theta_0$ . Число составляющих панелей равно  $N$ . Нумерация панелей производится в направлении увеличения координаты  $r$ .

Контактирующими поверхностями в многослойном рассматриваемом теле являются цилиндрические поверхности  $r=R_0^{i+1}=R_1^i$  ( $i=1, 2, \dots, N-1$ ). Точки, принадлежащие панели с номером  $i$ , имеют координаты, которые удовлетворяют таким условиям:  $R_0^i \leq r \leq R_1^i$ ;  $0 \leq z \leq z_0$ ;  $0 \leq \theta \leq \theta_0$ . Материал каждой цилиндрической панели – однородный и изотропный, с параметрами упругости Ламе  $\lambda_i, \mu_i$ .

Движение точек среды каждой панели описывается векторным уравнением следующего вида:

$$(\lambda_i + \mu_i) \text{grad div} \bar{u}_i + \mu_i \Delta \bar{u}_i = \rho_i \frac{\partial^2 \bar{u}_i}{\partial t^2}, \quad (1)$$

где  $\Delta$  – оператор Лапласа;  $\rho_i$  – плотность материала  $i$ -й панели;  $\bar{u}_i$  – вектор перемещения.

При отсутствии массовых сил уравнения Ламе (1) эквивалентны в круговых цилиндрических координатах следующей системе уравнений:

$$\Delta \varphi_i = \frac{1}{a_i^2} \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial z^2}, \quad \Delta \psi_i^\alpha = \frac{1}{a_i^2} \frac{\partial^2 \psi_i^\alpha}{\partial z^2}, \quad \alpha=1, 2 \quad (2)$$

$$\bar{u}_i = \text{grad} \varphi_i + \text{rot}(\varphi_i^2 \bar{e}_z), \quad (3)$$

где  $\varphi_i$ ,  $\psi_i^1$ ,  $\psi_i^2$  – скалярные потенциалы перемещений;  $\bar{e}_z$  – орт оси  $Z$ ;  $a_i$ ,  $b_i$  – соответственно скорости распространения продольных и поперечных волн деформаций в упругой среде.

В рассматриваемой задаче импульсного деформирования цилиндрического тела решение волновых уравнений (2) ищется в виде двойных разложений по осевой и угловой координатам:

$$\begin{aligned} \varphi_i &= \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} R_{ink}^0(r, t) w_n(\theta) v_k(z), \\ \psi_i^1 &= \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} R_{ink}^1(r, t) \frac{1}{\mu_n} \frac{dw_n(\theta)}{d\theta} v_k(z), \\ \psi_i^2 &= \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} R_{ink}^2(r, t) w_n(\theta) \frac{1}{v_k} \frac{dv_k(z)}{dz}, \\ \mu_n &= n\pi/\theta_0, \quad v_k = k\pi/z_0. \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь  $w_n(\theta)$ ,  $v_k(z)$  – известные функции соответствующих координат, а  $R_{ink}^\beta(r, t)$ ,  $\beta=0, 1, 2$  подлежат определению.

Подставляя разложения (4) в выражения (3), получаем формулы для компонент вектора перемещения точек, принадлежащих панели с номером  $i$ .

На торцевых поверхностях цилиндрической панели с номером  $i$  при выборе координатных функций  $w_n$ ,  $v_k$  в виде

$$w_n = \cos \mu_n \theta, \quad v_k = \cos v_k z \quad (5)$$

выполняются граничные условия, отвечающие равенству нулю

касательных компонент тензора напряжений и нормальных перемещений. Отметим, что при выборе функций  $w_n, v_k$  в виде (5) разложения (4) превращаются в двойные ряды Фурье по переменным  $\theta, z$ .

На цилиндрических поверхностях  $r=R_0^1$  и  $r=R_1^N$  задаются граничные условия в напряжениях:

$$\begin{aligned} \sigma_{1r}(R_0^1, \theta, z, t) &= F_1(\theta, z, t); \quad \sigma_{Nr}(R_0^N, \theta, z, t) = F_4(\theta, z, t); \\ \sigma_{1r\theta}(R_0^1, \theta, z, t) &= F_2(\theta, z, t); \quad \sigma_{Nr\theta}(R_1^N, \theta, z, t) = F_5(\theta, z, t); \\ \sigma_{1rz}(R_0^1, \theta, z, t) &= F_3(\theta, z, t); \quad \sigma_{Nrz}(R_1^N, \theta, z, t) = F_6(\theta, z, t), \end{aligned} \quad (6)$$

где  $F_1(\theta, z, t) - F_6(\theta, z, t)$  – известные функции.

Предполагается, что составляющие тело цилиндрические слои находятся в условиях жесткого контакта вдоль поверхностей  $r=R_0^{i+1}=R_1^i$ , что отвечает следующим соотношениям:

$$\begin{aligned} \bar{u}_i(R_0^i, \theta, z, t) &= \bar{u}_{i+1}(R_0^{i+1}, \theta, z, t); \quad \sigma_{ir}(R_1^i, \theta, z, t) = \sigma_{i+1,r}(R_0^{i+1}, \theta, z, t); \\ \sigma_{i\theta}(R_1^i, \theta, z, t) &= \sigma_{i+1,r\theta}(R_0^{i+1}, \theta, z, t); \\ \sigma_{iz}(R_1^i, \theta, z, t) &= \sigma_{i+1,rz}(R_0^{i+1}, \theta, z, t) \quad (i=1, 2, \dots, N-1). \end{aligned} \quad (7)$$

Начальные условия принимаем нулевыми для всех точек, принадлежащим слоям.

Для исключения временной переменной будем использовать интегральное преобразование Лапласа по времени. После его применения к уравнениям (2) при учете (4), (5) получим модифицированные уравнения Бесселя относительно  $R_{ink}^{\beta L}(r, S)$  – изображений функций  $R_{ink}^{\beta}(r, t)$ , входящих в формулы (4). Их решения записываются в виде, удобном для перехода в пространство оригиналов. С использованием справочных данных и некоторых приемов операционного исчисления в пространстве оригиналов получают выражения для функций  $R_{ink}^{\beta}(r, t)$  в форме Даламбера.

Подставляем полученные выражения в соотношения (4), которые сворачиваем с выражениями (3) для вектора перемещения панели с номером  $i$ . Затем выражения для компонент вектора перемещения подставляются в граничные условия (6) и условия контакта (7). Данные соотношения после отделения координат  $\theta$  и  $z$  превратятся в систему  $6N$  интегральных уравнений Вольтерра 1-го рода времени для неизвестных функций времени.

Для нахождения указанных функций используется численный подход, суть которого заключается в их аппроксимации ку-



сочно-постоянными аналогами и сведении анализа системы интегральных уравнений к решению системы алгебраических уравнений. Преобразовывая с учетом аппроксимаций формулы, найденные для коэффициентов разложений перемещений и напряжений, получаем соотношения, удобные для численной реализации.

Сведение к системе алгебраических уравнений с использованием аппроксимаций искомых функций при анализе интегральных уравнений Вольтерра относится к одной из разновидностей способов численного решения этих уравнений. Данная аппроксимация естественным способом определяет скачкообразное изменение напряжений, развивающихся в упругом теле при действии на него импульсных нагрузок. При этом обеспечивается устойчивость численного решения интегральных уравнений с непрерывными или интегрируемыми ядрами.

Предложенная методика решения соответствующей начально-краевой задачи обеспечивает точное удовлетворение системам определяющих уравнений, граничных, контактных и начальных условий.

# ПОЛУЭМПИРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ $\pi$ -СИСТЕМЫ АЛЛИЛЬНОГО РАДИКАЛА И МОЛЕКУЛЫ БУТАДИЕНА-1,3

Е.С. Акиншева<sup>1</sup>, Ю.В. Харламов<sup>1</sup>, В.Д. Швец<sup>2</sup>

<sup>1</sup> г. Кривой Рог, Саксаганский естественно-научный лицей

<sup>2</sup> г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

В последние годы появились инновационные учебные заведения, целью которых является начальная подготовка учащихся к будущей научной деятельности. Эта цель включает в себя ознакомление учащихся с современными направлениями научных исследований. Одним из таких учебных заведений является Саксаганский естественно-научный лицей, осуществляющий подготовку будущих химиков-исследователей, в частности, в области синтеза химических соединений. Синтез химических соединений целесообразно проводить с учетом предварительной оценки электронной характеристики синтезируемого соединения.

Точные расчеты электронного строения являются громоздкими. Поэтому полезную роль в оценке энергий одноэлектронных уровней, формального порядка связи, электронной плотности играют полуэмпирические методы расчета электронной структуры молекул, в частности, метод Хюккеля. В работе представлены результаты полуэмпирического расчета  $\pi$ -системы аллильного радикала и молекулы бутадиена, как модельных молекул, на которых отработывалась методика расчетов методом МО ЛКАО в приближении Хюккеля. Сущность метода МО ЛКАО основана на принципе суперпозиции: если электрон в молекуле находится в поле нескольких атомных ядер, то на него действует потенциал, равный сумме атомных потенциалов

$$V = \sum_{j=1}^n V_{aj} ,$$

где  $V_{aj}$  – атомный потенциал. Волновая функция электрона представляется в виде линейной комбинации (ЛКАО) известных атомных функций.

Общая схема расчетов методом Хюккеля состоит из следующих этапов:

1. Запись молекулярной волновой функции в виде ЛКАО.
2. Запись системы секулярных уравнений.
3. Решение векового детерминанта системы и определение выражений для одноэлектронной энергии.
4. Определение коэффициентов разложения молекулярной орбитали по атомным.

Используем эти приближения для расчета  $\pi$ -системы аллильного радикала. Схема аллил-радикала изображена на рис. 1.

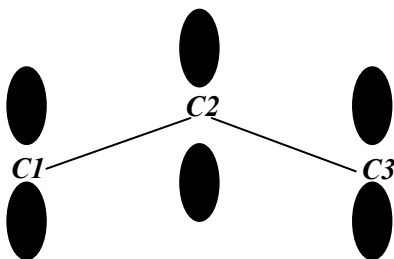


Рис.1

От каждого атома углерода в молекулярную орбиталь войдет по одной  $2p\pi$ -АО. Следовательно, необходимо записать одноэлектронную волновую функцию в виде:

$$\psi = C_1\chi_1 + C_2\chi_2 + C_3\chi_3,$$

где  $\chi_1, \chi_2, \chi_3$  –  $2p\pi$ -АО соответственно атомов  $C_1, C_2, C_3$ .

В обозначениях  $X = \frac{\alpha - \varepsilon}{\beta}$ , где  $\alpha$  – кулоновский,  $\beta$  – резонансный интегралы, система секулярных уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} C_1 \cdot X + C_2 \cdot 1 + C_3 \cdot 0 = 0 \\ C_1 \cdot 1 + C_2 \cdot X + C_3 \cdot 1 = 0 \\ C_1 \cdot 0 + C_2 \cdot 1 + C_3 \cdot X = 0 \end{cases}$$

Раскрывая детерминант системы, получаем следующие значения  $X$ :  $X_1 = -1.41$ ;  $X_2 = 0$ ;  $X_3 = 1.41$  и выражения для одноэлектронных энергий:  $\varepsilon_1 = \alpha + 1.41\beta$ ;  $\varepsilon_2 = \alpha$ ;  $\varepsilon_3 = \alpha - 1.41\beta$ . Подставляя значения  $X$  в систему и используя условие нормировки волновой функции, получаем следующие выражения для одноэлектронных волновых функций:

$$\psi_1 = 0.5\chi_1 + 0.707\chi_2 + 0.5\chi_3, \quad \psi_2 = -0.707\chi_1 + 0.707\chi_2, \quad \psi_3 = -0.5\chi_1 + 0.707\chi_2 - 0.5\chi_3.$$

Схема  $\pi$ -системы молекулы бутадиена изображена на рис. 2.

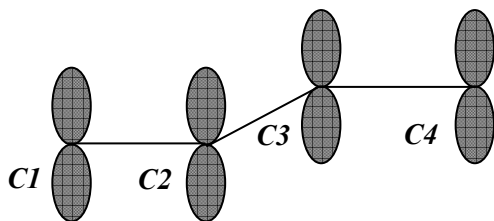


Рис. 2.

Молекулярная орбиталь представлена линейной комбинацией четырех  $2p\pi$ -АО:

$$\psi = C_1\chi_1 + C_2\chi_2 + C_3\chi_3 + C_4\chi_4,$$

где  $\chi_1, \chi_2, \chi_3, \chi_4$  –  $2p\pi$ -АО соответственно атомов  $C_1, C_2, C_3, C_4$ .

В обозначениях  $X = \frac{\alpha - \varepsilon}{\beta}$  (где  $\alpha$  – кулоновский,  $\beta$  – резонансный интегралы), система секулярных уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} C_1 \cdot X + C_2 \cdot 1 + C_3 \cdot 0 + C_4 \cdot 0 = 0 \\ C_1 \cdot 1 + C_2 \cdot X + C_3 \cdot 1 + C_4 \cdot 0 = 0 \\ C_1 \cdot 0 + C_2 \cdot 1 + C_3 \cdot X + C_4 \cdot 1 = 0 \\ C_1 \cdot 0 + C_2 \cdot 0 + C_3 \cdot 1 + C_4 \cdot X = 0 \end{cases}$$

Раскрывая вековой детерминант, получаем следующие значения  $X$ :  $X_1 = -1.62$ ;  $X_2 = -0.62$ ;  $X_3 = 0.62$ ;  $X_4 = 1.62$  и выражения для одноэлектронных энергий:

$$\varepsilon_1 = \alpha + 1.62\beta; \varepsilon_2 = \alpha + 0.62\beta; \varepsilon_3 = \alpha - 0.62\beta; \varepsilon_4 = \alpha - 1.62\beta;$$

Подставляя значения  $X$  в систему и используя условия нормировки, получаем следующие выражения для одноэлектронных волновых функций:

$$\psi_1 = 0.60\chi_1 + 0.37\chi_2 + 0.37\chi_3 + 0.60\chi_4$$

$$\psi_2 = 0.60\chi_1 + 0.37\chi_2 - 0.37\chi_3 - 0.60\chi_4$$

$$\psi_3 = 0.60\chi_1 - 0.37\chi_2 - 0.37\chi_3 + 0.60\chi_4$$

$$\psi_4 = 0.37\chi_1 - 0.60\chi_2 + 0.60\chi_3 - 0.37\chi_4$$

Оценка значений кулоновских обменных интегралов была выполнена с помощью полуэмпирической формулы Вольсфберга–Гельмгольца:

$$|\beta| = H_{ij} = 0.5kS_{ij}(H_{ii} + H_{jj}),$$

где  $H_{ii}=H_{jj}$  – потенциалы ионизации (ПИ) соответствующих АО;  $k=1.8$ ;  $S_{ij}$  – интегралы перекрывания  $i$ -й,  $j$ -й АО.

Потенциалы ионизации валентных АО были определены по таблицам физических величин [1]: I ПИ  $|\alpha|=H_{ii}=H_{jj}=11.264$  эВ.

Значения интегралов перекрывания определены по таблицам [2]. Длины связей в аллил-радикале и молекуле бутадиена оценены по сумме ковалентных радиусов [3]. Полуэмпирическая оценка кулоновских и обменных интегралов позволила получить следующие значения для одноэлектронных энергий:

а) аллильного радикала

$$\varepsilon_1 = -11.84 \text{ эВ}, \varepsilon_2 = -11.26 \text{ эВ}, \varepsilon_3 = -10.69 \text{ эВ}.$$

б) молекулы бутадиена-1,3:

$$\varepsilon_1 = -12.02 \text{ эВ}, \varepsilon_2 = -11.55 \text{ эВ}, \varepsilon_3 = -10.98 \text{ эВ}, \varepsilon_4 = -10.5 \text{ эВ}.$$

#### Литература:

1. Таблицы физических величин. Справочник под редакцией Кикоина И.К. – М.: Атомиздат, 1976.
2. Бацанов С.С., Звягина Р.А. Интегралы перекрывания и проблемы эффективных зарядов. – Новосибирск, Наука, 1966.
3. Кондратьев В.И. Строение атома и молекулы. – М.: Гостехиздат, 1934.

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВРАЩЕНИЯ ЯКОБИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ МАТРИЦЫ ГАМИЛЬТониАНА

А.С. Фисенко<sup>1</sup>, В.Д. Швец<sup>2</sup>, В.Ю. Гладкий<sup>2</sup>

<sup>1</sup> г. Кривой Рог, Коллегиум №81

<sup>2</sup> г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Современные проблемы развития химии координационных соединений, физикохимии поверхности, спектроскопии приводят к необходимости выполнения качественных квантово-химических расчетов молекул и кластеров.

В течение длительного времени квантово-химические расчеты были прерогативой научно-исследовательских институтов. Современный уровень развития вычислительной техники и математический уровень учебных программ инновационных школ позволяет вводить элементы квантово-химических расчетов в научно-исследовательскую работу учащихся.

Основой квантово-химических расчетов является решение уравнения Шредингера, записанного для исследуемой группы атомов.

Математически решение уравнения Шредингера сводится к постановке и решению задачи на нахождение собственных значений матрицы гамильтониана.

Поэтому программа расчета электронного строения содержит в качестве ключевой подпрограмму определения собственных значений матрицы. Существует много различных методов диагонализации матрицы. Но только метод вращения Якоби обеспечивает определение собственных значений в случае, если они являются вырожденными. В данной работе представлена реализация метода Якоби на ПЭВМ.

Уравнение Шредингера для системы, содержащей  $N$  электронов и  $m$  ядер в атомной системе единиц имеет вид:

$$\left[ \sum_{i=1}^N \left( -\frac{1}{2} \Delta_i \right) + \sum_{\alpha=1}^m \left( -\frac{1}{2\mu_\alpha} \Delta_\alpha \right) - \sum_{i=1}^N \sum_{\alpha=1}^m \frac{Z_\alpha}{r_{i\alpha}} + \frac{1}{2} \sum_{i=j}^N \frac{1}{r_{ij}} + \sum_{\alpha < \beta}^m \frac{Z_\alpha Z_\beta}{r_{\alpha\beta}} \right] \times \\ \times \Psi(\vec{r}_i, \vec{R}_\alpha) = E \Psi(\vec{r}_i, \vec{R}_\alpha) \quad (1),$$

где  $r_i$  и  $R_\alpha$  – радиус-векторы  $i$ -го элемента и  $\alpha$ -го ядра.

Индексы  $i, j$  относятся к электронным переменным, а  $\alpha$  и  $\beta$  – к ядерным.

Это уравнение в частных производных 2-го порядка относительно функций  $(m+N)$  переменных. Его решение дает наблюдаемые значения энергии  $E_k$  системы и соответствующие им собственные функции  $\Psi_k$ . Однако точное решение уравнения (1) в конечном виде в аналитических функциях невозможно уже при  $m+N > 2$ . Поэтому важное значение приобретают приближенные и полуэмпирические методы решения уравнения (1). Задача состоит в следующем: подобрать такие методы решения, которые практически позволяют получить собственные значения  $E_k$  и собственные функции  $\Psi_k$  в достаточно удобном виде и достаточно точные для целей и задач физики и химии.

Большинство используемых в настоящее время приближений сводятся к таким упрощениям уравнения (1), при которых оно допускает разделение переменных. Эти упрощения можно разделить на три основные группы:

- отделение ядерного движения от электронного (adiaбатическое приближение);
- замена локального взаимодействия между электронами, выраженного членами  $1/r_{ij}$ , некоторым средним взаимодействием – одноэлектронное приближение;
- замена электронной функции многих центров некоторой конечной суммой одноцентровых функций (приближение молекулярных орбиталей – линейной комбинации атомных орбиталей).

Весьма разумное упрощение уравнения (1) можно получить, если учесть что массы ядер в тысячи раз больше массы электронов, и поэтому средние скорости движения последних во много раз больше первых. В такой ситуации можно считать, что для каждого мгновенного положения ядер успевают установиться стационарное состояние движения электронов. Так как состояния электронов адиабатически следуют за движением ядер, энергия электронов в нулевом приближении есть функция только положений ядер, а не их скоростей. В таком приближении удастся отделить движение ядер от движения электронов и рассматривать их последовательно.

После отделения ядерных движений уравнение (1) остается сложным многоэлектронным, с потенциалом от полей нескольких неподвижных ядер (многоцентровым). Дальнейшее его упрощение сводится к разделению координат электронов.

Одним из методов разделения координат электронов является метод Хартри-Фока. Сущность его заключается в том, что каждый электрон рассматривается движущимся в некотором среднем эффективном поле, созданном ядрами системы и остальными электронами. Наиболее сложным в этом методе является нахождение этого эффективного поля, ибо оно зависит от состояния остальных электронов, которые, в свою очередь, определяются состоянием данного.

Математическое исследование этой ситуации приводит к системе нелинейных интегро-дифференциальных уравнений, которые решаются методом итераций. Метод сводится к процедуре, в которой при решении уравнения для данного электрона, состояния остальных считаются известными.

Полученное решение затем используют для уточнения состояния остальных электронов и создаваемого ими эффективного поля. После этого уравнение для данного электрона решение в пределах требуемой точности не совпадает с предыдущим. Такое решение называют самосогласованным, а метод Хартри-Фока – методом самосогласованного поля.

Для молекулярной системы нахождение одноэлектронных функций резко усложняется по сравнению с атомом. Атом, являясь одноцентровой системой, имеет сферическую симметрию, благодаря которой угловая часть волновой функции электрона отделяется и находится непосредственно в аналитическом виде.

Молекула из-за наличия многих ядер является многоцентровой системой и по своей симметрии в общем случае не допускает разделение трех переменных электрона. Численное интегрирование системы относительно функции трех переменных – практически невыполнимая задача.

В подобных случаях обычно прибегают к разложению искомой функции по системе известных функций. Для системы из произвольного числа атомов, каждый из которых может иметь любое число атомных орбиталей (АО), построим систему функций:



$$\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_m \quad (2),$$

где  $\chi_i$  – атомные орбитали всех этих атомов, пронумерованные в любом порядке от 1 до  $M$ . Тогда искомая функция одноэлектронного молекулярного состояния – молекулярная орбиталь (МО) представляется в виде линейной комбинации атомных орбиталей (ЛКАО):

$$\Psi_j = \sum_{i=1}^M C_{ji} \chi_i \quad (3),$$

где  $C_{ji}$  – неизвестные коэффициенты.

Для определения коэффициентов  $C_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) используют вариационный принцип, то есть условие минимума полной энергии системы в основном состоянии. Тогда энергия молекулярной орбитали выражается равенством:

$$E = \frac{\int \Psi^* \hat{H} \Psi d\tau}{\int \Psi^* \Psi d\tau} \quad (4),$$

где  $H$  – эффективный одноэлектронный гамильтониан. Вводя обозначения:

$$S_{ik} = \int \Psi_i^* \Psi_k d\tau, \quad (5)$$

$$H_{ik} = \int \Psi_i^* \hat{H} \Psi_k d\tau, \quad (6)$$

можно легко получить следующее равенство:

$$E \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n C_i^* C_k S_{ik} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n C_i^* C_k H_{ik} \quad (7)$$

Здесь  $S_{ik}$  – интеграл перекрывания орбиталей атомов  $i$  и  $k$ ;

$H_{ij}$  – при  $i \neq j$  называется резонансным интегралом, а при  $i=j$  – кулоновским интегралом.

Если уравнение (7) продифференцировать по  $C_i$  и учесть, что согласно условию минимума:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial C_i} = 0, \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

получим для определения коэффициентов  $C_i$  систему уравнений:

$$\sum C_k (H_{ik} - \varepsilon S_{ik}) = 0 \quad (9)$$

Эта система уравнений линейна и однородна. Условием ее разрешимости является равенство нулю следующего детерминанта

$$\begin{vmatrix} H_{11} - \varepsilon S_{11} & H_{12} - \varepsilon S_{12} & \dots & H_{1n} - \varepsilon S_{1n} \\ H_{21} - \varepsilon S_{21} & H_{22} - \varepsilon S_{22} & \dots & H_{2n} - \varepsilon S_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ H_{n1} - \varepsilon S_{n1} & H_{n2} - \varepsilon S_{n2} & \dots & H_{nn} - \varepsilon S_{nn} \end{vmatrix} = 0 \quad (10)$$

Условие (10) представляет собой уравнение  $n$ -ой степени относительно  $\Delta$ . Его решение дает  $n$  различных значений  $\Delta$ . Для каждого из них можно получить из (9) соответствующий набор коэффициентов:

$$C_1, C_2, \dots, C_n \quad (11)$$

и, следовательно, соответствующую МО:

$$\Psi = C_1 \chi_1 + C_2 \chi_2 + \dots + C_n \chi_n \quad (12)$$

Решение одноэлектронных уравнений осуществляется методом итераций. На первом этапе процедуры вычислений строится матрица  $S$  интегралов перекрывания. Методом вращения матрица приводится к диагональному виду:

$$S = Q \tilde{S} Q^{-1}, \quad (13)$$

где  $\tilde{S}$  – диагональная матрица.

Задача определения собственных значений фокиана сводится к отысканию собственных значений матрицы

$$A = S^{-\frac{1}{2}} Q^{-1} F Q S^{-\frac{1}{2}} \quad (14)$$

Таким образом, программа диагонализации матрицы является ключевой программой квантово-химических расчетов. Диагонализация матрицы осуществляется методом вращения, сущность метода вращения состоит в отыскании унитарной матрицы  $T$ , для которой есть диагональная матрица.

$$\tilde{A} = T^{-1} A T \quad (15)$$

Матрица  $T$  находится как произведение элементов матриц вращения  $T_{ij}(\varphi)$ , которые строятся таким образом, чтобы уменьшалась сумма квадратов недиагональных элементов. Все недиагональные элементы матрицы  $T$  равны 0, за исключением  $T_{ij}(\varphi)$  и  $T_{ji}(\varphi)$ , где  $i, j$  – индексы элемента матрицы  $A$ , вокруг которого

производится вращение.

Все диагональные элементы, кроме  $T_{ii}(\varphi)$  и  $T_{jj}(\varphi)$  равны 1, а угол поворота  $\varphi$  определяется равенством:

$$T_{ij}(\varphi) = -T_{ji}(\varphi) = \sin\varphi \quad (16)$$

$$T_{ii}(\varphi) = T_{jj}(\varphi) = \cos\varphi \quad (17)$$

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{2A_{ij}}{A_{ii} - A_{jj}} \quad (18)$$

Ниже приводится текст программы на языке Turbo Pascal.

```
uses crt;
var n,i,j,p,q,h:integer;
    e,s,a,c,x,r,y,v,w,f:real;
    ar:array[1..100]of real;
    k,l,m:integer;
begin
  clrscr;
  writeln('введите размерность матрицы');
  readln(n);
  writeln('введите погрешность вычислений');
  readln(e);
  h:=0;
  for i:=1 to n do
    for j:=1 to i do
      begin
        clrscr;
        h:=h+1;
        writeln('введите матричный элемент
                A[' , i , ' , ' , j , ' ] = ');
        readln(ar[h]);
      end;
  h:=0;
  for p:=2 to n do
    for q:=1 to p-1 do
      H:=H+2*sqr(p*(p-1) div 2+q);
  r:=sqrt(h);
  a:=e*r/n;
  repeat
    r:=r/n;
    for q:=2 to n do
      for p:=1 to q-1 do
        begin
```

```

if abs(ar[q*(q-1) div 2+p])>=r then
begin
  k:=p*(p-1) div 2 +p;
  l:=q*(q-1) div 2 +p;
  m:=q*(q-1) div 2 +q;
  v:=ar[p*(p-1) div 2 +p];
  w:=ar[q*(q-1) div 2 +p];
  f:=ar[q*(q-1) div 2 +q];
  y:=(v-f)/2;
  if y=0 then x:=1
  else
    if y>0 then x:=-w/sqrt(w*w+y*y)
    else x:=w/sqrt(w*w+y*y);
  s:=x/sqrt(2*(1+sqrt(1-x*x)));
  c:=sqrt(1-s*s);
  for i:=1 to n do
    if i<=p then y:=p*(p-1) div 2 +i
    else y:=i*(i-1) div 2 +p;
    if i<=q then x:=q*(q-1)/2 +i
    else x:=i*(i-1)/2 +q;
    if i<>q then ar[trunc(y)]:=
      ar[trunc(y)]*c-ar[trunc(x)]*s
    else ar[round(x)]:=
      ar[round(y)]*s+ar[round(x)]*c;
    ar[k]:=v*c*c+f*s*s-2*w*c*s;
    ar[m]:=v*s*s+f*c*c+2*w*c*s;
    ar[l]:=(v-f)*s*c+w*(c*c-s*s);
  end;
end;
until r<=e;
writeln('Собственные значения:');
for i:=1 to n do
  writeln('L[' ,i ,']= ',ar[i*(i-1)div 2+i]:10:5);
  readkey;
end.

```

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ СПЕКТРОВ АТОМОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

А.В. Фрузинский<sup>1</sup>, В.Д. Швец<sup>2</sup>

<sup>1</sup> г. Кривой Рог, Саксаганский естественно-научный лицей

<sup>2</sup> г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Применение научных методов обработки графической информации составляет одну из важных проблем школьного курса физики и химии. В представленной работе приведен пример использования метода наименьших квадратов (МНК) в научно-исследовательской работе лицеистов Саксаганского естественно-научного лицея. Работа выполнена в рамках деятельности Проблемной группы квантовой химии. Компьютерная программа для обработки спектральных данных реализована на Intel Pentium, тактовая частота 200 МГц, ОЗУ 16 Мб, рабочий язык программирования Qbasic.

МНК использовался для построения градуировочных кривых спектральных приборов, с помощью которых наблюдались электронные спектры атомов. Целью работы являлось изучение тонкой структуры атомов щелочных металлов, обусловленной взаимодействием орбитального и спинового моментов неспаренного электрона. Наблюдение спектров осуществлялось с помощью призменного спектроскопа и дисперсионного стилоскопа Свентицкого. Для калибровки спектроскопа был использован спектр гелия, для калибровки стилоскопа был использован спектр ртути. Для получения спектра гелия была использована газоразрядная трубка, для получения спектра ртути была использована ртутная лампа.

Точность определения длин волн в исследуемых спектрах зависит от точности построения градуировочной кривой спектрального прибора, для построения которой можно использовать МНК. Сущность МНК состоит в минимизации среднеквадратичных отклонений экспериментальных значений искомой функции  $y_i$  от их истинных значений  $y(x_i)$ :  $S = \sum [y_i - y(x_i)]^2$ , где суммирование ведется по всем экспериментальным точкам. Аппроксимируя

экспериментальную кривую тригонометрическими либо степенными функциями, находят производные суммы  $S$  и получают коэффициенты разложения по базису аппроксимирующих функций. Для теоретической аппроксимации зависимости длины волны от положения линии в спектре используем уравнение кривой второго порядка:  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$ . Выполняя дифференцирование суммы  $S$  по коэффициентам  $a_0, a_1, a_2$  и приводя подобные члены, получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} Na_0 + \omega a_1 + ea_2 = r \\ \omega a_0 + ea_1 + da_2 = f \\ ea_0 + da_1 + ca_2 = v \end{cases}$$

где:

$$\omega = \sum x_i; e = \sum x_i^2; d = \sum x_i^3; c = \sum x_i^4; r = \sum y_i; f = \sum x_i y_i; v = \sum x_i^2 y_i;$$

$x_i, y_i$  – абсциссы и ординаты экспериментальных точек;  
 $N$  – количество экспериментальных точек.

Решение системы осуществляется методом Крамера:

$$a_0 = \frac{\Delta_1}{\Delta}, a_1 = \frac{\Delta_2}{\Delta}, a_2 = \frac{\Delta_3}{\Delta}.$$

Использование данного метода позволило получить следующие уравнения для градуировочных кривых:

– спектроскопа:  $y = 1160.8260 - 251.5514x + 22.6746x^2$ ,  
 – стилоскопа:  $y = 378.5298 - 0.5894x + 0.0514x^2$ .

Рассчитанные длины волн для желтой  $D$ -линии натрия с использованием полученных градуировочных кривых имеют следующие значения: для неразрешенной линии  $\lambda = 5834.393 \text{ \AA}$ , для разрешенной линии  $\lambda_1 = 5839.461 \text{ \AA}$ ,  $\lambda_2 = 5806.946 \text{ \AA}$ .

Отнесение линий тонкой структуры осуществлялось с учетом теоретических данных о взаимодействии орбитального и спинового моментов неспаренного электрона. Электрон в атоме совершает вращательные движения вокруг ядра и вокруг своей оси. Каждое из этих движений характеризуется своим моментом, которые, складываясь, образуют полный момент электрона. Орбитальное движение электрона вокруг ядра характеризуется орбитальным моментом  $\vec{l}$ , величина которого и проекция являются квантованными:  $|\vec{l}| = \sqrt{l(l+1)} \frac{h}{2\pi}$ ,  $|\vec{l}_z| = l_z \frac{h}{2\pi}$ . Здесь  $l$  – орбитальное квантовое число,  $l_z$  – магнитное квантовое число. Поми-

мо орбитального момента электрон в атоме обладает также спиновым моментом, который имеет значения, равные  $\frac{h}{2\pi}$ . Направления спинового момента также квантованы: вектор  $\vec{s}$  может быть направлен таким образом, чтобы его проекции на выделенное направление имели только два значения:  $\frac{1}{2} \cdot \frac{h}{2\pi}$  или  $-\frac{1}{2} \cdot \frac{h}{2\pi}$ . Сложение орбитального и спинового моментов можно осуществить методом суммирования  $z$ -компонент. Для желтой  $D$ -линии в спектре атома натрия метод суммирования  $z$ -компонент дает два исходных спектроскопических состояния:  ${}^2P_{1/2}$  и  ${}^2P_{3/2}$ . Электронные переходы между основным и вышеуказанными возбужденными состояниями наблюдаются в виде дублета желтой  $D$ -линии. Все щелочные металлы имеют снаружи атомного остова, состоящего из замкнутых оболочек, единственный электрон, поэтому их спектры состоят из серий, подобных сериям в спектре водорода с той разницей, что  $p$ -,  $d$ -... уровни расщеплены на дублеты вследствие спин-орбитального взаимодействия. Величина спин-орбитального взаимодействия зависит от величины орбитального момента неспаренного электрона, который увеличивается в порядке возрастания порядкового номера. Поэтому дублетное расщепление увеличивается от лития к цезию.

Ниже приводится текст программы для построения градуировочных кривых.

```

PRINT "n"
INPUT "n"
DIM x(n), y(n)
FOR I = 1 TO n
  q = n
  w = w+x(i)
  e = e+x(i)*x(i)
  d = d+x(i)*x(i)*x(i)
  c = c+x(i)*x(i)*x(i)*x(i)
  r = r+y(i)
  f = f+y(i)*x(i)
  v = v+y(i)*x(i)*x(i)
NEXT

```

```

delta = q*e*c+w*d*e+e*w*d-e*e*e-w*w*c-q*d*d
a0 = (r*e*c+w*d*v+e*f*d-e*e*v-w*f*c-r*d*d) / delta
a1 = (q*f*c+r*d*e+e*w*v-e*f*e-r*w*c-q*d*v) / delta
a2 = (q*e*v+w*f*e+r*w*d-r*e*e-w*w*v-q*f*d) / delta
PRINT a0,a1,a2
INPUT m
DIM g(m),g(m)
FOR I=1 TO m
  PRINT "m=" , i
  INPUT g(i)
  p(i) = a0+a1*g(i)+a2*g(i)*g(i)
  PRINT "p=" , p(i) , i
NEXT

```



## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ

Р.В. Колодницька

м. Житомир, Житомирський інженерно-технологічний інститут

Вирішення задач термоактиваційного аналізу потребує описання кінетики розвитку пластичного деформування в тому числі і на закритичній стадії деформування (після утворення шийки для пластичних матеріалів). Відомо, що шийка виникає із просторових флуктуацій деформації, коли їх радіус досягає товщини зразка (до того часу хвилі біжать лише по зразку) [1].

В роботі [2] запропоновано скейлінгову модель, яка описує профіль шийки зразка після руйнування:

$$d_i = d_0 / \sqrt{1 + \alpha\delta + \frac{\psi + \alpha\delta\psi - \alpha\delta}{1 - \psi} G^{i-1}}$$
$$x_i = \frac{l_0}{2N_0} \left[ i(1 + \alpha\delta) + \frac{\psi + \alpha\delta\psi - \alpha\delta}{1 - \psi} \times \frac{1 - G^i}{1 - G} \right] \quad (1)$$

де  $G$  – керуючий множник,

$\delta$  – відносне залишкове видовження,

$\psi$  – відносне залишкове звуження,

$\alpha$  – коефіцієнт, який враховує рівномірне видовження.

Профілі шийок також можна описувати параметричною формою рівнянь:

$$\frac{d(x)}{d_0} = k - \frac{k - \sqrt{1 - \psi}}{1 + (ax)^2} \quad (2)$$

де  $k$  – коефіцієнт, який враховує рівномірне видовження.

Запропоновані вище моделі (1) та (2) дають можливість не тільки описати профілі шийок зразка після руйнування, але й показати, як змінювався цей профіль при різних значеннях  $\psi$ .

Для перевірки теоретичних моделей було створено програмно-апаратний комплекс [3], за допомогою якого можна досліджувати нестационарні процеси деформування матеріалів. Спочатку процес пружно-пластичної деформації фіксується за допомогою відеокамери на відеоплівку. Одержане зображення, що відтворюється на відеоманітофоні, вводиться в персональ-

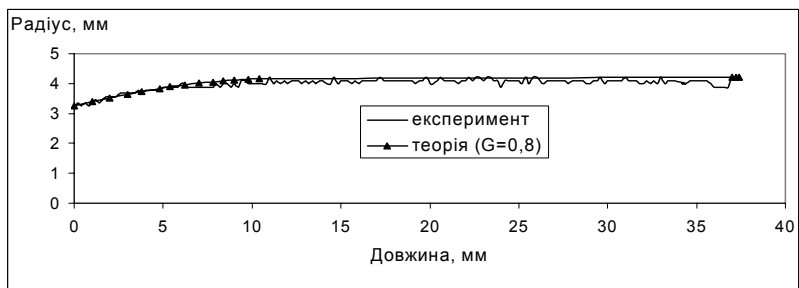
ний комп'ютер через оверлейну плату за допомогою програми VidCap, що входить, як складова частина, до Video for Windows і запам'ятовується на жорсткому диску в файлі формату AVI. Із одержаного файлу формату AVI, використовуючи програму Videdit (пакет Video for Windows), виділяються окремі кадри і передаються в програму Adobe PhotoShop. Тут окремі кадри зображення перетворюються в двохградацийні і запам'ятовуються у файлах формату PCX, які передаються програмі обробки і масштабування зображення. За допомогою цієї програми, виділяючи контур на зображенні досліджуваного зразку, можна визначити його геометричні обриси.

Програмно-апаратний комплекс дає змогу візуально спостерігати на персональному комп'ютері в реальному масштабі часу весь процес деформування; в автоматичному режимі визначати параметри деформування, знімати профілограми шийки та просліджувати кінетику процесу пластичного деформування; проводити покадрову автоматизовану обробку відеозображення, вибирати окремі кадри і при необхідності документувати їх.

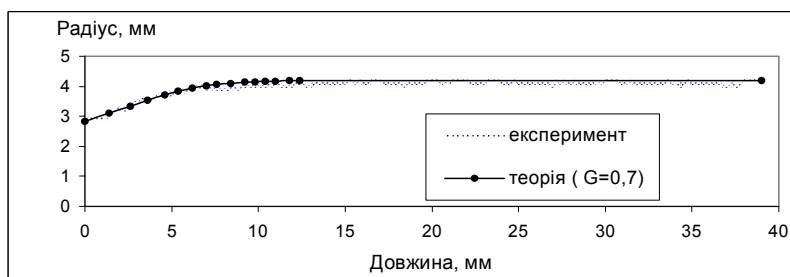
За допомогою програмно-апаратного комплексу параметрична та скейлінгова модель були підтверджені експериментально для описання профілів циліндричних зразків зі сталі та міді. Для профілограм, що розраховувались за формулами (1) значення  $G$  для циліндричних мідних зразків змінюється від  $G=0,8$  при  $t=225$  с до  $G=0,7$  при  $t=229$  с (рис. 1, а, рис. 1, б).

На рис. 2 показана кінетика деформування цього ж зразка побудована за теоретичною моделлю (2) у порівнянні з експериментальними даними. Тут  $k=0,85$ ,  $a=0,22$  за 1 секунду до руйнування та  $a=0,18$  за 5 секунд до руйнування. Час розтягнення у секундах вказаний в дужках.

Отже, результати виконаних розрахунків як за моделлю (1) так і за моделлю (2) задовільно узгоджуються з експериментальними даними, що свідчить про правильність теоретичних поси-  
лань.



а) за 5 секунд до руйнування ( $t=225$  с)



б) за 1 секунду до руйнування ( $t=229$  с)

Рис. 1. Профіль мідного зразка (1)

Відомо, що при втраті процесом пластичного деформування стійкості проходить фазовий перехід, і параметри цього процесу погано піддаються описанню в елементарних функціях. Тому зміну відносного звуження шийки в часі описували двома функціями: на стадії рівномірного деформування лінійною функцією і на закритичній стадії деформування нелінійною функцією:

$$\psi(t) = \frac{\psi}{|t_* - t|^\nu}$$

де  $t_*$  – критичний час,

$\nu$  – критичний показник.

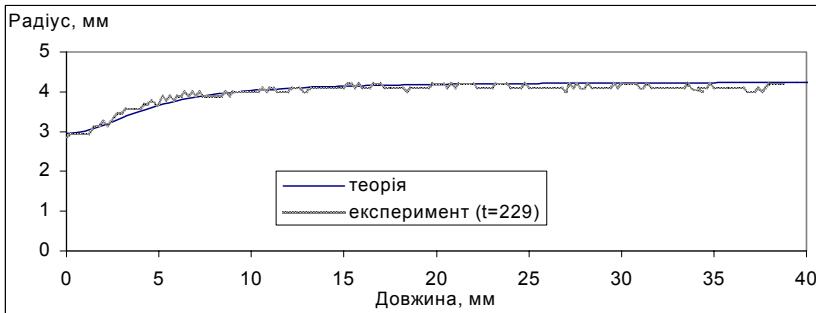
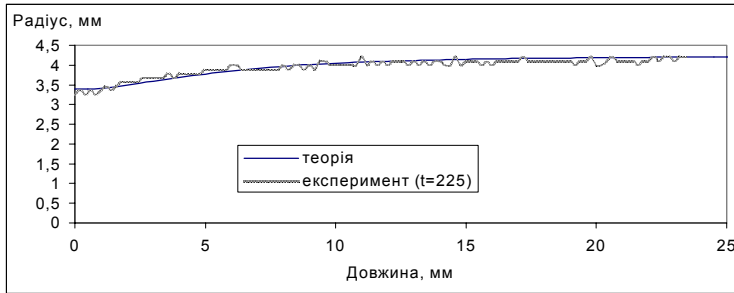


Рис.2. Профіль мідного зразка (2)

На рис. 3, рис. 4 показані графіки, що описані за допомогою цієї залежності. Для алюмінію  $\nu=0,5$ ; при  $\psi=0,67$ ; коефіцієнт достовірності апроксимації складає 0,92; для міді  $\nu=0,42$ ; при  $\psi=0,79$ .

Таким чином, процес шийкоутворення є автомодельним і може характеризуватися однією автомодельною змінною  $G$ , а параметри шийки в часі мають ознаки кінетики критичних явищ (типу процесів Ландау) з гіперболічною особливістю на закритичній стадії деформування.

Крім наукових досліджень програмно-апаратний комплекс може застосовуватися в учбовому процесі при виконанні лабораторних робіт по розтягненню матеріалів.

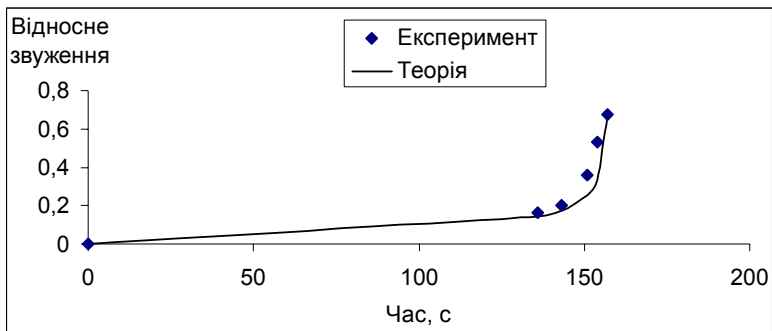


Рис. 3. Критична кінетика алюмінію ( $\nu=0,5$ )

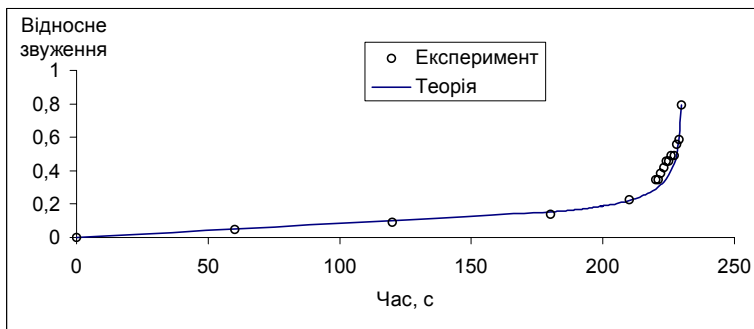


Рис. 4. Критична кінетика міді ( $\nu=0,42$ )

#### Література

1. Штремель М.А. Прочность сплавов. Часть II. Деформация. – М.: Машиностроение, 1967. – 496 с.
2. Грабар І.Г., Колодницька Р.В. Ідея скейлінгу і самоподібність профілю шийки. // Вісник ЖІТІ. – 1997. – № 4. – С. 114–120.
3. Грабар І.Г., Колодницька Р.В., Подчашинський Ю.О. Комп'ютеризована технологія дослідження кінетики пружно-пластичного деформування та руйнування твердих тіл. // Вісник ЖІТІ – 1998. – №7. – С. 181–184.

# СИНТЕЗ ТОПОЛОГИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СЕТЕВЫХ СИСТЕМ С НЕПРЕРЫВНЫМ ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ

В.В. Корольский

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

В теории сетевых систем, в том числе и с непрерывным потокораспределением, для их структурного описания используются линейные графы. С помощью графов описываются топология сетей и направление физических процессов, происходящих в них. Граф сетевой системы, являясь моделью ее структуры, с определенной мерой адекватности должен аппроксимировать реальный объект. Построение графа моделирующего сетевую систему, когда система имеет небольшую размерность и однозначно определенные функциональные связи является несложной задачей. В этом случае граф модели и граф топологии системы могут быть изоморфными. В тех случаях, когда система имеет большую размерность и неоднозначно определяемые функциональные связи, описание ее изоморфным графом невозможно, а в ряде случаев утрачивает практический смысл. В такой ситуации мы вынуждены создавать математическую модель, которая лишь подобна топологически и в определенной мере адекватна функционально объекту моделирования. В дальнейшем будем рассматривать системы с непрерывным потокораспределением между их элементами, функциональное состояние которых описывается нелинейной системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \sum^{(j)} q_i &= 0, j = 1, 2, \dots, m-1 \\ \sum^{(l)} r_l q_i^2 &= 0, l = 1, 2, \dots, k = n - m + 1 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где

$j$  – узел сопряжения ветвей системы;

$l$  – контур, составленный из ветвей системы;

$q_i$  – поперечная компонента физического состояния в  $i$ -й ветви системы;

$r_i$  – сопротивление  $i$ -й ветви системы.

При этом система интерпретируется графом  $G(U, W)$ , который отображает геометрическую структуру системы. Граф  $G(U, W)$  состоит из конечного множества  $U = \{U_1, U_2, \dots, U_{m-1}\}$  – вершин, интерпретирующих узлы соединения элементов сети и множества  $W = \{W_1, W_2, \dots, W_n\}$  ветвей, являющихся аналогами элементов структуры системы. Каждую пару вершин  $U_i \in U, U_{i+1} \in U$  можно отождествлять с ветвью  $W_{i,i+1} = U_i U_{i+1}$ . Таким образом, получится соотношение, связывающее вершины графа с его ветвями:

$$(U_i, U_{i+1}, W_{i,i+1}) \in G(U, W) \quad (2)$$

Соотношение (2) является моделью не столько топологии элементов системы, сколько функциональных связей между ее узлами. Так как при расчете потокораспределения в системе нас интересует число элементов и последовательность их сопряжения между собой, то в процессе моделирования соотношение (2) можно использовать в более простом виде. Для этого топологию графа достаточно задавать трехпозиционными предикатами, представляющих индексы соответствующих узлов и ветвей. В связи с этим предлагается следующая элементная база для топологического описания математических моделей рассматриваемого класса систем.

**Определение 1.** Упорядоченные тройки индексов вида

$$\langle i, i+1, k \rangle$$

где  $i, i+1$  – номера узлов  $U_i, U_{i+1} \in U \in G(U, W)$

$k$  – номер ветви  $W_k \in W \in G(U, W)$  связывающей узлы  $U_i, U_{i+1}$  отображающие функциональные связи между узлами системы, называется элементарным кодом графа модели системы.

**Определение 2.** Упорядоченное размещение элементарных кодов в виде таблицы:

$$\begin{array}{ccc} \langle 0000 \rangle & \langle 0001 \rangle & \langle 0000 \rangle \\ \langle 0001 \rangle & \langle 0002 \rangle & \langle 0001 \rangle \\ \hline \langle i \rangle & \langle i+1 \rangle & \langle k \rangle \\ \hline \langle m-2 \rangle & \langle m-1 \rangle & \langle n \rangle \end{array} \quad (3)$$

называется списком кодов графа модели системы  $CKS$ .

$CKS$  является инцидентной системой, т.е. из него можно

просто получить матрицу инцидентной, выражаемую соотношением:

+1, если  $i \in W_{ik}$  и  $i$ -й узел является начальным узлом  $k$ -й ветви;

$W_{ik} = -1$ , если  $i \in W_{ik}$  и  $i$ -й узел является конечным узлом  $k$ -й ветви;

0, если  $i \notin W_k$

Представление топологии модели системы в виде  $CKS$ , кроме того, что является эффективным при решении системы (1), может быть использовано при сравнении систем и их моделей, т.к. может служить одним из признаков их топологического подобия.

Определение 3. Системы  $S_1$  и  $S_2$  тождественны топологически:  $S_1 \equiv S_2$ , если  $CKS_1$  может быть путем перенумерации узлов и ветвей приведен к  $CKS_2$  или наоборот. При этом  $CKS$  двух или нескольких последовательных ветвей в  $S_1$  или в  $S_2$  заменяется одним элементарным кодом.

Данное определение основано на бинарном отношении соседства между точками плоскости или пространства, то есть когда точки связаны функциональной зависимостью, обеспечивающей функционирование системы.

Вполне понятно, что при построении графа модели системы имеет место лишь только топологическое подобие модели и системы, распространенное на некоторое множество элементов, которые обеспечивают стратегию функционирования системы. Для характеристики степени топологического подобия предлагается ряд признаков.

Определение 4. Пусть  $S_1 \in S_2$ ,  $S_2 \in S_1$  тогда, если  $S_1 \equiv S_2 \equiv S$ , то системы  $S_1$  и  $S_2$  топологически подобны по множеству  $S$ .

Определение 5. Если  $S_i \in \{S_n\}$  множества элементов на которых подобны сети  $S_1, S_2, \dots, S_n$ , то

$$S = \max(S_1, S_2, \dots, S_n) \quad (4)$$

называется главной частью топологического подобия или главным подобием сетей  $S_1, S_2, \dots, S_n$ .

Можно показать, что

$$S(S_1, S_2, \dots, S_n) = (\dots(S_1 \cap S_2) \cap S_3) \cap \dots \cap S_{n-1}) \cap S_n \quad (5)$$

Для числовой характеристики степени подобия двух систем вводится понятие коэффициента топологического подобия.



Определение 6. Коэффициентом топологического подобия системы  $S_1$  к системе  $S_2$  является число:

$$\mu(S_1; S_2) = \frac{|S\{S_1; S_2\}|}{|S_1|} \quad (6)$$

Коэффициент  $\mu(S_1; S_2)$  имеет следующие свойства:

- 1)  $\mu(S_1; S_1) = \mu(S_2; S_2) = 1$
- 2)  $\mu(S_1; S_2) \neq \mu(S_2; S_1)$
- 3)  $\max \mu(S_1; S_2) = \frac{|S\{S_1; S_2\}|}{|S_1|}$

Однако, если рассматривать множество систем  $\{S_n\}$ , то при помощи коэффициента подобия нельзя судить о степени общего подобия систем или моделей данного множества. В связи с этим вводится более общая характеристика топологического подобия множества систем  $\{S_n\}$ , которая называется мерой подобия.

Определение 7. Мерой подобия сетей  $S_i \in \{S_n\}$ , является число  $\tilde{M}$  равное минимуму отношения модулей главной части подобия  $\tilde{S} = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$  к модулям  $S_1, S_2, \dots, S_n$  т.е.

$$\tilde{M} = \min \frac{|\tilde{S}\{S_1, S_2, \dots, S_n\}|}{|S_i|} \quad (7)$$

где  $i=1, 2, \dots, n$ .

Нетрудно показать, что

$$\tilde{M}(S_1, S_2, \dots, S_n) = \frac{|\tilde{S}\{S_1, S_2, \dots, S_n\}|}{\max_i |S_i|} = \min_{i,j} \mu(S_i, S_j)$$

Мера подобия может служить критерием топологической тождественности множества сетей. Это следует из следующей теоремы.

Теорема. Если  $\tilde{M}(S_1, S_2, \dots, S_n) = 1$  (\*), то  $S_1 \equiv S_2 \equiv \dots \equiv S_n$

Доказательство. Из соотношения (\*) следует система равенств:

$$\frac{|(\dots(S_1 \cap S_2) \cap S_3) \cap \dots \cap S_{n-1}) \cap S_n|}{|S_1|} = 1$$

$$\frac{|(\dots(S_1 \cap S_2) \cap S_3) \cap \dots \cap S_{n-1}) \cap S_n|}{|S_n|} = 1$$

Следовательно,  $|S_1|=|S_2|=...=|S_n|$ . Но, так как по условию теоремы  $S_1 \tilde{S}_1 S_2 \tilde{S}_2 \dots \tilde{S}_i S_n$ , то из определения подобия следует, что  $CKS$  системы можно привести к одному виду, т.е.  $CKS_1=CKS_2=...=CKS_n$ , что и доказывает теорему.

Коэффициенты и мера топологического подобия, характеризующая степень топологического подобия системы и модели, позволяют наиболее обоснованно выбирать оптимальный вариант модели при проектировании и управлении систем с непрерывным потокораспределением. Однако при этом необходимо иметь критерии функционального подобия синтезируемых топологических элементов систем при построении их математических моделей.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ТОКА В УЛЬТРАДИСПЕРСНОЙ КВАЗИЖИДКОЙ ПРОВОДЯЩЕЙ СРЕДЕ

А.А. Архипенко<sup>1</sup>, Е.Я. Глушко<sup>1</sup>, А.Я. Глушко<sup>2</sup>, К.В. Якубенко<sup>1</sup>,  
Н.А. Слюсаренко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Украина, г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

<sup>2</sup> Deutschland, Braunschweig, Physikalisch-Technische Bundesanstalt

## 1. Теория тока в дисперсных средах.

В работе проводится теоретическое и экспериментальное исследование прохождения электрического тока через дисперсную проводящую среду. Описана экспериментальная установка для измерения вольтамперных и иных характеристик проводящей среды. Активный элемент установки схематически представлен на рисунке.

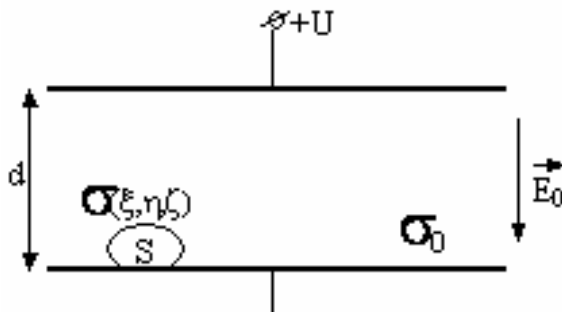


Рис. 1. Схематическое изображение частицы в конденсаторе.

Под действием приложенного электрического поля  $E_0=U/d$  на электродах бесконечного конденсатора заряды располагаются с плотностью  $\sigma_0=E_0\varepsilon\varepsilon_0$ . Согласно [1] поверхностная плотность заряда сферической поверхности радиуса  $r$  равна  $\sigma=\pi^2\sigma_0/6$ . Очевидно, что микрочастица, находящаяся на электроде, приобретает заряд  $Q=\sigma S$ , и для сферы:

$$Q = \frac{2}{3} \pi^3 \varepsilon \varepsilon_0 r^2 E_0. \quad (1)$$

Если электрическое поле достаточно велико, то заряд начнет двигаться к верхнему электроду. Допустим, что:

1) микрочастица – сфера;

- 2) вектор скорости частицы перпендикулярен плоскости электродов;
- 3) удар об электрод – абсолютно неупругий;
- 4) электроды бесконечны;
- 5) среда – вакуум ( $\varepsilon=1$ );
- 6) отсутствует контактное сопротивление.

Отрываясь от нижней пластины конденсатора, частица несет некоторый заряд  $Q$ , индуцирует на электродах заряды  $-Q_1$  и  $-Q_2$ , причем  $Q=|-Q_1|=|-Q_2|$ . Этот процесс сопровождается перемещением зарядов в цепи, то есть возникает ток:

$$i_y = \frac{dQ_2}{dt} = \frac{d}{dt} \left( Q \frac{x}{d} \right) = \frac{Q}{d} \frac{dx}{dt}. \quad (2)$$

Для частиц с радиусом  $r=2 \cdot 10^{-5}$  м приобретённый заряд хорошо описывается соотношением (1). Для меньших частиц измеряемый заряд оказывается меньшим из-за возникновения коронного разряда, влияния микрошероховатостей поверхностей электрода и частицы и влияния контактной разности потенциалов. Частица будет удерживаться на нижнем электроде, пока сила взаимодействия её заряда с полем не станет больше алгебраической суммы сил адгезии и веса:

$$F_k > F_a + G, \quad (3)$$

где  $G = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho g$  – вес частицы,  $F_k = 0,84 Q E_0$  – сила взаимодействия приобретенного заряда частицы с полем. Коэффициент 0,84 учитывает собственное электрическое поле заряда вблизи поверхности электрода. Для частиц с радиусом меньшим  $10^{-5}$  м силы адгезии существенно превышают вес и определяют напряженность начала колебаний. Пренебрегая весом частицы, напряженность электрического поля, обеспечивающую псевдосжижение, представляем таким выражением:

$$E \geq \frac{1}{\pi r} \sqrt{\frac{F_a}{0,56 \pi \varepsilon \varepsilon_0}}. \quad (4)$$

Реально  $F_a$  является композиционной силой, которую составляют [1–5]:

– молекулярная  $F_m = \frac{Ar}{6H^2}$ , где  $A$  – постоянная,  $H$  – расстояние между частицей и плоскостью электрода,

- электрическая  $F_e = 2\pi Q^2/S$ , где  $S$  – площадь контакта,
- кулоновская  $F_k = Q^2/l^2$ , где  $l$  – расстояние между зарядами  $Q$  и наведенным  $Q'$ ;
- капиллярная (при высокой влажности)  $F_n = 4\pi\sigma r$ , где  $\sigma$  – поверхностное натяжение жидкости.

При выполнении условия (4) в первом приближении можно записать:

$$\frac{mv^2}{2} = QU \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2UQ}{m}}, \quad (5)$$

где  $m = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho$ ;  $Q$  – приобретенный заряд частицы. Таким образом,

$$v = \sqrt{\frac{\pi^2 \varepsilon_a E U}{\rho r}} = \pi U \sqrt{\frac{\varepsilon_a}{\rho r d}}, \quad (6)$$

где  $v$  – скорость к моменту удара. Максимально возможная скорость ограничивается предельно допустимой напряженностью поля:

- для отрицательно заряженных поверхностей –  $10^9$  В/м (по электростимулированной эмиссии электронов с поверхности);
- для положительно заряженных поверхностей –  $10^{10}$  В/м (по силам связи кристаллических решеток материалов).

Поскольку движение равноускоренное и  $v_0=0$ , то  $v_{cp}=v/2$ , тогда время пролета  $t_n=d/v_{cp}$ , а частота следования импульсов одной частицы

$$f = \frac{1}{t_n} = \frac{N_{cp}}{d} = \frac{v}{2d} = \frac{\pi U}{2d} \sqrt{\frac{\varepsilon_a}{rd\rho}}; \quad (7)$$

или с учетом установившегося процесса автоколебаний

$$f = \frac{\pi U}{2d} \sqrt{\frac{\varepsilon_a(1+K)}{rd\rho(1-K)}}, \quad (8)$$

где  $K$  – коэффициент восстановления механического импульса при ударе ( $0 < K < 1$ ). В ультрадисперсных средах из отдельных частичек за счет силы прилипания образуются агрегаты (вторичные частицы, кластеры), которые разрушаются кулоновским воздействием. Сила прилипания представляется таким выражением:

$$F_n = 2\pi \left( \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \right) (2\sigma_{13} - \sigma_{12}) = 2\pi K_1 K_2, \quad (9)$$

где  $F_n$  – сила прилипания;  $K_1$  – зависит от кривизны касающихся поверхностей;  $K_2$  – от природы тела и промежуточной среды;  $\sigma_{12}$ ,  $\sigma_{13}$  – свободные энергии раздела фаз 1, 2, 3. Напряженность, при которой наступает разрушение кластеров для различных материалов, имеет значение порядка  $10^6 \cdot \text{В/м}$

## 2. Экспериментальная установка.

Главная цель эксперимента заключается в получении и исследовании устойчивых осцилляций ансамбля частиц под действием сил электрического поля. Принципиальная схема экспериментальной установки (рис. 2) включает регулируемый источник напряжения 1 (10–2500 В), прибор для измерения малых токов 2 (универсальный вольтметр – электрометр В7–30) и активный элемент 3.

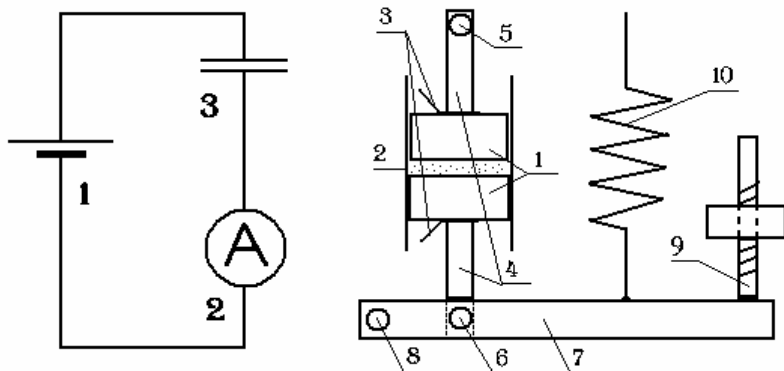


Рис. 2. Схема установки. Рис. 3. Схема активного элемента.

Активный элемент (рис. 3) состоит из двух металлических поршней 1, на нижнем из которых закреплена диэлектрическая трубка 2. Верхний поршень может перемещаться в трубке. Ультрадисперсная среда находится между пластинами плоского конденсатора, образованного поршнями. С помощью лепестков 3 элемент включается в электрическую цепь. Механическое крепление элемента производится посредством двух диэлектрических стоек 4 закрепленных на поршнях. Верхняя стойка посажена на

ось 5, закрепленную на станине. Нижняя – посредством оси 6 зафиксирована в рычаге 7, вращающемся вокруг оси 8. Ось 8 также зафиксирована на станине. С помощью микрометрического винта 9 и подтягивающей пружины 10 осуществляется поворот рычага и изменение зазора между пластинами плоского конденсатора с точностью до 2.5мкм.

### 3. Модель нелинейного дисперсного элемента цепи.

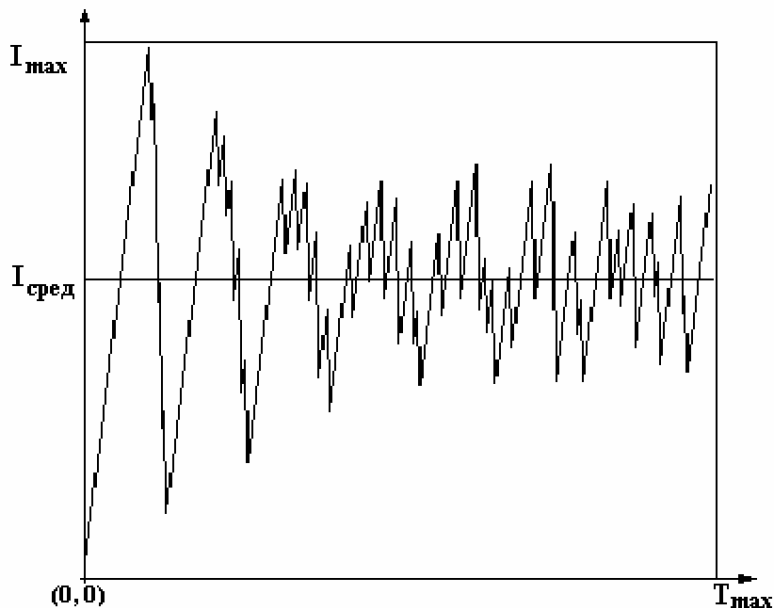


Рис. 4. Временная зависимость тока.

Компьютерная модель дисперсного элемента включает уравнение динамики системы проводящих частиц, движущихся между пластинами конденсатора, с учетом сил адгезии, распределения частиц по размерам, аннигиляции заряда при столкновениях противоположно заряженных частиц, изменения во времени приложенного напряжения. На первом этапе численные расчеты проводились без учета адгезии и столкновений частиц для гауссова распределения частиц по размерам. Результаты расчетов представлены на рисунках 4–6. На рисунке 4 приведена зависимость силы тока от времени для порошка из 100 частиц с радиусом порядка  $10^{-6}$ . Напряжение  $U=1000$  В, показания снима-

ются на протяжении 0,05 секунды, расстояние между электродами равно 1 мм, максимальный ток равен  $5.4 \cdot 10^{-11}$  А, средний ток –  $3.04 \cdot 10^{-11}$  А.



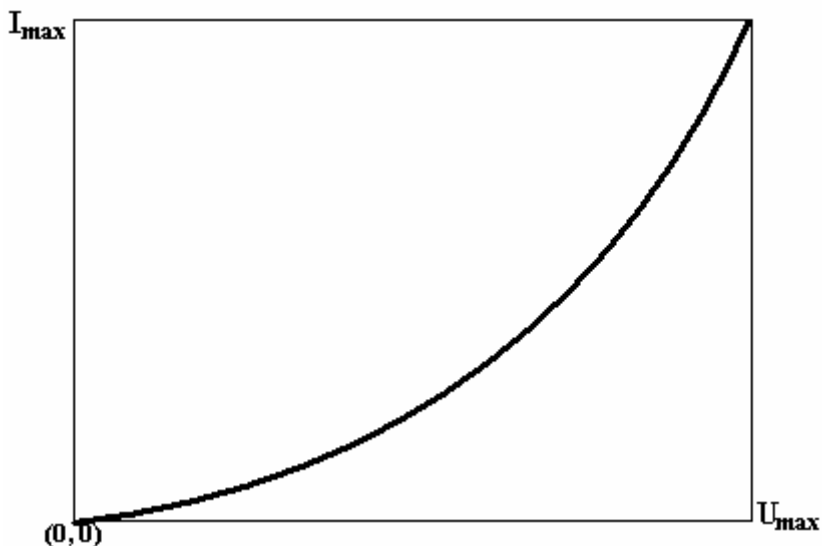
*Рис. 5. Фрагмент вольтамперной характеристики металлического порошка.*

На рисунке 5 приведен начальный участок вольтамперной характеристики дисперсного элемента цепи при изменении напряжения в пределах 0–50 В. Внутри конденсатора находится порошок из 10 частиц, радиус которых  $\sim 10^{-6}$  м. Полная вольтамперная характеристика в пределах 0–1000 В рассчитана на рисунке 6. Максимальный ток в первом случае (рис. 5) равен  $7,08 \cdot 10^{-15}$  А, а во втором –  $2.8 \cdot 10^{-12}$  А.

Нелинейный характер ВАХ объясняется, прежде всего, ускоренным движением частиц в электрическом поле. При этом микротоки, составляющие полный ток, пропорциональны времени пролета между электродами. Учет столкновений противоположно движущихся частиц должен приводить к возникновению провала в полной ВАХ, обусловленного аннигиляцией зарядов. В заключении упомянем о принципиальной возможности использовать проводящие ультрадисперсные носители, металлические порошки в качестве нелинейных элементов электрической цепи, чувствительных к состоянию механического движения.



Из-за сравнительно больших масс носителей заряда дисперсионный элемент должен реагировать даже на слабые изменения направления движения или скорости датчика.



*Рис. 6. ВАХ металлического порошка.*

Литература:

1. Мяздриков О.И. Электрическая проводимость дисперсных структур. – М.: Химия, 1984.
2. Мяздриков О.И., ПТЭ, **1**, 1968
3. Maxwell Treatise, Electricity and Magnetism, v.1, 175, 1914
4. Коряков В. М. и др. Электронная техника, сер.10, вып.3, 12–16, 1966
5. Зимон А.В. Адгезия пыли и порошков. – М.: Химия, 1976.

# МОДЕЛЮВАННЯ ГЕО-ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗКУ РЕГІОНАЛЬНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ, ПОВ'ЯЗАНИХ З РАДІОАКТИВНИМ ЗАБРУДНЕННЯМ

В.В. Войтенко

м. Житомир, Житомирський інженерно-технологічний інститут

Проект під назвою “Комп’ютерна екологічна інформаційна система KEIC” передбачає створення різноманітних за напрямком екологічних симуляторів. Це дозволяє проектувати та вивчати відповідні регіональні моделі з метою їх розгляду у динаміці для пошуку основних закономірностей та розв’язування задач природоохоронного захисту. Основою системи є банк екологічної інформації, що складається з інформації про різні типи ландшафтів: літогенна основа ландшафту, що включає в себе відомості про геологічну побудову, тектоніку, генетичні типи рельєфу та морфометрії окремих його форм; ґрунтовий шар та земельні ресурси; рослинність та біоресурси; гідросфера та водні ресурси; атмосфера та кліматичні ресурси; демосфера та захворюваність у зв’язку з факторами радіологічного забруднення. У даний час розробляється гео-інформаційна система в рамках KEIC, основною ціллю якої є не лише вивчення закономірностей того чи іншого явища, а й система прийняття відповідних рішень з екологічної точки зору.

Узагальнена модель екосистеми має наступний вигляд:  
 $S=(t, C, L, M, E)$ .

У цій формулі  $t$  – вільний параметр, значення якого відповідає номеру поточного кроку моделювання. Множина значень параметру – множина цілих чисел ( $t \in \mathbb{Z}$ ). В процесі моделювання його значення послідовно змінюється в діапазоні  $[t^0; t^{N-1}]$ , де  $N$  – кількість кроків моделювання.  $C = \{c_0, \dots, c_{N_c-1}\}$  – множина параметрів, що не змінюються у просторі, тобто не мають територіального розподілу. Ця множина завжди містить щонайменше два параметри – розміри території екосистеми  $D_w$  та  $D_h$ .

$L = \{L_0, \dots, L_{N_l-1}\}$  – це множина матриць розподілу  $L_k$ , що означає горизонтальний розподіл одного з параметрів, що змінюється у просторі. Схематично це може бути відображено на

рисунку:

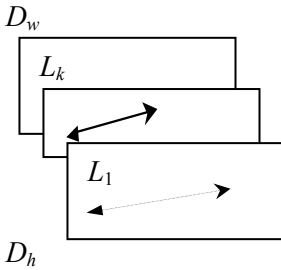


Рис. Горизонтальний розподіл властивостей  $L_k$

Елементами матриць є дійсні числа ( $l_{ij}^k \in R$ ). Найчастіше це перетворена до чисельного представлення інформація файлів форматів bmp, gif, tif, jpeg та інших, що можуть бути отримані при скануванні карт, або будь-яким іншим чином. У нашому випадку так представлена інформація радіоактивного забруднення різними радіоактивними речовинами. Множина карт представлена як  $M = \{M_0, \dots, M_{N_m-1}\}$ . Карта  $M_k$  – це матриця, іншими словами – деякий фільтр, що визначає конкретний регіональний розподіл території. Кожна клітинка матриці  $M_k$  ( $m_{ij}^k$ ) містить позитивне ціле значення в діапазоні  $[0: N_k-1]$  – індекс регіону, що визначає, до якого регіону належить відповідна точка простору екосистеми. В системі регіон може бути представлений деяким адміністративним поділом, або визначатись конкретним географічним об'єктом – водоймищем, кряжем, лісом тощо. Таким чином, карта  $M_k$  визначає множину регіонів  $\{R_k^0, \dots, R_k^{N_k-1}\}$ . Регіон – це множина пар вигляду  $(i, j)$ , тобто деяка підмножина точок території, що визначається як  $R_k^s = \{(i, j): m_{ij}^k = s\}$ .

Усі матриці з множин  $L$  та  $M$  мають однакові розміри:  $D_h$  рядків та  $D_w$  стовпців.

$E = \{E_1, \dots, E_{N_e}\}$  – множина відношень. В найзагальнішому вигляді ця множина визначає відображення  $E^t: \{S^0, \dots, S^t\} \rightarrow S^{t+1}$ , тобто залежність стану моделі від її стану на попередніх кроках. Зауважимо, що множина відношень в загальному випадку є динамічною, тобто може змінюватись в процесі моделювання. Відношення можна розділити на декілька основних груп:

1. Відношення, що визначають пряму залежність параметру від кроку:  $t \rightarrow (C^t, L^t)$ .
2. Горизонтальні відношення:  $(C^t, L_k^t) \rightarrow (l_{ij}^k)^{t+1}$ . Такі відношення задаються у формі матричних фільтрів.
3. Вертикальні відношення:  $(C^t, H_{ij}^t) \rightarrow (l_{ij}^k)^{t+1}$ . Тут  $H_{ij}$  – це множина значень клітинок усіх матриць  $L$ , що мають координати  $(i, j)$ , тобто  $H_{ij} = \{l_{ij}^k, k \in [1:N_l]\}$ .

Область дії будь-якого з цих відношень може територіально обмежуватися деяким регіоном  $R_s^k$ , або розповсюджуватися на всю територію екосистеми. Окрім того, область дії відношення може обмежуватись деяким періодом в просторі параметра  $t$ , тобто відношення може діяти при  $t \in [t_1; t_2]$ , де  $t_1, t_2$  – відповідно початковий та кінцевий кроки періоду.

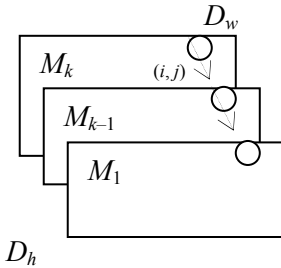


Рис. Регіональний розподіл властивостей  $M_k$

Для реалізації математичної моделі в системі екологічного моделювання використовується об'єкт, що представляє собою спеціалізований матричний процесор. Матричний процесор – це обчислювальна система, що складається з наступних складових (об'єктів):

1. Змінна  $t$ , що містить номер поточного кроку моделювання.
2. набір простих параметрів (відповідає множині  $C$ ). Сюди входять усі параметри, що не мають територіального розподілу. На логічному рівні ці параметри можуть утворювати масиви (як одно-, так і багатовимірні).
3. набір матриць територіального розподілу (відповідає множині  $L$ ). Кожна матриця називається *шаром*.

Отже, множина  $C$  – це статичний показник кожної спеціалізованої системи, який “обслуговує”, умовно кажучи, усю систему. Щодо горизонтального розподілу властивостей  $L_k$ , то слід зауважити, що кожна з них може бути утворена від абстрактного базового класу, описана незалежно, і чим більшу кількість параметрів можна буде містити, тим кращої адекватності набуває проект в цілому.

```
// ( код на мові Сі++ ) :
enum TDisplayMode{ Physical, Nature, Pollution, Source };
class SubSystem :
{ protected: // загальні властивості підсистеми
Elem_Map **Map; // множина комірок - регіон
Coord XMap; // координати  $D_h$  рядків та  $D_w$  стовпців.
    TypeIndex Index; //
    TDisplayMode DisplayMode; // індекс відображення
    TPhysicalIndex PhysicalIndex; // фізичний індекс
public: // функціональна частина
SubSystem();
void WriteToFile( fstream& out ); //запис у файл
void ReadFromFile( fstream& in ); //зчитування з файлу
};
```

Подальші деталізації та спеціалізації підсистем  $L_k$  можуть бути представлені об'єктами похідних класів від вказаного узагальненого класу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Дібров Б.І. Грунти Житомирської області. – К.: Урожай, 1969. – 59 с.
2. Шестопапов В.М. и др. Изучение процесса быстрой вертикальной миграции радионуклидов в геологической среде // Чернобыль-95, сб. статей, с. 110-119.
3. Войтенко В.В., Загородній Ю.В. Створення та використання комп'ютерної екологічної інтелектуальної системи KEIC // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту, 1997. – № 6. – С. 160-163.

# ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ПРОВІДНОСТІ ЕТАНОЛ-БЕНЗИНОВИХ СУМІШЕЙ

А.В. Ільченко, В.Ф. Запольський  
м. Житомир, Житомирський інженерно-технологічний інститут

Проблемою пошуку альтернативних палив для автомобільних двигунів займаються вчені всього світу, в тому числі й в Україні. Застосування газохолу (суміші етилового спирту  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH}$  і бензину) як джерела енергії на автомобільному транспорті для країн з обмеженими нафтовими ресурсами є перспективним за економічними, політичними, соціальними, екологічними міркуваннями [1, 2]. Технологічні (фізико-хімічні) аспекти потребують інженерної проробки.

За даними [3] при орієнтовних витратах коштів у 5% від усієї програми боротьби із загазованістю атмосфери в Україні за рахунок застосування альтернативних палив можна одержати зниження токсичності на 4%. Причому, найбільш ефективні заходи, такі як встановлення каталітичних нейтралізаторів, на сьогоднішній день не можуть мати належного впровадження через змушене застосування етильованих бензинів. На основі фактичних викидів і коефіцієнтів небезпеки академіком М.Я. Говорущенко було визначено умовні викиди в Україні, які припадають на автомобільний транспорт. Розрахунки свідчать, що пріоритет за абсолютними викидами належить оксиду вуглецю – 1,87 млн. т. У глобальній екологічній проблемі України автомобільний транспорт повинен розглядатися як один з основних факторів впливу на атмосферу. Це підтверджується також дослідженнями, що проводилися і в Житомирській області [4].

Порівняльний аналіз сумарної токсичності бензинового і дизельного двигуна дозволяє зробити висновок про безумовну перевагу першого за екологічними показниками. Якщо враховувати фактичний викид шкідливої речовини та її коефіцієнт небезпеки, можна визначити умовний викид, як добуток цих параметрів. За даним показником при максимальних викидах дизельний двигун автомобіля приблизно однакової вантажопідйомності екологічно небезпечніший бензинового в 2,7 рази. Застосування

на бензинових двигунах каталітичних нейтралізаторів за винятком етилірованого бензину в якості палива дозволить знизити умовний викид у 35 разів [3].

Газохолі з 10-відсотковим вмістом етилового спирту для бензинових двигунів дозволяють частково вирішити проблему в умовах використання етилірованих бензинів. Токсичність бензинового двигуна за CO, визначена відповідно до [6], при цьому знижується в 2,3 рази. Збільшення викидів  $C_nH_m$  потребує пошуку оптимальних регулювальних параметрів систем живлення і запалювання бензинового двигуна. Причому існує можливість використання низькооктанового бензину А-76 для виготовлення газохолу для двигуна зі ступенем стиску 8,5 без погіршення його екологічних показників за CO [1].

Висока випаровуваність етилового спирту призводить до утворення парових пробок у системі живлення бензинового двигуна, а неоднорідність газохолу негативно впливає на протікання процесів сумішоутворення і згоряння. Внаслідок цього при виготовленні, збереженні і використанні газохолу необхідно контролювати його якість.

На кафедрі автомобілів і механіки технічних систем Житомирського інженерно-технологічного інституту було побудовано програмно-апаратний комплекс, а також математична модель, що дозволяють проводити дослідження перехідних процесів провідності етанол-бензинових сумішей різноманітних концентрацій. За допомогою комплексу можливо одержати параметри, що характеризують якість газохолів. Також створено методику експрес-аналізу їх якості та сталості в часі.

Провідність газохолу непостійна в часі внаслідок того, що етиловий спирт – полярне з'єднання. При механічному перемішуванні газохолу провідність також змінюється.

Комплекс (рис. 1) складається з таких частин: персональний комп'ютер, двоканальний блок аналого-цифрових перетворювачів, датчик, програмне забезпечення. Характеристики персонального комп'ютера:

- процесор 486DX2-66;
- ОЗП 16 мБ;
- накопичувач на жорстких магнітних дисках 1,2 гБ;
- дисплей SVGA;

- накопичувач на гнучких магнітних дисках 1,44 Мб.
- операційна система – Windows, DOS.

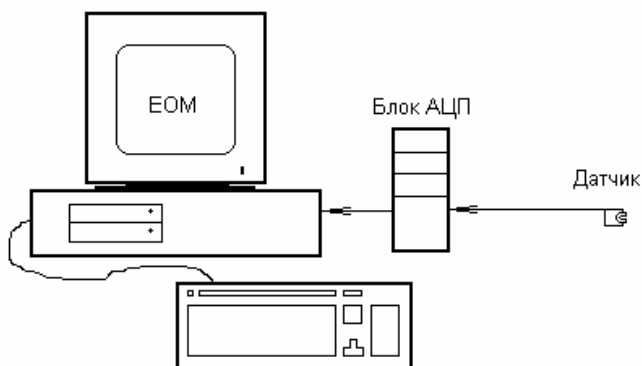


Рис. 1. Програмно-апаратний комплекс для дослідження перехідних процесів у газохолі.

Характеристики двохканального блока аналого-цифрових перетворювачів:

- число каналів, не менше 2;
- точність виміру за каналом, не гірше 1%;
- частота виміру за каналом провідності, 100 Гц;
- частота виміру за каналом температури, не менше 20 Гц.

За діагностичний параметр було вибрано провідність газохолу через те, що бензин і етиловий спирт мають різноманітну провідність за величиною, причому етиловий спирт має особливості провідності за постійним і змінним струмом. До діагностичного параметра ставилися такі вимоги: інформативність, чутливість, однозначність і стабільність. Було досліджено провідність газохолів на основі бензину А-76 різноманітної концентрації, бензину марки А-76 і спирту технічного етилового з вмістом води не більш 4,5% [7] для постійного струму 12 В в діапазоні температур 18–83 °С. Величина напруги обумовлена можливістю подальшого використання системи контролю якості газохолу з живленням безпосередньо від бортової мережі автомобіля. Права межа температурного



діапазону обмежена “зривом” провідності внаслідок кипіння газохолу і утворення пухирців в зоні провідності.

В якості датчика провідності застосовуються два електроди, відстань між якими відповідає провідності в спирті  $100 \pm 2,5$  мкА. Початкова провідність регулюється за допомогою різьби на утворюючих обох електродів. Величина струму визначає безпечне використання системи. Для зменшення корозійного впливу суміші на електроди і внаслідок цього хибності показань системи, було вибрано електроди з поверхневим напилюванням золота. Конструкцію датчика наведено на рис. 2.

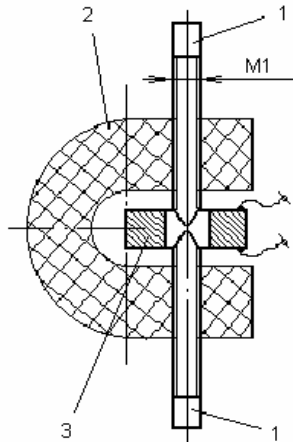


Рис. 2. Датчик (кріплення терморезистора умовно не показано): 1 – електроди; 2 – діелектрик; 3 – терморезистор.

Температура зони провідності контролюється за допомогою терморезистора типу ММТ, характеристику якого було отримано експериментально. Для розрахунку проміжних значень температури залежність було апроксимовано з достовірністю 0,99. Функція температури  $t$  від опору  $\Omega$  терморезистора:

$$t = -34,498 \ln(\Omega) + 230,39 \quad (1)$$

Вмикання датчика для дослідження перехідних процесів провідності етанол-бензинових сумішей наведено на рис. 3.

Вимір температури здійснюється одночасно з виміром струму провідності за другим каналом. Виміри падінь напруг на додаткових резисторах (струмів через датчики, відповідно) здійснюються з частотою 100 Гц з похибкою не гірше 1% [9].

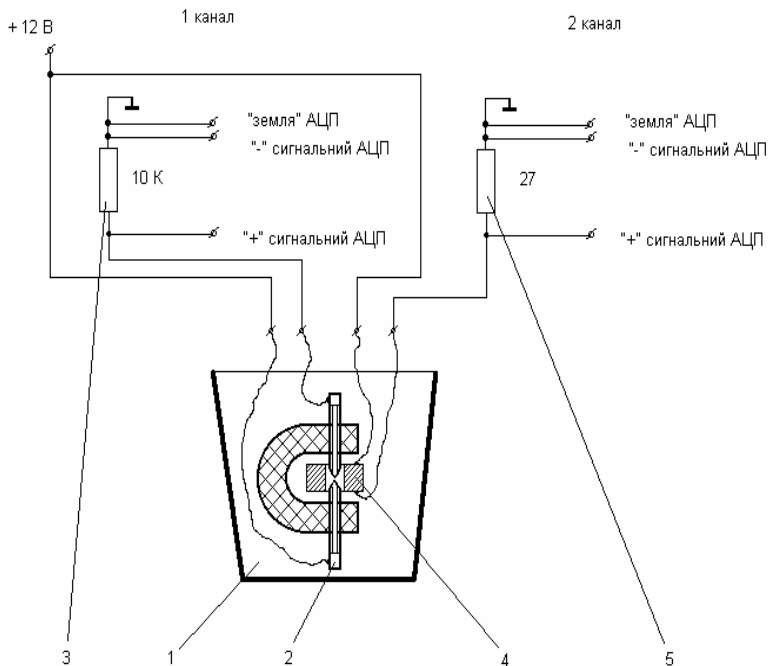


Рис. 3. Схема вмикання датчика для виміру струму провідності і температури: 1 – посуд з газохолом; 2 – електрод датчика провідності; 3 – додатковий резистор каналу провідності; 4 – датчик температури; 5 – додатковий резистор каналу температури.

Програмна частина комплексу реалізована в середовищі Borland Pascal 7.0 із використанням фірмової бібліотеки функцій низького рівня для роботи з платами АЦП/ЦАП Lcard. Програма працює за двома каналами опитування датчиків, робить перетворення вимірюваних величин у відповідні фізичні одиниці, візуалізацію вимірів та зберігання отриманих даних.

Інтерфейс реалізований завданням параметрів у командному рядку програми. Є 2 режими: цифрового вимірювального приладу – для операцій наладки і режим ресстратора, коли протягом заданого періоду часу (до 10 хв. максимум) із заданою частотою (20 Гц – 100 кГц) виконується опитування датчиків і запис

інформації в текстові файли. Після цього за допомогою програми Excel здійснюється аналіз даних.

Програмно-апаратний комплекс дозволив побудувати математичну модель провідності газохолів різноманітної концентрації при різноманітних температурах. З цією метою був визначений середній струм провідності газохолів для таких значень температур: 18, 23, 33, 43, 53, 63, 73, 83 °С. Виміри проводилися для концентрацій суміші (відсотковому вмісту спирту в бензині за об'ємом): 0 (бензин А-76), 10, 20, 40, 60, 70, 100 (спирт) %. Таким чином було досліджено провідність газохолів на основі бензину А-76 у широкому діапазоні концентрацій і температур. Наприклад, зміна струму зони провідності 10-відсоткового газохолу при температурі 43 °С в часі показано на рис. 4.

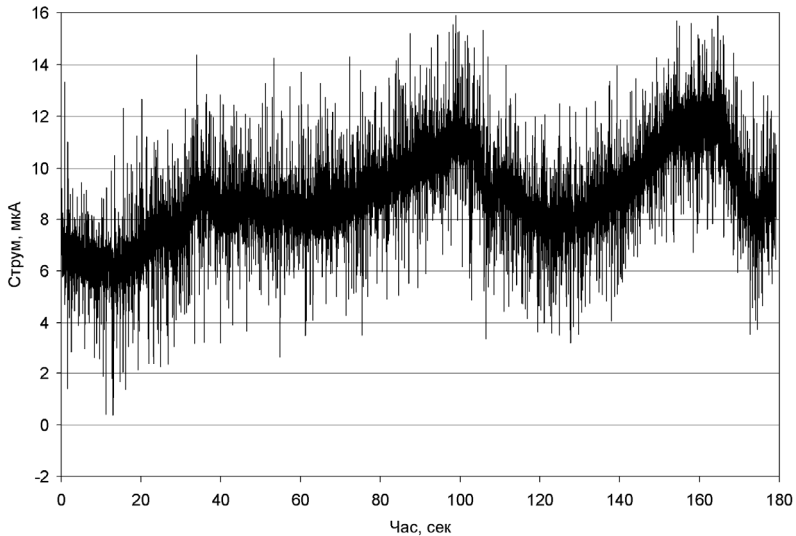


Рис. 4. Зміна струму провідності в часі 10-відсоткового газохолу на основі бензину А-76 при температурі 43 °С.

Струм провідності, як видно з рис. 4, непостійний в часі. Це характеризує особливі якості провідності етилового спирту, що було відзначено в [2]. Ця мінливість за величиною середнього струму для спирту характеризується тим, що в початковий період часу струм провідності менше і зростає в часі до певного максимального значення, що більше початкового більш, ніж в 2

рази. При механічному перемішуванні спирту відбувається зниження провідності і повернення величини струму до початкового значення. Очевидно, що схожими властивостями володіє і газохол. Ці властивості виражені тим більше, чим більше вміст спирту в суміші. З графіка також можна побачити процес початку кипіння газохолу. Це характеризується зонами “зриву” провідності, тобто зниження струму. При підвищенні температури таких зон стає більше. Провідність спирту технічного етилового наведено на рис. 5.

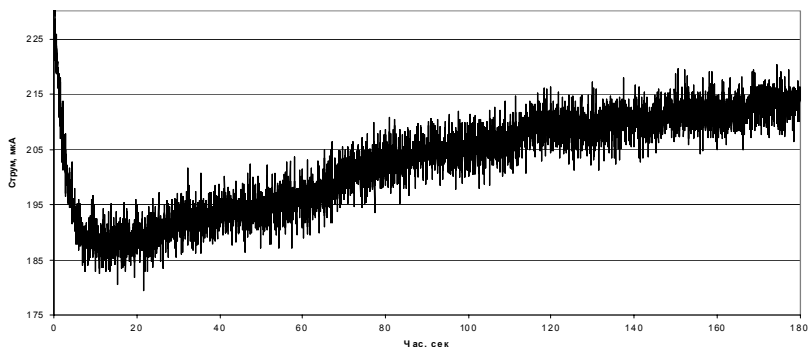


Рис. 5. Провідність спирту технічного етилового.

Таблиця 1

Температура, °C	Модель	Достовірність апроксимації
18	$I_{cp} = \frac{8,5 \cdot 10^6}{ K - 151 ^{2,79}}$	0,973
33	$I_{cp} = \frac{4377079}{ K - 149 ^{2,6}}$	0,984
63	$I_{cp} = \frac{9000}{ K - 113 ^{1,42}}$	0,98

Примітка:  $K$  – концентрація газохолу.

За даними вимірами був визначений середній струм провідності газохолів для різноманітних концентрацій і температур, проведено апроксимація функцій  $I_{cp}=f(K)$  для температур 18, 33, 63 °C. Результати апроксимації зведені в табл. 1.

Графічне представлення моделі  $I_{cp}=f(K, t)$  у тривимірному просторі наведено на рис. 6.

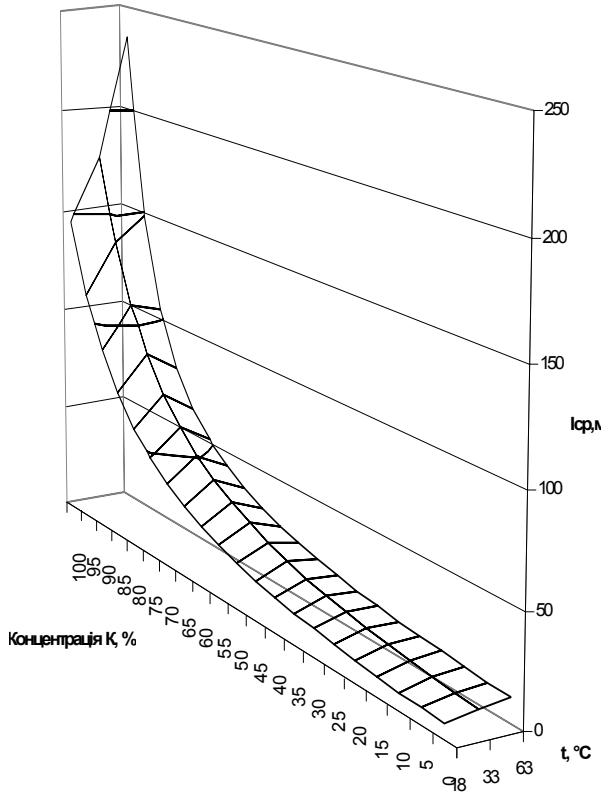


Рис. 6. Графічне представлення математичної моделі якості газохолів.

Отримана математична модель дає можливість проводити аналіз якості газохолу в процесі його виготовлення, збереження і використання. Чутливість діагностичного параметра вище в зонах середніх і високих концентрацій. Параметр однозначний, тому що відсутні точки поверхні, для яких виконується умова:

$$\frac{dI_{cp}}{dK} = 0 \quad (2)$$

Таким чином, метод експрес-аналізу якості газохолів полягає в тому, що: для відомих температурних умов за допомогою створеної системи необхідно виміряти струм провідності газохолу в різноманітних точках його об'єму.

На основі отриманих даних провідності можна зробити висновок про наявність у ньому зон концентрації спирту, відповідно – про однорідність газохолу. При виконанні умов однорідності на підставі запропонованої математичної моделі можна визначити концентрацію спирту в газохолі шляхом виміру його провідності. Підвищення чутливості діагностичного параметра можна домогтися додаванням до досліджуваної проби відомого об'єму спирту і, отже, переходом в зони високих концентрацій.

Висновки:

1. Запропонований програмно-апаратний комплекс дозволяє зробити оцінку якості газохолів різноманітних концентрацій.
2. Вибраний діагностичний параметр відповідає загальним вимогам щодо діагностичних параметрів.
3. Запропонована математична модель  $I_{cp}=f(K, t)$  характеризує якість газохолу. Створена методика експрес-аналізу якості газохолів різноманітної концентрації і методика експрес-аналізу сталості газохолів у часі дозволяють визначити якість газохолу і зробити висновок про його подальше використання в якості альтернативного пального для бензинового двигуна.

Література:

1. Грабар І.Г., Захлебний В.П., Ільченко А.В., Опанасюк Є.Г., Черниш І.Г. Етанол-бензинова паливна суміш та екологія автотранспорту // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту, 1998. – № 8. – С. 65-67.
2. Грабар І.Г., Ільченко А.В., Опанасюк Є.Г. Шляхи підвищення екологічної безпеки автомобільних бензинових двигунів // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту, 1998. – № 7. – С. 27-31.
3. Говорущенко Н.Я., Туренко А.Н. Системотехника транспорту (на прикладі автомобільного транспорту). – Харків: РІО ХГАДТУ, 1999. – 468 с.
4. Возний Ю.В., Грабар І.Г., Ільченко А.В., Опанасюк Є.Г., Степаніцький Д.М. Тенденції зміни парку автомобілів Житомирщини як основного джерела викидів токсичних компонентів // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту, 1999. – № 9. – С. 328-332.
5. Грабар І.Г., Ільченко А.В., Опанасюк Є.Г., Черниш І.Г. Використання етанол-бензинової паливної суміші з метою поліпшення екологічних показників автотранспорту // Матеріали ІV міжнародної конференції “Сучасні технології в аерокосмічному комплексі”, 7-9 вересня 1999 року, РВВ ЖІТІ
6. ГОСТ 17.2.2.03-87 «Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерений содержания окиси углерода и углеводородов в отработанных газах автомобилей с бензиновыми двигателями. Требования безопасности». – М.: Издательство стандартов, 1987. – 8 с.
7. Бензини з добавкою етилового спирту автомобільні. Технічні умови У 21555469.002-95. – Житомир: НТК Крона, 1995. – 7 с.
8. Технологічний регламент на виготовлення бензинів з добавкою етилового спирту автомобільних. – Житомир: НТК Крона, 1995. – 11 с.
9. Крейтовая система управления сигналами и ЛМ-модули. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М.: АОЗТ «L-card», 1995. – 76 с.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЦЕНТРОБЕЖНО-УДАРНОЙ МЕЛЬНИЦЕ

Э.П. Левченко

г. Алчевск, Донбасский горно-металлургический институт

Существующие технологии переработки зерна на комбикорм, основанные на измельчении его путём удара, предполагают многократное воздействие разрушающих усилий (молотковые, роторные дробилки). В результате этого происходит не всегда желательное переизмельчение материала.

Разработанная центробежно-ударная мельница разгонно-ударного типа [1, 2] позволяет обеспечить нужную степень измельчения преимущественно однократным ударным воздействием на материал.

В качестве способа получения математических моделей экспериментов применялось трёхфакторное ротатабельное униформ-планирование второго порядка. Одновременно изменялись три фактора на пяти различных уровнях [3].

В качестве критерия оптимизации было принято процентное содержание в готовом продукте фракции размером менее 0,25 мм.

Оценивалось влияние диаметра загрузочного отверстия приёмного приспособления мельницы, угловой частоты вращения ротора и расстояния от ротора до отбойной поверхности.

Перед началом экспериментов факторы кодировались (табл. 1) [3].

Таблица 1

Интервалы варьирования факторов

Параметры	Факторы		
	$x_1(d)$ , мм	$x_2(\omega)$ , $c^{-1}$	$x_3(l)$ , мм
Основной уровень, $x_i=0$	50	440	15
Интервал варьирования, $I$	11,89	142	2,97
Верхний уровень, $x_i=0$	61,89	582	17,97
Нижний уровень, $x_i=+1$	38,11	298	12,03
Верхняя звездная точка, $x_i=+1,682$	70	680	20
Нижняя звездная точка, $x_i=-1,682$	30	200	10



Вычислялись дисперсии воспроизводимости для каждой функции отклика, проверка гипотез осуществлялась при помощи критерия Кохрена путём сравнения рассчитанных значений и табличных, рассчитывались коэффициенты регрессий, а их значимость определялась по критерию Стьюдента путём сравнения с табличным значением. Адекватность математических моделей определялась по критерию Фишера [3].

После математической обработки опытов были получены следующие математические модели:  $y_1$  – пшеница,  $y_2$  – овёс.

$$y_1 = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2$$

$$y_2 = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3$$

Для оптимизаций функций отклика применялся метод квантования независимых переменных [3], были получены канонические уравнения, а их решения представлены в следующем виде.

$$X_1 = \sqrt{\frac{Y}{0,02} - 5,41 - 0,8X_2^2} \text{ – пшеница,}$$

$$X_2 = \sqrt{\frac{Y}{0,023} - 2,37261 + 0,61X_3^2} \text{ – овёс}$$

По уравнениям регрессий строились графики влияния исследованных факторов на процентное содержание пылевидных фракций в готовом продукте, на основе решения канонических уравнений - двумерные сечения линий равного выхода.

#### Литература

1. Левченко Е., Галич В., Галич І. Відцентрово-ударний млин // Зерно і хліб, 1997. – № 1. – С. 38.
2. Онопченко А.Н., Зинченко А. М., Левченко Э.П. и Сухомлин Р.М. Центробежная дробилка. Патент Российской Федерации № 2029618. Б.И. № 6, 1995.
3. Мельников С.В., Алёшкин В.Р., Рошин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

## ПЕРВИЧНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОВОЗДУШНЫХ СРЕД

В.В. Тютюник, С.В. Говаленков, Г.В. Тарасова, С.А. Тюрин  
г. Харьков, Харьковский институт пожарной безопасности  
МВД Украины

Мониторинг динамики процессов антропогенных нагрузок на биосферу, используя последние достижения компьютерного моделирования, предлагает развитие и внедрение высокоточных, высокоинформативных методов и средств тестового или непрерывного контроля параметров объектов биосферы в реальном масштабе времени. Эта задача может быть успешно решена методами молекулярно-поляризационной оптики (оптический, электрооптический эффекты Керра). Данный вывод основан на анализе практического использования этих методов в научных исследованиях, что обусловлено значительным диапазоном (до 11 порядков) измеряемых параметров среды. К недостаткам же существующих и используемых на практике методов и приборов физико-химического анализа следует отнести: во-первых, узкую направленность в решении задач обнаружения скрытых образов, необходимость, как правило, проведение пробоподготовки, что обуславливает длительный процесс анализа, даже в условиях компьютерной обработки данных первичных преобразователей; во-вторых, их функциональная ограниченность обусловлена гораздо более низким диапазоном ( $10^5 \div 10^7$  порядков) измеряемых параметров вещества; в-третьих, лабораторные аналоги этих приборов характеризуются высокой энергонасыщенностью, высокотехнологическим уровнем их изготовления и сборки, что требует обслуживания высококвалифицированным персоналом. Приборы для анализа веществ в производственных и полевых условиях характеризуются гораздо более низким порогом идентификационного анализа и номенклатурой измеряемых параметров. Предлагаемый же метод поляризационной электрооптики лишен большинства из указанных недостатков.

Вместе с тем данные отечественных и зарубежных источников свидетельствуют о возможности использования методов мо-

лекулярно-поляризационной оптики в решении предлагаемых задач.

На рисунке 1 представлена структурная схема макета установки, использующая явление Керра, для измерения характеристик газоздушных сред в низкочастотном переменном поляризуемом электрическом поле.

Излучение He-Ne лазера (1) последовательно проходит поляризатор (2) с вертикальной плоскостью пропускания и ячейки Керра (3', 3'') – конденсаторы, на электроды которых подаются регулируемые низкочастотные ( $f=15625$  Гц) синусоидальные напряжения  $U$  в интервале (0...2) кВ, регистрируемые киловольтметрами В7-36 (4) по двум измерительным каналам. Направление электрического поля, в ячейках Керра взаимно ортогонально и составляет угол  $45^0$  с плоскостью пропускания (2), что обеспечивает оптимизацию условий наблюдения эффекта электрического двойного лучепреломления (ЭДЛП).

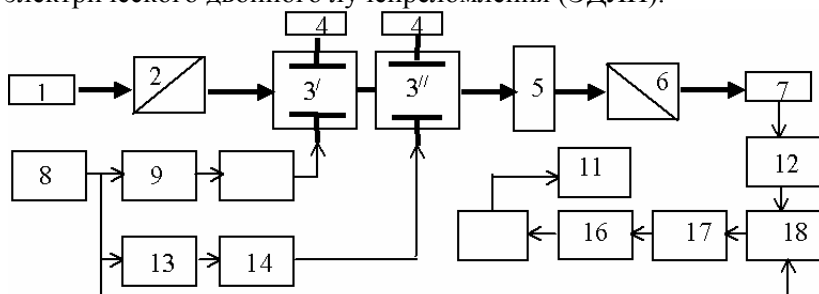


Рис. 1. Структурная схема установки Керра

С выхода ячеек Керра, эллиптически поляризованный луч света, попадает на четверть волновую пластинку (5) – призма Франка-Риттера  $10 \times 10$  мм<sup>2</sup>. Последняя, путем вращения в плоскости вертикальной оси, позволяет реализовать режим линейной фоторегистрации. Использование данного элемента обеспечивает достижение соотношения с/ш фотоприемника (7) на уровне 1/5. Кроме того, элемент (5) выполняет роль компенсатора паразитного двойного лучепреломления механической природы в оптическом блоке установки. В последующем анализируемый луч света проходит анализатор (6) скрещенный с поляризатором (2) и регистрируется фотоприемником ФЭУ-28 (7).

Устройство формирования модулирующего напряжения подаваемого на ячейку Керра выполнено на базе блока строчной развертки телевизионного приемника и состоит из задающего генератора (8) с кварцевой стабилизацией частоты генерации, ламповых усилителей мощности (9, 13) собранных на лампах ПЗ6С с коэффициентом усиления  $K \sim 10$ , а также согласующих трансформаторов ТВС–110ЛА (10, 14) блока строчной развертки.

Принцип обработки электрического сигнала с ФЭУ основан на дискриминаторном методе измерения и состоит из предварительного усилителя (12) выполненного на транзисторе КТ 3102, синхронного детектора (18) – на транзисторе КТ 3107, интегратора (17) с временем накопления  $\sim 20$  сек. и усилителя постоянного тока (16) с  $K \sim 5$ . Сигнал с (16) через АЦП (15) поступает для анализа на ЭВМ (11), где происходят операции суммирования с показателями характеристик других параметров, их оценивание, и в качестве выходных данных выдается результат прогноза состояния газовой среды.

Измерительные ячейки Керра представляют собой стеклянные цилиндры герметично закрытые с торцов прозрачными окнами, обеспечивающих сведение к минимуму эффект светорассеивания и виньетирования, и предусмотренной системой впуска и выпуска анализируемых газов. Согласно теоретическим исследованиям, величина эффекта электрического двойного лучепреломления пропорциональный длине электродов  $L$  ячейки, напряжению на электродах  $U^2$  и обратно пропорциональный зазору между ними  $d$ . Внутри каждой ячейки расположены два плоскопараллельных электрода с фиксированным расстоянием между ними. Межэлектродное расстояние по всей длине зондирующего луча света, равно как и качество встречных поверхностей электродов критичны для величины получаемых опытных результатов.

Проведенные нами расчеты, с учетом физико-химических свойств анализируемой газовой среды и краевых неоднородностей электрического поля  $F$  между обкладками конденсатора, определили габариты ячеек:  $L \sim 1$  м и  $d = 4$  мм.

Для уменьшения сечение зондирующего монохроматического пучка света лазера и обеспечения его прохождения в однород-

ном электрическом поле  $F$ , что достигается равенством расстояний между электродами ячеек и пучком света, нами была рассчитана, сконструирована и использована афокальная система линз, позволившая уменьшить диаметр сечения луча до 1 мм в ближней зоне расходимости ОКГ без ее увеличения. Это позволило расположить измерительные ячейки по схеме де Кудра (рис. 1) и обеспечить постоянную погрешность измерительной и эталонной кювет друг относительно друга.

С целью установления метрологических характеристик измерительной части установки нами были проведены следующие измерения. В качестве компенсационной ячейки использована стандартная промышленная ячейка Керра заполненная  $C_6H_{14}$ . Измерительная ячейка Керра – анализатор, встроенный в лимб (цена деления  $1'$ ). Рассчитанная по величине угла поворота  $\alpha$  лимба из условия компенсации величины ЭДЛП в стандартной ячейке Керра (угол поворота плоскости пропускания), достигаемое при соответствующем направлении плоскости пропускания анализатора в вращающем лимбе, позволила оценить величину измеряемой константы Керра  $C_6H_{14}$  равную  $B=(0,49\pm 0,01)\cdot 10^{-8}$  ед. СГСЭ (предел относительной погрешности измерения  $\leq 0,52\%$ ), что хорошо согласуется с известными литературными данными подобных измерений. При этом минимальная различимая величина  $\alpha$ , рассчитанная по данным статистической обработки измеряемых величин  $B$   $C_6H_{14}$  составила  $\sim 10^{-3}$  рад. Приведенные результаты свидетельствуют о принципиальной возможности использования данного метода для анализа газоз воздушных сред и на уровне следовых концентраций.

## ЦИФРОВИЙ АДАПТИВНИЙ РЕГУЛЯТОР СТРУМУ ТИРИСТОРНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

М.С. Жуков<sup>1</sup>, Л.Л. Жукова<sup>2</sup>, Д.Є. Бобилев<sup>1</sup>, В.А. Денисюк<sup>1</sup>

<sup>1</sup> м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

<sup>2</sup> м. Кривий Ріг, Криворізький економічний інститут

Дослідження контуру струму з цифровим регулятором, що використовує середнє за інтервал провідності значення струму, докладно викладені в [1, 6]. Результати цих досліджень справедливі для режимів роботи електропривода в зоні неперервного струму. Регулювання струму, коли він перервний, для перетворювачів середньої й великої потужності найчастіше зводиться до забезпечення швидкого проходження через цю зону при задовільному узгодженні регулюючих характеристик електропривода в цьому режимі. Відомі праці, в яких розглядаються ці питання [2–5 та ін.]. Наприклад, в [6] регулювання зводиться до релейного управління, що не завжди є задовільним. У своїй основі відомі рішення громіздкі й незручні для практичного використання або передбачають компромісне рішення, найчастіше залежне від наявних технічних засобів. Більшість сучасних систем автоматичного регулювання електроприводів постійного струму реалізовані з використанням аналогових та цифрових інтегральних схем. Є приклади використання в системах управління та регулювання мікропроцесорних пристроїв [1, 6]. Розроблені й реалізовані алгоритми цифрового регулювання всіх координат електропривода. Але вузьким місцем у таких системах є спосіб регулювання струму. Точніше, регулювання його на заданому рівні, коли порушується його безперервність. У зв'язку з цим, регулювання струму у всьому діапазоні його зміни з використанням цифрових регуляторів є актуальною задачею.

Розглядається синтез регулятора, що легко й швидко перебудовується при зміні режиму провідності випрямленого струму. Для цього використовується залежність середнього значення струму та електричної рухомої сили (ЕРС) двигуна у функції тривалості протікання струму та кута регулювання на проміжку

провідності [5]. Приймаючи таке ж припущення, що і в [5] (нехтування впливом падіння напруги на активному опорі в ланцюгу якоря), вказані залежності у відносних одиницях можна представити

$$i[n] = \frac{m^2}{4\pi\theta_e} \left[ \cos\beta - \cos(\beta + \lambda) - \lambda\sin\beta - \frac{e\lambda^2}{2} \right] \quad (1)$$

$$e[n] = \frac{1}{\lambda} [\sin[\alpha + \beta] - \sin\beta] \quad (2)$$

де

- $i[n], e[n]$  — середні значення струму та електорохівної сили (ЕРС) електродвигуна;
- $m$  — фазність перетворювача;
- $\theta_e$  — електромагнітна постійна часу електродвигуна;
- $\beta = \alpha - \pi/2$  , рад; (2')
- $\alpha, \lambda$  — кутові значення тривалості протікання струму та кута управління перетворювачем, рад.

В якості базових величин прийняті:

$$U_{\sigma} = \sqrt{2U_n}, I_{\sigma} = U_{\sigma}/R_n, T_{\sigma} = 1/mf$$

де

- $U_n$  — лінійна напруга джерела живлення тиристорного перетворювача;
- $R_n$  — опір всіх складових в ланцюгу якоря;
- $f$  — частота джерела електричної енергії.

Виконавши елементарні перетворення отримаємо

$$e[n] = \frac{2}{\lambda} \cos \frac{\lambda + 2\beta}{2} \sin \frac{\lambda}{2} \quad (3)$$

Для  $\lambda \leq 2\pi/m$  можна прийняти  $\sin\lambda/2 \approx \lambda/2$ .

Тоді з (3) отримаємо

$$\beta = \text{ArcCose} - \lambda/2 \quad (4)$$

Прийняте припущення вносить незначну похибку. Максимальна помилка в обчисленні  $\beta$  не буде більше 5% при  $\lambda = 2\pi/m$ . Підставимо отриманий вираз в (1) і отримаємо функціональну залежність між середніми значеннями струму, РЕС та кутовою тривалості інтервалу протікання струму. Розв'язок отриманого

виразу відносно  $\lambda$  приводить до складного й непридатного для практичного використання вигляду. Більш доцільно буде знайти просту емпіричну залежність, яка забезпечить потрібну точність. Для цього чисельними методами знаходимо рішення (1), підставивши в нього (3), змінюючи  $\lambda$  і  $e$  в області допустимих значень. Потім знаходимо апроксимуючу залежність, максимально наближену до точної. В результаті отримаємо

$$\lambda = 0,26[7,72\theta_e \sqrt{i_s} (1 - 0,18e[n]) - e[n] + 0,73] \quad (5)$$

Враховуючи повільну зміну ЕРС двигуна в режимі, коли струм перервний, приймаємо в (5) значення її таким же, як і на попередньому інтервалі провідності, тобто  $e[n]=e[n-1]$ .

Таким чином, знаючи завдання току  $i_s[n]$  і значення ЕРС двигуна на попередньому інтервалі управління, обчислюємо  $\lambda$ , застосовуючи (5), а потім – кут управління, використавши (4) і (2').

Для обчислення  $\text{ArcCose}[n]$  і  $\sqrt{i_s}$  доцільно передбачити відповідні команди в спеціалізованому мікропроцесорному регулюючому пристрої. Досить точні результати досягаються також і при використанні таблиць відповідностей або кусково-лінійної апроксимації шуканої функції. Аналіз показав, що для електроприводів середньої й великої потужності такий метод забезпечує задовільну точність, і має більшу швидкодію в порівнянні з ітераційним методом обчислення, що суттєво для багатофазових перетворювачів.

Для отримання максимальної швидкодії контуру струму при переході електропривода з режиму переривчатих струмів у неперервний, спочатку досягають його гранично-неперервного значення. Потім обчислюють значення інтегральної складової регулятора для області, коли струм неперервний (за алгоритмом [1])

$$\sum_{j=0}^{n-1} \Delta i[j] = \alpha[n] / k_2,$$

де  $k_2$  – коефіцієнт підсилення інтегральної складової регулятора [1]. Після цього регулювання здійснюється як і в [1].

Дослідження запропонованого регулятора виконані на математичній моделі. Адекватність моделі реальному тиристорному електроприводу постійного струму потужністю 55 кВт підтверджена співставленням численних експериментальних да-



них з даними моделі при різних режимах роботи.

З отриманих результатів (рис. 1) видно, що регулятор забезпечує високі динамічні властивості контуру регулювання.

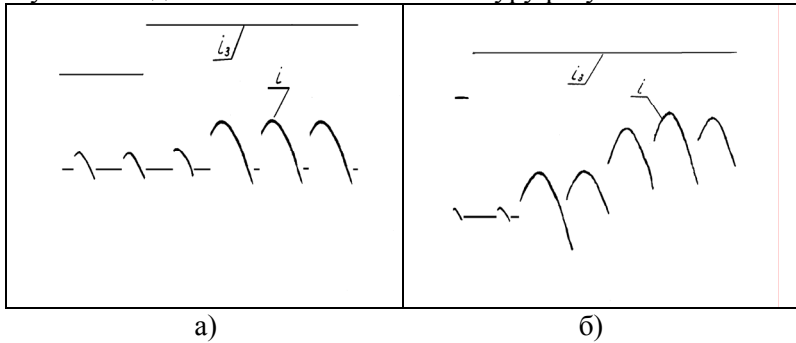


Рис. 1. Реакція контуру струму на стрибок завдання:

- а) із одного значення перервного в інше;
- б) із перервного значення в неперервне.

На рис. 1б) видно, що для переходу з перервного режиму в неперервний спочатку регулятором для області перервного струму встановлюється значення струму на межі неперервності (один інтервал), а потім після цього вступає в роботу пропорційно-інтегральний регулятор, який “доводить” задане значення за три інтервали.

#### Література

1. Файнштейн Э.Г., Файнштейн В.Г., Жуков Н.С. Прямое цифровое подчиненное регулирование вентильного электропривода постоянного тока. – Электричество, 1982, №12, 48-53.
2. Jeffrey S. Mapes, Bimal K. Bose. Linearization of the transfer characteristic of a phase-controlled converter under discontinuous conduction. Annu. Meet. IEEE, Ind. Appl. Soc. 1976, 11<sup>th</sup> Annu. Meet., Chicago, 1111, 1976, 1129-1137.
3. Поздеев А.Д., Донской Н.В., Иванов А.Г. и др. Специальные вопросы динамики вентильного электропривода постоянного тока. Автоматизированный электропривод. – М., 1980, 64-72.
4. Соседка В.Л., Логачев Е.Н., Нецветаев В.А. Особенности регулирования тока якоря вентильного электропривода с учетом режима прерывистых токов преобразователя. Днепропетр.горн.ин-т. Днепропетровск, 1980, 9 с. (Деп. в Информэ-

- лектро, № 155/80).
5. Шипилло В.П. Автоматизированный вентильный электропривод. – М., Энергия, 1969, с. 93-100.
  6. Файнштейн В.Г., Файнштейн Э.Г. Микропроцессорные системы управления электроприводами. /Под ред. Слежановского. – М.: Энергоатомиздат, 1986, с. 101-104.

## ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ СИМПЛЕКС–ПОИСК В ЗАДАЧАХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

А.П. Полищук, С.А. Семериков

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

*Идентификация модели динамического объекта* – неотъемлемая часть решения общей задачи управления процессом, реализуемым в объекте под действием внешних управляющих или возмущающих воздействий.

Рассматривается следующая *типовая задача оценивания параметров математической модели динамических объектов*:

- структура модели определена по априорным сведениям об объекте (чаще всего на основе результатов анализа балансов – сил или моментов в механических системах, токов и напряжений в электрических цепях, денежных потоков в финансовых системах и пр.) в виде линейных или нелинейных дифференциальных уравнений с известным порядком и неизвестными коэффициентами;
- заданы дискретные числовые последовательности, представляющие собой результаты измерения входного и выходного сигналов объекта в равноотстоящие моменты времени;
- результаты измерения значений процесса на выходе могут быть искажены погрешностями различного происхождения;
- требуется определить такие численные оценки параметров модели, при которых модель при том же входном воздействии, которое было приложено к реальному объекту, генерирует процесс, максимально совпадающий с выходом реального объекта.

Первая трудность, которую необходимо преодолеть еще на постановочной стадии, состоит в определении понятия наилучшего совпадения процессов на выходах модели и реального объекта.

Для процессов, у которых оператор преобразования входной функции времени в выходную представлен линейными дифференциальными уравнениями и результаты измерения выхода слабо искажены, эта трудность отпадает – выходная функция

представляет собой линейную комбинацию экспонент с комплексными показателями и задача может быть сведена к процедуре *экспоненциальной аппроксимации* и определению показателей степеней экспонент и соответствующих им коэффициентов. Идея метода кратко изложена в [1] и состоит для равноотстоящих данных в следующем. Выходная функция объекта представляется в виде

$$f(t) = \sum_{i=0}^k A_i e^{p_i t}$$

для множества равноотстоящих значений  $t=1, 2, 3, \dots, n$ . Здесь  $k$  – заданный порядок дифуравнения. Если все члены  $e^{p_i t}$  ( $i=1, 2, \dots, k-1$ ) удовлетворяют некоторому разностному уравнению  $k$ -го порядка с постоянными коэффициентами, то его характеристические корни равны  $\rho = e^{p_i}$  и  $f(t)$  также удовлетворяет такому уравнению вида

$$f(j) + \sum_{i=1}^k c_i f(j+i) = 0 \quad (j=0, 1, 2, \dots)$$

Если уравнений столько же, сколько неизвестных  $c_m$  и определитель  $|f(j+n)|$  не равен нулю, то уравнения решаются для  $c_j$  и из корней характеристического уравнения

$$\rho^k + c_1 \rho^{k-1} + \dots + c_k = 0$$

находят  $p_i$ . При наличии более  $2k$  узлов используют метод наименьших квадратов, получая нормальные уравнения и находя по очереди  $p_i$  и  $A_i$ . Собственно задача идентификации практически решена после нахождения  $p_i$ , определяющих как коэффициенты характеристического полинома, так и коэффициенты дифуравнения.

Нами разработан комплекс С++ – программ, включающий определение параметризованных классов векторов, матриц, полиномов и параметризованных функций работы с объектами этих классов (включая вычисление комплексных корней полиномов), а также программы для решения линейных дифуравнений операторным методом, основанным на интегральном преобразовании Лапласа, и программы для реализации метода экспоненциальной аппроксимации для определения параметров обыкновенных линейных дифуравнений [2, 3]. Программный комплекс включает также функции графического представления

функций, позволяющий сравнивать объектный и модельные процессы на разных фазах идентификации различными методами. Исследования показали удовлетворительную работоспособность метода при уровнях равномерно распределенных шумов до 1-го процента от модуля вектора незашумленного выхода объекта, вычисленного по всем измерениям (в опытах использовалось 100 измерений). При дальнейшем увеличении уровня шумов погрешности аппроксимации быстро растут и результаты идентификации становятся неприемлемыми для практического использования.

Широко используется на практике для линейных систем также *метод моментов*  $i$ -го порядка (площадей) [4] функции  $f(t)$  – реакции объекта на некоторое стандартное возмущение (например, импульс или ступенька):

$$M_i = \frac{(-1)^i}{i!} \int_0^{\infty} t^i f(t) dt$$

При использовании метода стремятся получить модель объекта в виде передаточной функции в дробно-рациональной форме вида

$$W(p) = \frac{\sum_{i=1}^m b_i p^i + 1}{\sum_{i=1}^n a_i p^i + 1},$$

для чего в Лапласовом преобразовании функции  $f(t)$  множитель  $e^{-pt}$  разлагают в ряд Тейлора и получают выражение изображения функции через моменты вида

$$L(f(t)) = \sum_{i=0}^{\infty} M_i p^i.$$

Далее представляют изображение реакции модели через передаточную функцию и приравнивают коэффициенты при одинаковых степенях переменной  $p$  для получения уравнений, связывающих неизвестные коэффициенты  $a_i, b_i$  с моментами  $M_i$ .

Исследования показали более высокую устойчивость метода моментов к уровню зашумленности экспериментальных данных – для объектов 2-го порядка удовлетворительные результаты получены при уровнях погрешностей измерения до 4% за счет

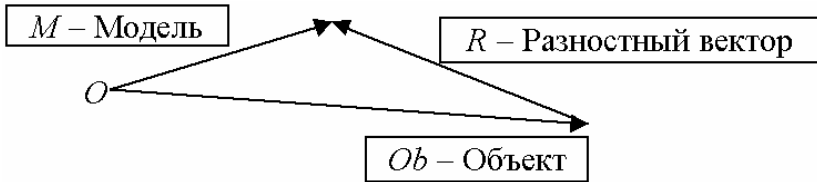
сглаживающего влияния процедуры интегрирования. Но при этом возникает ряд трудно формализуемых процедур, связанных с выбором оптимальных шага дискретизации измерений и замены бесконечного верхнего предела интегрирования конечным. Оба параметра сильно влияют на получаемый результат, равно как и используемый метод численного интегрирования. Кроме того, при порядке дифуравнения выше 2-го точность вычисления моментов (а их необходимо  $m+n$ ) быстро падает – влияние помех при больших  $t$  увеличивается с ростом номера момента, а работа в малых временных интервалах обрезает количество экспериментальной информации для идентификации.

В связи с изложенными недостатками методы, использующие в процедурах оценивания явные математические выражения, в последние годы все чаще заменяются поисковыми методами оценивания с настраиваемой моделью, и здесь уже без четкого определения косвенного критерия качества идентификации не обойтись – приходится решать задачу поиска экстремума некоторого функционала от выходных функций объекта и модели и результаты зависят от принятого критерия. Основное требование к критерию оценки близости выходных функций объекта и модели сводится к тому, что он должен быть унимодальной функцией оцениваемых параметров модели, то есть описываемая им гиперповерхность в пространстве коэффициентов искомого дифуравнения должна иметь единственный минимум или максимум. Это требование связано с тем, что методы поиска глобальных экстремумов функций многих переменных пока слабо разработаны. При соблюдении этого требования алгоритм идентификации сводится к организации движения по гиперповерхности в сторону минимума – чаще всего используется метод градиента или случайного поиска. Оба метода обладают существенными недостатками – слишком большое количество пробных шагов при случайном поиске и трудность получения приемлемой точности вычисления частных производных в методе градиента.

В качестве критерия оценки близости выходных процессов объекта и модели обычно используют квадратичный критерий вида

$$Q = \sqrt{\sum_{i=0}^n (f_{ob}(i) - f_{mod}(i))^2} \rightarrow \text{extremum}$$

Он приводит к известному Гауссовому методу наименьших квадратов. При геометрической интерпретации этого критерия можно рассмотреть два вектора размерности  $n$  (количество измерений), составляющими которых являются значения выходных функций объекта и модели в соответствующие моменты времени:



Из рисунка видно, что по квадратичному критерию минимизируется квадрат модуля разностного вектора  $R$  – третья сторона треугольника, построенного на модулях векторов объекта и модели.

$$M_{ob}^2 + M_{mod}^2 - 2M_{ob}M_{mod} = M_R^2$$

Этот минимум равен нулю и достигается при равенстве модулей исходных векторов и совпадении их направлений.

В поисковых процедурах требование совпадения модулей векторов является уже избыточным – достаточно добиться совпадения направлений векторов модели и объекта, а необходимое масштабирование всех найденных параметров модели легко выполняется делением на один из них. При этом в качестве критерия близости функций выхода для модели и объекта можно использовать либо достижение минимума угла между векторами (он равен нулю в идеальном случае), либо максимум косинуса этого угла (не более 1). Для вычисления последнего достаточно отнормировать объектный и модельный векторы каждый по своему модулю и вычислить их скалярное произведение как сумму произведений составляющих. Этот критерий близости и используется в настоящей работе.

#### О методе поиска.

В 1962 году Спиндлеем, Херстом и Химсуорсом был предложен *метод последовательного симплексного поиска* (метод ПСМ) в многомерном пространстве [5]. Оригинальность метода состоит в том, что движение к оптимуму в многомерном пространстве независимых переменных осуществляется последова-

тельным отражением вершин симплекса. В  $k$ -мерном евклидовом пространстве *симплексом* называют фигуру, образованную  $k+1$  точками (вершинами), не принадлежащими одновременно ни одному пространству меньшей размерности. В одномерном пространстве симплекс есть отрезок прямой, в двумерном – треугольник, в трехмерном – тетраэдр и т. д. Симплекс называется регулярным, если расстояния между его вершинами равны. В ПСМ используются регулярные симплексы.

Из любого симплекса, отбросив одну его вершину, можно получить новый симплекс, если к оставшимся вершинам добавить всего одну точку. Это замечательное свойство и было использовано авторами метода при построении алгоритма движения симплекса в сторону искомой цели.

Для оценки направления движения во всех вершинах симплекса необходимо определить значения целевой функции  $Q_j$ . При поиске максимума наиболее целесообразным будет движение от вершины  $v_s$  с наименьшим значением  $Q_s$  к противоположной грани симплекса. Шаг поиска выполняется переходом из некоторого симплекса  $S_{n-1}$  в новый симплекс  $S_n$  путем исключения вершины  $v_s$  и построения ее зеркального отображения  $v_{ns}$  относительно грани, общей обоим симплексам. Многократное отражение худших вершин приводит к шаговому движению центра симплекса к цели по траектории некоторой ломаной линии. Если не учитывать эксперименты в вершинах исходного симплекса, то на каждый шаг поиска требуется всего одно определение целевой функции.

Исходные данные для построения алгоритма:

- количество независимых переменных  $k$ ;
- предельные значения каждой  $i$ -й независимой переменной  $x_{i\min}$ ,  $x_{i\max}$ . Для реальных объектов исследования эти предельные значения определяются априорными сведениями, условиями безопасности при проведении экспериментов и т.д.;
- допустимая ошибка в определении координат оптимума  $\varepsilon$ ;
- предполагается также возможность определения значения целевой функции  $Q(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{kj})$  для каждой  $j$ -й вершины симплекса.



Подготовительные операции:

1. Прежде всего необходимо определить стартовую точку для начала поисковых процедур; при отсутствии дополнительных априорных данных естественно расположить ее в центре области, ограниченной предельными значениями независимых переменных:

$$x_{1c}=(x_{1\max}-x_{1\min})/2, x_{2c}=(x_{2\max}-x_{2\min})/2, \dots, x_{kc}=(x_{k\max}-x_{k\min})/2.$$

Перенос в эту точку начала координат облегчит последующие вычислительные процедуры (достигается вычитанием).

2. Определяются координаты вершин начального симплекса. Из множества возможных ориентаций начального симплекса на практике используют два варианта:

а) Когда центр симплекса располагается в начале координатной системы, а одна из вершин –  $(n+1)$ -я – на оси  $x_n$ . Остальные вершины при этом расположатся симметрично относительно координатных осей.

Координаты вершин вычисляются в этом варианте с помощью матрицы:

Номер вершины	Координаты вершин					
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	...	$x_{n-1}$	$x_n$
1	$-r_1$	$-r_2$	$-r_3$	...	$-r_{n-1}$	$-r_n$
2	$R_1$	$-r_2$	$-r_3$	...	$-r_{n-1}$	$-r_n$
3	0	$R_2$	$-r_3$	...	$-r_{n-1}$	$-r_n$
...	...	...	...	...	...	...
$n$	0	0	0	...	$R_{n-1}$	$-r_n$
$n+1$	0	0	0	...	0	$R_n$

где при единичной длине ребра симплекса  $r_i = \frac{1}{\sqrt{2i(i+1)}}$ ,

$$R_i = \frac{1}{\sqrt{2(i+1)}}, i=1, 2, \dots, n.$$

б) Во втором варианте одна из вершин симплекса размещается в начале координат, а исходящие из нее ребра образуют одинаковые углы с соответствующими осями. Вспомогательная расчетная матрица для координат вершин начального симплекса имеет вид:

Номер вершины	Координаты вершин					
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	...	$x_{n-1}$	$x_n$
1	0	0	0	...	0	0
2	$p$	$q$	$q$	...	$q$	$q$
3	$q$	$p$	$q$	...	$q$	$q$
4	$q$	$q$	$p$	...	$q$	$q$
...	...	...	...	...	...	...
$n+1$	$q$	$q$	$q$	...	$q$	$p$

где при единичной длине ребра  $p=n-1+\frac{\sqrt{n+1}}{n\sqrt{2}}$ ,  $q=\frac{\sqrt{n+1}-1}{n\sqrt{2}}$ .

3. Получаем значения функции отклика в вершинах исходного симплекса и на этом завершаем подготовительные операции.

Алгоритм поиска.

В цикле с выходом по условию выполняем:

1. Отбрасываем вершину с наихудшим значением критерия оптимальности (наименьшим при поиске максимума или наибольшим при поиске минимума).

2. Вычисляем координаты вершины, зеркально отображаемой отброшенной относительно противоположной ей грани симплекса:

$$x_i = x_i(2(x_{1i} + x_{2i} + \dots + x_{j-1, i} + x_{j+1, i} + \dots + x_{n+1, i})/n - x_{ji}),$$

где  $j$  – номер отбрасываемой вершины,  $i$  – номер координаты.

3. Проводим эксперимент в новой точке для получения значения целевой функции.

Условием выхода из цикла может быть малое приращение целевой функции на протяжении заданного числа опытов или при сохранении одной из вершин своего присутствия в симплексе заданное число раз и т.п.

При приближении к области оптимума точность может быть повышена уменьшением размера симплекса, но при наличии погрешностей в определении значений целевой функции необходимо ограничить размер симплекса снизу, чтобы избежать блужданий под действием случайных шумов измерений.

Преимущества метода:

– число необходимых опытов для определения направления движения мало по сравнению с другими методами;

- легко учитываются ограничения на область изменения варьируемых при поиске факторов;
- эффективность метода растет с увеличением мерности пространства поиска и увеличение порядка моделируемого объекта не влечет за собой отрицательных последствий;
- малый объем вычислений на каждом шаге;
- отсутствие высоких требований к точности оценки значения целевой функции – достаточно возможности надежно проанжировать значения качественно по принципу «больше–меньше»;
- метод пригоден для преследования дрейфующей цели (максимума или минимума), что делает его применимым в адаптивных алгоритмах для объектов со сравнительно медленно меняющимися характеристиками;
- возможность изменять мерность пространства на ходу изменением количества вершин симплекса.

Недостатки метода:

- отсутствие данных о влиянии каждого фактора на целевую функцию;
- трудность интерпретации характера поверхности отклика по данным реализуемых в методе опытов.

Результаты испытаний метода.

Для испытаний метода была составлена программа реализации ПСМ, объединенная с ранее упомянутым программным комплексом для анализа динамических процессов. По сравнению с методами экспоненциальной аппроксимации и методом моментов использованный метод настройки модели оказался значительно более помехоустойчивым – уровень помех до 10% практически мало влияет на направление объектного вектора и для получения удовлетворительных результатов достаточно от 20 до 30 шагов поиска при удачно выбранном масштабе для ребра исходного симплекса. Выбор этого масштаба – отдельная задача, решение которой облегчается, если известны хотя бы приближенно диапазоны предстоящего поиска для каждого параметра модели. В противном случае на этапе построения исходного симплекса приходится искать компромисс между желаемой высокой скоростью поиска, достижимой точностью и хорошей чувствительностью критерия оценки к изменениям координат вер-

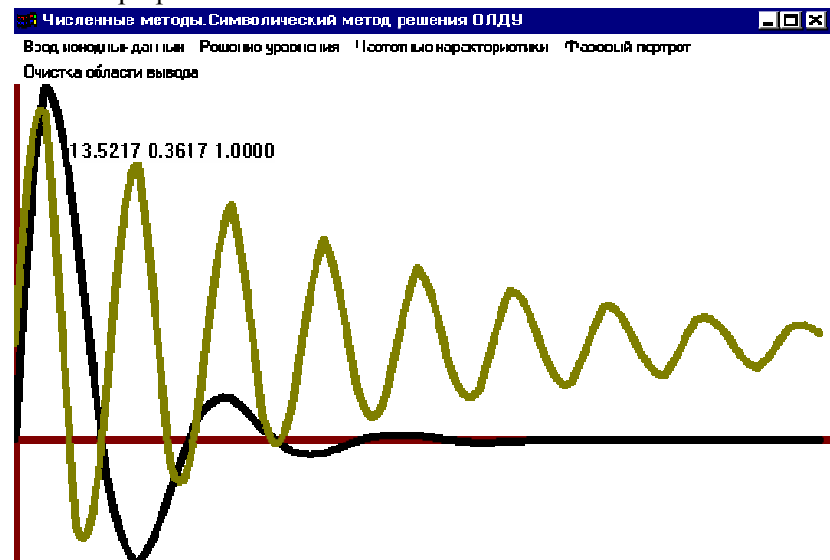
шин симплекса. Ниже приведены результаты испытаний метода при идентификации параметров динамического звена второго порядка

$$40 \frac{d^2 f(t)}{dt^2} + 4 \frac{df(t)}{dt} + 1,$$

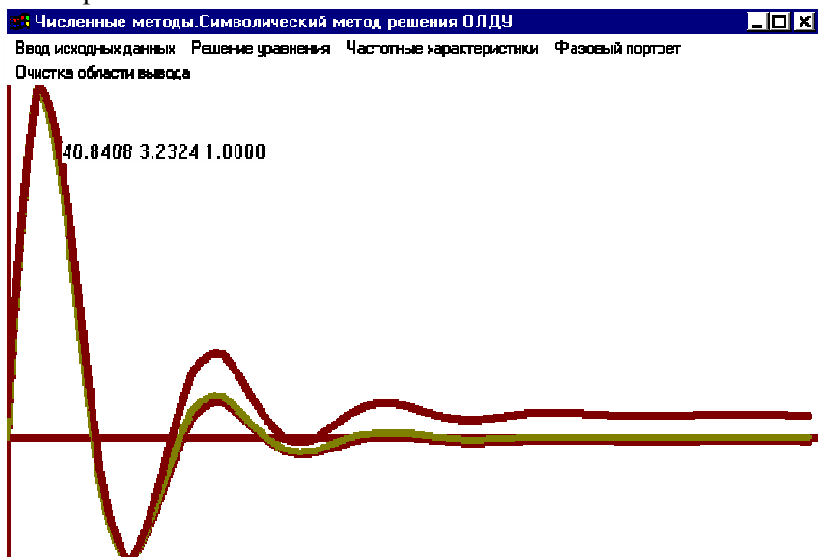
возмущенного импульсным воздействием на входе с наложением равномерно распределенного шума различного уровня, отчитанного в приведенных данных в % от модуля вектора незашумленного выхода объекта. Количество точек измерения – 100. Масштаб ребра исходного симплекса – 0.55.

Количество итераций (шагов поиска)	Уровень шума, %	Коэффициенты модели (расчетные)		
		$A_2$	$A_1$	$A_0$
10	5	41.01	4.36	1.0
25	12	39.83	3.11	1.0
100	13	39.95	4.2	1.0
300	15	40.00	4.076	1.0
600	16	39.95	4.23	1.0

На размещенных ниже рисунках приведены иллюстрации объектного и модельного процессов на разных фазах процесса поиска при различном количестве шагов поиска.



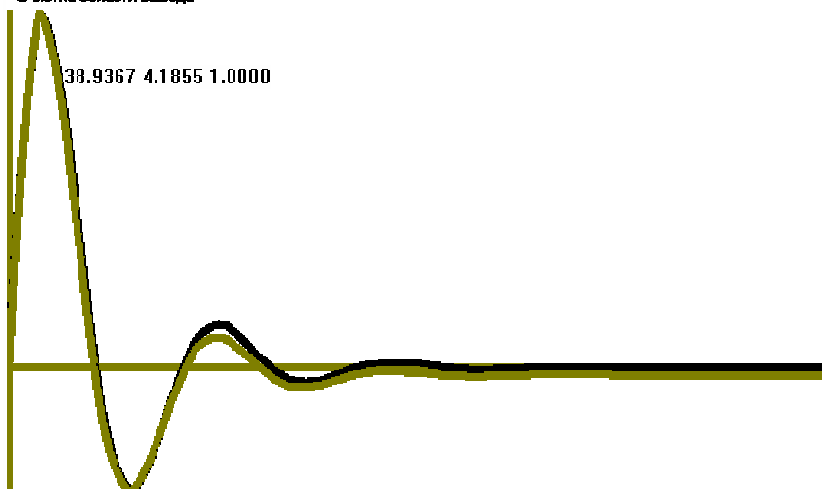
Дальнейшее совершенствование алгоритма в направлении повышения устойчивости к измерительным шумам и скорости сходимости к оптимуму может осуществляться традиционными методами – уменьшением шага дискретности в представлении объектного вектора, усреднения данных на скользящем интервале времени и другими методами повышения отношения сигнал/шум, использованием поиска с переменным (уменьшающимся по мере приближения к оптимуму) размером симплекса с контролем надежной различимости значений критерия в различных вершинах.



#### Литература:

1. Хемминг Р.В. Численные методы. – М.: Наука, 1972. – с. 342.
2. Полищук А.П., Семериков С.А. Методы вычислений в классах языка С++: Учебное пособие. – Кривой Рог: Издательский отдел КГПИ, 1999. – 350 с.
3. Полищук А.П., Семериков С.А. Автоматика: Учебное пособие. – Кривой Рог: Издательский отдел КГПИ, 1999. – 277 с.
4. Балакирев В.С., Дудников Е.Г., Цирлин А.Н. Экспериментальное определение динамических характеристик промышленных объектов управления. – М.: Энергия, 1967.
5. Дамбраускас А.П. Симплексный поиск. – М.: Энергия, 1979.

Ввод исходных данных    Решение уравнения    Частотные характеристики    Фазовый портрет  
Очистка области вывода



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.А. Хараджян

г. Кременчуг, Кременчугский государственный политехнический институт

Высокая гибкость объектно-ориентированных языков программирования позволяет широко использовать их для моделирования различного рода систем. Как показала практика данный подход является наиболее рациональным для моделирования сложных электромеханических систем.

Рассмотрим применение объектного подхода для моделирования привода постоянного тока.

Был разработан класс, который реализует моделирование системы привода с различными типами регуляторов и позволяет вводить различные возмущающие воздействия, как до начала, так и во время моделирования.

Объектный подход позволяет использовать в модели как непрерывные, так и дискретные регуляторы, причем период дискретности регулятора может отличаться от периода дискретности преобразователя. Модель двигателя принята непрерывной, чтобы учесть непрерывный характер объекта управления. Интегрирование дифференциальных уравнений проводится с шагом меньшим, чем период дискретности преобразователя. Этим обеспечивается большая точность моделирования по сравнению с другими методами, а также появляется возможность наблюдать изменение координат на интервалах дискретности.

Класс, реализующий модель ДПТ, содержит все необходимые переменные и методы для реализации системы привода тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока.

В данном классе метод тиристорного преобразователя моделирует работу 3-фазного преобразователя по схеме Ларионова.

Двигатель постоянного тока моделируется системой дифференциальных уравнений первой степени.

$$\left. \begin{aligned}
 u_{я} &= R_{я\Sigma} \cdot i_{я} + L_{я\Sigma} \frac{di_{я}}{dt} + e \\
 u_{в} &= R_{в\Sigma} \cdot i_{в} + L_{в\Sigma} \frac{di_{в}}{dt} \\
 M_{\partial} - M_{с} &= J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt} \\
 k\Phi &= f(i_{в}) \\
 e &= k\Phi \cdot \omega \\
 M_{\partial} &= k\Phi \cdot i_{я}
 \end{aligned} \right\}$$

где  $u_{я}$ ,  $i_{я}$  – напряжение питания и ток якорной цепи;  $R_{я\Sigma}$ ,  $L_{я\Sigma}$  – суммарные сопротивление и индуктивность якорной цепи;  $e$  – противо-ЭДС двигателя;  $u_{в}$ ,  $i_{в}$  – напряжение питания и ток цепи возбуждения;  $R_{в\Sigma}$ ,  $L_{в\Sigma}$  – суммарные сопротивление и индуктивность цепи возбуждения;  $\omega$  – скорость вращения ротора;  $J_{\Sigma}$  – суммарный момент инерции ротора;  $M_{\partial}$  – момент двигателя;  $M_{с}$  – момент статического сопротивления;  $k\Phi$  – коэффициент потока машины.

Текущие данные о системе находятся в векторе состояния, включающего в себя следующие координаты:

- у[0] – ток якорной цепи двигателя;
- у[1] – скорость вращения ротора;
- у[2] – напряжение на якорной обмотке;
- у[3] – момент сопротивления;
- у[4] – сигнал задания скорости;
- у[5] – сигнал задания тока;
- у[6] – сигнал управления ТП;
- у[7] – производная тока якорной цепи;
- у[8] – производная скорости вращения ротора.

Данный вектор может быть расширен другими координатами, например, током и напряжением обмотки возбуждения.

Регуляторы разработаны как аналоговые, так и цифровые, работающие на средних значениях сигналов обратных связей.

Ниже приведено объявление класса DPT\_mod, который содержит все методы для моделирования.



```

class DPT_mod
{
public:
    dvector y; //вектор состояний
    double tbeg,tend,step; //параметры интегрирования
    double Rj,Lj,JJ,kf; //параметры системы привода
    double Inom,wnom; /*номинальные значения тока и
скорости*/
    double Udmax, fceti; /*параметры сети и преобра-
зователя*/
    double ktp,kdt,kdw; /*коэффициенты преобразования
датчиков и ТП*/
    double Tr, /*период дискретности расчета парамет-
ров*/
    Tr; // период дискретности регуляторов
// объявления методов класса
DPT_mod(); //конструктор
~DPT_mod(); //деструктор
void DPT_init(); //функция инициализации
double kF(double iv); /*метод реализации зависи-
мости потока от тока возбуждения*/
dvector dpt(double t,dvector y); /*метод, модели-
рующий ДПТ*/
double tp(double Uker, int i); /*метод, модели-
рующий ТП*/
void RW_RI(); /*метод, моделирующий аналоговые
регуляторы*/
void RW_RI_D(); /*метод, моделирующий дискретные
регуляторы*/
dvector RK4Sol(int i); /*метод интегрирования
системы ДУ по методу Рунге-Кутта 4 порядка*/
private:
    int TD,B15,a,N,qq; //вспомогательные переменные
    double Ti,Tw,Ki,Kw; //параметры регуляторов
    double sum_i,sum_w, II,WW;
};

```

Объектно-ориентированный подход позволяет простыми средствами провести моделирование как системы привода, так и отдельных компонентов системы. Ниже приведен фрагмент программы, который моделирует работу системы привода с использованием разработанного класса.

```

void main()
{
    DPT_mod a; //создание экземпляра класса
    a.Rj=0.0318; //задание параметров системы привода
    a.Lj=0.00133;
    a.JJ=100;
    a.kf=6.735;
    a.Udmax=220*2.34;
    a.fceti=50;
    a.Inom=520;
    a.wnom=120;
    a.tbeg=0; //задание параметров интегрирования
    a.tend=1;
    a.step=.0001;

    a.DPT_init(); /*инициализация переменных и регу-
ляторов*/
    a.y[3]=3300; //задание начальных условий
    a.y[4]=60;

    ofstream out="res.txt";
    for(int i=0; i<10000; i++)
    {
        a.RW_RI(); //вычисление сигнала задания для ТП
        a.tp(a.y[6],i); //вычисление напряжения ТП
        a.y=a.RK4Sol(i); //решение системы ДУ
        out<<a.y<<endl; //вывод результатов в файл
    }
}

```

Как показала эксплуатация данного класса как для чистого моделирования, так и моделирования с использованием его результатов для других расчетов, объектно-ориентированный подход имеет высокую эффективность и гибкость для моделирования систем различного вида и структуры.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.А. Хараджян

г. Кременчуг, Кременчугский государственный политехнический институт

Распространение объектно-ориентированной методологии и развитая поддержка ее в классах языка С++ позволяет активно использовать ее как для аппроксимации экспериментальных зависимостей, так и для идентификации объектов.

Такие свойства объектно-ориентированных языков, как абстракция, инкапсуляция, наследование и полиморфизм позволяют очень эффективно использовать их для написания классов, функций и программ, предназначенных для обработки экспериментальных данных и идентификации объектов управления.

В большинстве случаев идентификация сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений.

Для решения данной задачи используются матричные операции, что позволяет повысить точность определения параметров и упростить написание программ. В [2] приведен матричный класс, который позволяет упростить решение задач обработки экспериментальных данных и идентификации объектов.

Применение матричных классов позволяет создавать матрицы или массивы любого размера и не заботиться о написании функций (методов), реализующих операции над матрицами. Но если необходимы нестандартные операции над матрицами, то можно создать производный класс, который будет содержать как нестандартные функции, так и наследовать стандартные из базового матричного класса. Подробное описание механизма наследования и другие особенности написания производных классов приведено в [3].

Параметризованные классы векторов и матриц позволяют достаточно просто реализовать аппроксимацию экспериментальных данных рядом Фурье.

$$F(t) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \cdot \sin(\omega \cdot i \cdot t) + b_i \cdot \cos(\omega \cdot i \cdot t)$$

Алгоритм вычисления коэффициентов ряда Фурье построен на основе метода наименьших квадратов.

Ниже приведена функция, написанная на языке C++, которая принимает матрицу размером  $2 \times N$ , содержащий значения аргумента и функции, минимальную частоту, которая определяется длиной интервала на котором производились измерения и количество гармоник, и возвращает вектор коэффициентов ряда Фурье.

```
typedef matrix<double> dmatrix;

dmatrix Fourier(double w, long n, dmatrix xy)
{
    long m=xy.getm();
    dmatrix x, y;
    for(long i=0; i<2*m+2; i++)
    {
        y[i][0]=xy[i][1];
        x[i][2*m]=1; //свободный член
        for(long j=0, k=1; j<2*m; j+=2, k++)
            x[i][j]=cos(w*k*xy[j][0]),
            x[i][j+1]=sin(w*k*xy[j][0]);
    }
    dmatrix res=SLAE_Orto((~x)*x, (~x)*y);
    return res;
}
```

Как видно из приведенной функции, все операции по распределению памяти выполняет класс `matrix`, он также имеет в своем составе функции (методы) решения систем линейных уравнений в матричной форме.

Аналогичным образом можно поступить, если необходима идентификация объекта управления.

В [1, 4] во всех случаях идентификации электрических и электромеханических систем (двигатели постоянного и переменного тока) система представляется в виде схемы замещения, состоящей из активного и реактивного сопротивления и источника ЭДС.

Для примера рассмотрим функцию, предназначенную для определения параметров электрической цепи (см. рис. 1) по из-

меренным значениям тока и напряжения.

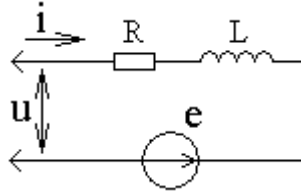


Рис 1. Схема замещения электромеханической системы.  $u(t)$  – напряжение источника питания,  $i(t)$  – ток, потребляемый от источника питания,  $R$  – суммарное активное сопротивление цепи,  $L$  – суммарная индуктивность цепи,  $e(t)$  – внутренняя ЭДС системы.

Уравнение баланса напряжений для данной цепи имеет следующий вид:

$$u(t) = R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt} + e(t)$$

В данной системе для определения ЭДС её необходимо аппроксимировать. В статье [5] приведено сравнение различных способов аппроксимации. Из этого сравнения следует, что наиболее точно в пределах заданного интервала ЭДС можно аппроксимировать с помощью ряда Фурье:

$$e(t) = e_0 + \sum_{i=1}^n e_{s_i} \cdot \sin(\omega \cdot i \cdot t) + e_{c_i} \cdot \cos(\omega \cdot i \cdot t)$$

Тогда:

$$u(t) = R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt} + e_0 + \sum_{i=1}^n e_{s_i} \cdot \sin(\omega \cdot i \cdot t) + e_{c_i} \cdot \cos(\omega \cdot i \cdot t)$$

Приведем текст функции, которая вычисляет значения  $R$ ,  $L$  и  $e(t)$ .

```
typedef matrix<double> dmatrix;
```

```
dmatrix Idendifkcaria(double w, long n, dmatrix
yx)
{
    long m=xy.getm();
    dmatrix x(m, 2*n+3), y(m, 1);
    for(long i=0; i<m; i++)
```

```

{
    y[i][0]=xy[i][2];
    x[i][2*n+1]=xy[i][1];
    x[i][2*n+2]=xy[i][1].dif();
    x[i][2*n]=1;
    for(long j=0,k=1; j<2*n; j+=2,k++)
        x[i][j]=cos(w*k*xy[j][0]),
        x[i][j+1]=sin(w*k*xy[j][0]);
}
dmatrix res=SLAE_Orto((~x)*x,(~x)*y);
return res;
}

```

Приведенные примеры показывают простоту реализации необходимых алгоритмов при применении объектно-ориентированных технологий.

#### Литература.

1. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
2. Полицук А.П., Семериков С.А. Методы вычислений в классах языка С++: Учебное пособие. – Кривой Рог: Издательский отдел КГПИ, 1999.
3. Ричард Вайнер, Льюис Пинсон. С++ изнутри. Пер. с англ. – Киев: ДиаСофт, 1993.
4. Родькин Д.И., Хараджян А.А. Михайлов С.В. Диагностика параметров двигателя постоянного тока при испытаниях. // Проблемы создания новых машин и технологий. – Кременчуг, 1998.
5. Хараджян А.А., Величко Т.В., Королев Ю.Г. Сравнительный анализ методов аппроксимации экспериментальных данных. // Проблемы создания новых машин и технологий. – Кременчуг, 1999.

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХНІ РЕАЛЬНОГО ОБ'ЄКТА

В.А. Бичко, О.І. Головахіна

м. Глухів, Глухівський державний педагогічний інститут

В останній час у користувачів ЕОМ великим інтересом користуються тривимірні графічні зображення. Порівняно високої якості зображення віртуального тривимірного об'єкта під будь-яким кутом зору можна досягти, маючи масив тривимірних координат точок поверхні відповідного реального об'єкта, взятих на певних відстанях між собою. Отже, задача полягає в отриманні такого масиву.

Для об'єктів, що мають порівняно просту геометричну форму, такий масив можна змоделювати, користуючись математичним апаратом, але отримання координат об'єктів складних форм (фігури людини, долоні, моделі взуття і т.п.) при використанні такого методу є неефективним, обмеженим та громіздким. Тому для вирішення такого питання пропонується розробка приладу, призначеного для отримання координатного масиву тривимірних реальних об'єктів. Вироблення подібного приладу пропонується учням або студентам в якості завдання на виконання конкурсної, курсової або дипломної роботи в залежності від запропонованих вимог.

Прилад складається з лазера 1, фотоелементу на обертальній платформі 2, та синхронізованого з нею предметного столика 3, на якому розміщується об'єкт (див. рис.). Для визначення координат зручно користуватися циліндричною або сферичною системою координат. При такому підході дві координати  $h$ ,  $\varphi$  або  $\theta$ ,  $\varphi$ , які характеризують напрямок радіус-вектора на певну точку  $B$  на поверхні відносно початкового напрямку, задаються послідовним обертанням або зміщенням положення столика за допомогою крокового механізму. Відстань від початку відліку до даної точки  $B$  визначається наступним чином. Промінь лазера попадає в точку  $B$  і утворює там яскраву пляму. Фотоелемент, що обертається на платформі з постійною частотою, включає та виключає таймер комп'ютера, який реєструє час  $t$  повертання його об'єктиву від напрямку на точку  $A$  до напрямку на яскраву

пляму. Знаючи час  $t$ , за формулою  $\alpha=2\pi t/T$ , де  $T$  – період обертання, можливо знайти кут  $\alpha$ . Знаючи цей кут та незмінну відстань  $l$ , можна визначити відстань  $AB$ , а потім визначити і відстань від початку відліку до точки на поверхні. Таким чином можна отримати масив координат об'єкта з різними ступіннями деталізації поверхні, яка залежить від щільності точок які скануються на одиницю поверхні.

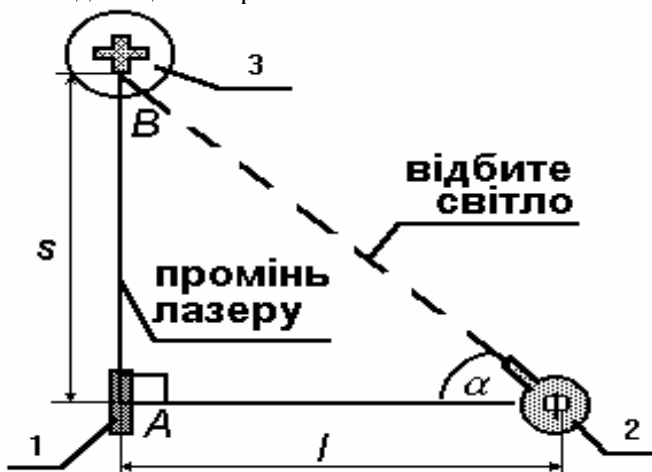


Схема приладу

Як можна бачити, такий метод вирішення має свої недоліки, уникнення яких можна запропонувати студентам, що дасть можливість їм розкрити їх творчій потенціал. Крім того, позбавлення таких недоліків потребує досить глибокого розуміння фізичних процесів, математичного апарату, та інформаційних технологій, навичок з радіотехніки, а також вимагає набуття певного рівня просторової уяви.

Розробка та конструювання подібної апаратури ведеться в Глухівському педінституті на кафедрі фізики та інформатики. На наш погляд, вироблення подібних приладів буде приваблювати інтерес, щодо їх використання, як конструкторів, дизайнерів, модельєрів, науковців, так і аніматорів та спеціалістів у галузі кіномистецтва.



# ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПЕРСОНАЛЬНОЇ ЕОМ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ У ВУЗІ

О.І. Собко

м. Умань, Уманський державний педагогічний університет

В фізичному практикуму планується виконання ряду лабораторних робіт, реалізація виконання яких має різні недоліки: велика вартість обладнання, складність і небезпека в експлуатації (високий тиск, напруга, радіоактивність і т.д.), довготривалі процедури вимірювань, а також проблеми в зберіганні обладнання і постійному налагоджуванні.

В зв'язку з цим виникла необхідність створення лабораторних робіт, де в якості “експериментальної установки” використовується персональна ЕОМ.

Комп'ютерна моделююча програма являє собою мінілабораторію для індивідуальної роботи студента з комп'ютерною моделлю фізичного явища.

Найбільший ефект можна отримати у випадку самостійного створення студентом комп'ютерної лабораторної роботи з подальшою її експлуатацією. При створенні комп'ютерної моделі студент виконує ряд етапів, що є складовими наукового дослідження:

- постановка задачі;
- математичне моделювання;
- алгоритмізація;
- програмування;
- тестування програми;
- робота з програмою;
- аналіз результатів.

В залежності від дидактичних цілей навчання в результаті моделювання фізичного явища з допомогою комп'ютера можна отримати два типи моделей: власне модель фізичного явища і псевдомодель.

Псевдомодель – це репродукція явища на екрані комп'ютера, процес протікання якого чітко детермінований. В цьому випадку “нова інформація” відома і частково або повністю закладена в

програмі. Псевдомоделі можна використовувати в якості демонстрації фізичних явищ, а також в якості “лабораторних установок”. Інформація, яка отримується в результаті роботи з псевдомоделлю, є новою для учня і відома автору цієї псевдомоделі.

В нашому університеті на базі лабораторії ОТ студентами-дипломниками було створено ряд комп’ютерних моделей, що ввійшли до лабораторного практикуму.

Лабораторний практикум включає ряд дослідів до розділу “Атомна фізика” з курсу загальної фізики, який включає досліди Резерфорда по вивченню структури атома, дослід Чедвіка по знаходженню заряду ядра, дослідження закономірностей зовнішнього фотоефекту, ефекту Комптона, досліди Франка і Герца, Девісона і Джермера та інші основоположні досліди атомної фізики.

Проведення лабораторного практикуму з використанням ПЕОМ дало змогу виробити певні вимоги, яким повинні відповідати комп’ютерні програми даного типу.

1. Під час проведення лабораторної роботи на екрані монітора висвічується різноманітна інформація: схема установки, вихідні дані, елементи керування (кнопки різної форми і призначення). Студенти, які працюють з програмою вперше, часто не досить вільно орієнтуються в ситуації. В них виникають питання: “Яку клавішу потрібно натиснути для продовження роботи?”, “Як вийти з того чи іншого режиму?”, “Як змінити вихідні дані?” і т.д.

Для розв’язання таких ситуацій можна:

а) вивести допомогу в спеціально виділеному вікні;  
б) використати для отримання допомоги (інструкції) спеціальну клавішу (наприклад, F1), натискання на яку дасть можливість студенту отримати інформацію про те, в якому режимі знаходиться програма і які дії він може виконати в даний момент.

2. Всі програми, що використовувались нами забезпечувались пунктом меню “Завдання”, в якому задавався порядок виконання лабораторної роботи.

Такий підхід з однієї сторони виховує у студентів впорядкування та послідовність дій, розвиває виконавські здібності. З іншої сторони, наявність розробленого алгоритму стримує

пізнавальну самостійність у студентів.

Лабораторна робота набуде більш творчого характеру, якщо викладач ставить перед студентами лише мету роботи, а вони самі повинні скласти алгоритм виконання роботи. Причому оформлення результату також вибирає студент. Це можуть бути графіки, таблиці, словесне описання.

3. Після закінчення роботи бажано перевірити знання, отримані студентом під час проведення досліду.

Нами була створена контролююча програма тестового типу.

На початку роботи студенти вводили дані про себе (прізвища та ім'я, групу), які потім разом з оцінкою зберігались на диску.

Студентам були запропоновані запитання 3-х типів.

1) Будова та принцип роботи установки, що використовува-  
лась в досліді.

а) “Для чого використовується ...?”;

б) “Яку роль відіграє ...?”.

2) Теоретичні питання.

а) “Які величини є вихідними даними в роботі?”;

б) “Який фундаментальний дослід покладено в основу роботи даної установки?”.

3) Результати досліду.

а) “Виконавши роботу, ми отримали ...”;

б) “Виконавши роботи, ми визначили ...”.

Результати тестування показали, що далеко не всі студенти, навіть після успішного виконання лабораторної роботи чітко усвідомлюють принцип роботи установки, вміють пояснити отримані результати. Це говорить про необхідність внесення коректив зазначених вище.

На нашу думку, головна ціль таких практикумів не тільки ознайомити студентів з фундаментальним дослідом, а й навчити їх самим планувати дослід, знаходити шляхи для вирішення поставленого завдання, вміти користуватися необхідними даними для проведення досліду.

## СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКОВИХ ЗОН ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНО, ЕКОНОМІЧНО ТА ФІНАНСОВО НЕСТІЙКИХ ОБ'ЄКТІВ ГОСПОДАРЮВАННЯ

О.М. Ігнатова, А.О. Шишкова, І.В. Кашель  
м. Кривий Ріг, Криворізький економічний інститут

Ризик є рисою ринкової економіки. Він може набувати форми: екологічний, економічний, фінансовий. Якщо об'єкти господарювання екологічно, економічно не стійкі, то виникає потреба у фіксації, передбаченні та прогнозуванні ризикової події. Методом фіксації ризикової події може бути використаний один із методів кластерного аналізу, а саме матриця відстаней, яка належить до класифікаційних алгоритмів при кластерному аналізі. Це статична модель, яка передбачає подання первинних статистичних даних у формі матриці. Поточні значення дзеркальних статичних матриць розраховуються за наступною формулою:

$$\alpha_{jk} = \sum_{i=1}^n |\beta_{ij} - \beta_{ik}|$$

Кінцевим результатом моделювання за матрицями відстаней є фіксація об'єктів господарювання на відповідному рівні ризику (мінімальному, максимальному чи середньому), а також можливість встановлення меж ризику, відповідно до їх рівнів. В основі матричного моделювання покладено структурне групування, де ряд розподілу складається на основі нормативних показників об'єктів господарювання.

Моделювання ризикових зон передбачає вивчення і динамічних змін щодо розрахованих кінцевих статичних матриць, які різні за періодом часу. Серед них виявляються спільні риси, як за рівнем ризику, так і за межами ризиковості. Після чого рівень ризику підтверджується порівнянням розрахункових показників (за моделлю) з нормативом. А це, в свою чергу дає можливість екстраполувати цю подію.

Таким чином, за допомогою матриці відстаней є можливість не тільки фіксувати зони ризику, куди потрапили об'єкти господарювання, а також вказувати межі ризиковості та використовувати прості статистичні методи прогнозу, передбачати ризикові події.

Слід наголосити, що для використання моделі зон ризику вості необхідно, по-перше, щоб первинні показники були статистично співставленні і несли логічне навантаження щодо події, де вивчається рівень ризику, по-друге, відповідали напрямку економіки, де подія відбувається.

Врахування всіх вище означених умов дає можливість застосувати запропоновану модель як у економічній, так і екологічній сферах діяльності.

Надана модель апробована. Метою дослідження було – в умовах екологічного, економічного та фінансового ризику, виявити, по-перше, екологічно нестабільні зони ризику по районах міста, по-друге, економічно нестійкі підприємства з різним рівнем господарювання, по-третє, фінансово нестійкі фірми, де ризик розподілено між збанкрутілими, фінансово стійкими та помірно стійкими підприємствами.

Зацікавленість викликає модель виокремлення ризикових зон, небезпечних для помешкання населення. Екологічно нестійкі підприємства забруднюють навколишнє середовище шкідливими викидами у атмосферу, розподіл яких не рівномірний і їх концентрація значно перевищує нормативні значення, тобто природній фон, що в свою чергу сприяє виникненню у місті зон з ризиком для помешкання населення.

За моделлю було виявлено (модель розраховувалась за три роки), що серед районів міста Кривий Ріг, хоча і із часткою зниження викидів у повітря, найбільш забрудненими районами (екологічно небезпечними) були визнані: Дзержинський та Інгулецький, динаміка змін забруднення повітря за кожною моделлю наступна: у 1994 році – 2000, у 1996 році – 1300, у 1998 році – 1000 та більше тон на рік. Таким чином, розподіл максимального рівня забруднення приходить саме на два райони міста Кривий Ріг – Дзержинський та Інгулецький, мінімального – на Центрально-Міський, Довгинцевський, Саксаганський, Жовтневий, та з середнім рівнем забруднення за розподілом означений – Тернівський район міста.

Розподіл підтверджують цифри. Мінімальний рівень забруднення передбачав у 1994 році викиди у повітря в межах від 38,6 до 300, у 1996 – від 25 до 200, у 1998 – від 20 до 190 тон на рік, а середній відповідно становить, у 1994 році – (300 – 2000), у 1996

році – (200 – 1300), у 1998 році – (190 – 1000) тон на рік.

Як засвідчує аналіз статичних матриць у динаміці, розподіл рівня забрудненості по районах міста Кривий Ріг є стійким, про що свідчить повторюваність розподілу зон з ризиком для населення, де означені одні і ті ж райони міста.

При порівнянні з нормативними показниками викиди у повітря перевищували норму: у зоні з мінімальним ризиком для населення – у 10 разів, середнім – 13, а з максимальним – 20 разів.

Таким чином, використання запропонованої моделі для аналізу ситуацій надасть змогу фіксувати та передбачати розвиток подій у будь-якій галузі господарювання людини.

## **ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ СРЕДСТВАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Н.А. Леонова<sup>1</sup>, В.Н. Соловьев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> г. Кривой Рог, Долгинцевский гуманитарно-технический лицей

<sup>2</sup> г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Сегодня в качестве одной из первоочередных задач, позволяющих вывести экономику нашей страны на новые рубежи, рассматривается широкое использование средств информатики, вычислительной техники и автоматизации во всех сферах деятельности. Решение этой задачи должно ускорить темпы проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, сделать более эффективным внедрение достижений науки. Ввиду этого изучение информатики, ее методов и перспектив развития для многих людей становится насущной необходимостью. Не вызывает также сомнения и тот общепризнанный факт, что компьютерное моделирование и вычислительный эксперимент являются мощным и эффективным инструментом в научных и практических исследованиях. Поэтому программа изучения базового курса информатики в средних общеобразовательных учреждениях (некоторых специализированных лицеях и гимназиях) предусматривает ознакомление школьников с основами моделирования.

Рассматривая моделирование в двух контекстах – как инструмент и объект изучения, можно утверждать, что практическое овладение технологией компьютерного моделирования обеспечивает более высокий уровень изучения основ наук, расширяет возможности для развития познавательных интересов и творческих способностей при работе в конкретных предметных областях. В самом учебно-воспитательном процессе моделирование выполняет важную интегративную функцию, выступая как фактор, актуализирующий межпредметные связи и влияющий на формирование мировоззрения с позиции единого подхода к изучению разнообразных явлений окружающей действительности.

В указанных учебных заведениях изучение моделирования

осуществляется в пределах курса информатики или во время факультативных занятий. Компьютерное моделирование принадлежит к тем видам интеллектуальной деятельности, которыми можно овладеть только на основе собственной практики. Однако почувствовать, на чем основывается это искусство, можно, изучая примеры, которые иллюстрируют его специфические особенности.

Современные требования к подготовке высококвалифицированных специалистов ставят перед выпускниками средней школы задачу овладения основами фундаментальных знаний, отражающими новейшие достижения науки. Проникновение математических методов в самые разнообразные сферы человеческой деятельности дает возможность пользоваться принципиально новыми методами и средствами исследования. Однако при традиционном изучении математики большинство учеников формально подходят к приобретаемым знаниям. В результате оказывается, что этих познаний далеко не достаточно для решения той или иной прикладной задачи: необходимы еще навыки в постановке задачи, в переходе от нее к математической модели и в исследовании этой модели. Восполнить этот пробел призван спецкурс «Методы математического моделирования в школе».

Наш опыт показывает, что этот курс можно реализовать в лекционно-лабораторном исполнении, рассчитанном на 54 часа (18 часов лекционных, 36 – лабораторных).

Лекционный курс предполагает ознакомление учащихся с основными представлениями о моделях и моделировании, о выборе среды для моделирования. Здесь рассматриваются вопросы о классификации моделей и основных этапах моделирования. Лекционный курс сопровождается работой с готовыми демонстрационными моделями, которые призваны иллюстрировать основную идеи и позволяют закрепить полученные знания.

Лабораторный практикум позволяет выработать необходимые навыки для решения некоторых прикладных задач. Практическая часть курса посвящена рассмотрению различных процессов (распространение слухов, динамика одновидовой годовой популяции, модель «хищник-жертва»). Имеет смысл начинать с более простых задач, таких как: числа Фибоначчи, метод Монте-Карло, триадная кривая Кох, салфетка и ковер Серпинского, а в



дальнейшем переходить к более сложным: клеточные автоматы «Жизнь», «Снежинка», «Хищник-жертва», задача перколяции, образование береговых линий.

Изучая математическое моделирование в школьном курсе информатики, необходимо в первую очередь уделить внимание самим понятиям «модель», «моделирование» и, наконец, «математическое моделирование», так как этими понятиями учащиеся будут оперировать при составлении моделей и решении задач. Разумеется, в самом начале изучения курса использование достаточно полного определения математической модели методически не оправдано в силу его обобщенности и отсутствия соответствующей содержательной информации в чувственном опыте школьников. Действительно, можно было бы предложить учащимся одно из многих определений:

*Модель – это совокупность объектов (понятий, свойств, признаков, знаков, геометрических элементов, материальных предметов) и отношений между ними (называемых моделирующими), которые выражают существенные с точки зрения цели моделирования стороны изучаемого объекта, явления или процесса. Процесс построения модели и последующего ее исследования называется моделированием.*

Но это определение вряд ли способно создать в сознании ученика адекватное представление о предмете обсуждения. Такое представление формируется постепенно, по мере приобретения опыта учебной деятельности, связанной с моделированием.

Точно так же на основе деятельности формируются представления о том, что существует несколько приемов моделирования, которые можно условно объединить в две большие группы: материальное (предметное) и идеальное моделирование. К материальным относятся такие способы моделирования, при которых исследование ведется на основе модели, воспроизводящей основные геометрические, физические, динамические и функциональные характеристики изучаемого объекта. Основными разновидностями материального моделирования являются физическое и аналоговое моделирование.

От предметного моделирования принципиально отличается идеальное моделирование, которое основано не на материальной аналогии объекта и модели, а на аналогии идеальной, мыслимой.

Различают два типа идеального моделирования: интуитивное и знаковое.

Важнейшим видом знакового моделирования является *математическое моделирование*, при котором исследование объекта осуществляется посредством модели, сформулированной на языке математики и использованием тех или иных математических методов.

Изучению понятия математической модели необходимо отводить значительное время, так как использование математического моделирования является самым общим методом научных исследований. Под математической моделью понимают систему математических соотношений – формул, уравнений, неравенств и т.д., отражающих существенные свойства объекта или процесса. При математическом моделировании мы отвлекаемся от конкретной физической природы объекта и происходящих в нем процессов и рассматриваем только преобразование входных величин в выходные. При построении математических моделей далеко не всегда удается найти формулы, явно выражающие искомые величины через данные. В таких случаях используются математические методы, позволяющие дать ответы той или иной степени точности.

Модели и моделирование широко представлены в школьной программе. Простейшие математические модели появляются уже в начальных классах при изучении арифметических операций. В дальнейшем количество моделей возрастает и они усложняются.

**Построение математической модели** является наиболее сложным этапом работы. Трудность состоит в том, что при этом требуется соединять не только знания по математике, но и знания по другим предметам. При работе с классом на этом этапе вопросы учителя сводятся к следующим: Что дано? Что необходимо найти? Какие данные допустимы? При каких условиях возможно получение требуемых результатов, а при каких нет? Какие результаты и в каком виде должны быть получены? Какие результаты будут достоверными и правильными?

**Второй этап – формализация задачи.** *Формализация – это процесс выделения и перевода внутренней структуры предмета, явления или процесса в определенную информационную структуру – форму.* На этом этапе продолжается составление математи-

ческой модели. Описание задачи с помощью математических уравнений, неравенств и других соотношений, формулирование целей решения на языке математики – суть формализации задачи. При формализации задачи развернутое содержательное описание задачи заменяется свернутыми математическими формулами. На этом этапе самым важным является правильность выбранного метода решения. Для часто встречающихся (типичных) математических моделей разработаны эффективные методы решения. На практике выбор метода решения состоит или в проверке возможности применить известный метод, или в разбиении задачи на более простые, для каждой из которых существует метод решения.

**Третий этап – составление алгоритма** на основе выбранного метода.

**Четвертый этап – написание программы** (описание алгоритма на каком-либо языке программирования), **тестирование и отладка программы.**

**Пятый этап – анализ результатов.** Это очень важный и нужный этап работы над задачей. Полученные результаты решения анализируются и интерпретируются в терминах решаемой задачи. В ходе этого этапа, возможно потребуются пересмотр самого подхода к постановке и решению задачи и возврат к первому этапу. Это может случиться в том случае, если полученные результаты не отражают свойства объекта или явления, сформулированные в постановке задачи (например, они недопустимы по знаку или выходят за допустимые границы). Таким образом, в предложенной схеме решения задачи мы видим циклическую структуру. Команды (этапы) в цикле мы будем выполнять до тех пор, пока не получим нужный результат.

После изложения этого теоретического материала можно рассмотреть простейшую задачу математического моделирования, на которой продемонстрировать данные этапы.

Задача. Задача Фибоначчи. В 1228 г. итальянский математик Фибоначчи сформулировал задачу: «Некто поместил пару новорожденных кроликов в некоем месте, огороженном со всех сторон стенкой. Сколько пар кроликов родится при этом в течение года, если природа кроликов такова, что каждый месяц, начиная с третьего месяца после своего рождения, пара кроликов произ-

водит на свет другую пару?»

Эта задача сводится к последовательности чисел 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ..., где каждый последующий член, начиная с третьего, равен сумме двух предыдущих. Алгоритм решения задачи очень прост, и учащиеся его сразу предлагают, используя циклическую процедуру.

Аналогично можно рассмотреть ряд задач на моделирование биологических, экологических и других процессов, которые имеют несложные решения, как с точки зрения математики, так и программирования. Примеры таких задач – «Жизнь», «Производство вакцины» и т.д.

Информация, информационные процессы, протекающие в системах различной природы – это новые составляющие нашего мировоззрения. Они изучаются с помощью всех доступных инструментов, в том числе и математическим моделированием. Компьютерное моделирование в школе рассматривается как средство, способствующее формированию умения проанализировать проблему и определить, какую ее часть можно доверить ЭВМ, а какая требует человеческой интуиции и способности к восприятию, а также умения на каждом шаге решения проблемы критически осмыслить результаты работы ЭВМ и определить адекватность выбранных методов решения. Моделирование вообще и компьютерное моделирование в частности способно выполнять важную гуманистическую функцию: возможность прогнозирования последствий некоторых антропогенных факторов помогает избегать нежелательных и небезопасных результатов даже в глобальных масштабах (изменение климата планеты, «ядерная зима» и т.д.), а, значит, формировать содержание политического мышления в современном мире.

Моделирование – это деятельность, предусматривающая наличие качественного образования, повышенного интереса к изучению разных наук, свободного владения знаниями по математике, широкой эрудиции, умения работать с литературой – всех тех качеств, которые необходимы любому исследователю. Таким образом, моделирование – это составная часть исследовательской работы. Оно имеет и обратное свойство – содействовать развитию познавательных интересов и творческих способностей человека.

Литература.

1. Бешенков С.А., Лыскова В.Ю., Матвеева Н.В., Ракитина Е.А. Формализация и моделирование. // Информатика и образование. – 1999. – №5–6.
2. Бояршинов М.Г. Математическое моделирование в школьном курсе информатики. // Информатика и образование. – 1999. – №7.
3. Островская Е.М. Математическое моделирование // Информатика и образование. – 1998. – №7.
4. Смолянинов А.А. Первые уроки по теме «Моделирование» // Информатика и образование. – 1998. – №8.

## ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЯВИЩ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ОПТИКИ

Ю.О. Ісайчева, С.М. Лисечко  
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

Основна функція пропонованого програмного засобу – обчислення шляху променя для різних типів тонких лінз, розташованих уздовж оптичної лави. Користувач повинен мати можливість маніпулювати такими параметрами, як фокусна відстань і розташування лінз, і відразу ж одержувати у вигляді зворотного зв'язку шляхи всіх головних променів, розмір, позицію й орієнтацію результируючих зображень.

Тонка лінза – це лінза, товщиною якої можна зневажити. Нас цікавлять два види тонких лінз: збиральні лінзи, що у центрі товше, ніж по краях, та розсіювальні лінзи, що по краях товше, ніж у центрі. У збиральній лінзі з реальним об'єктом, поміщеним у нескінченності з одного боку, паралельні промені, що йдуть від об'єкта, наблизяться до лінзи, а потім сфокусуються в точці на іншій стороні лінзи. Ця точка є другою точкою фокуса лінзи, що ми позначимо  $f'$ .

Якщо реальний об'єкт розташований на одній стороні лінзи, що збирає, у першій точці фокуса, що ми позначимо  $f$ , паралельні промені світла з'являться з іншої сторони лінзи. У тонкій лінзі величини  $f$  і  $f'$  рівні, і ми називаємо цю величину фокусною відстанню лінзи.

Якщо реальний об'єкт не знаходиться ні в нескінченності, ні в точці фокуса, лінза сформує зображення. Нехай  $d$  – відстань від реального об'єкта до центра лінзи, а  $d'$  – відстань від центра лінзи до зображення. Тоді ми зможемо записати наступну рівність:

$$1/d + 1/d' = 1/f.$$

Збільшення  $m$  лінзи визначається за формулою:

$$m = -d'/d.$$

Фокусна відстань збиральної лінзи позитивна, розсіювальної – негативна. Отже, якщо дано розсіювальну лінзу з поміщенням у нескінченності з однієї сторони лінзи реальним об'єктом, пара-

лельні промені світла від об'єкта наблизяться до лінзи і розсіюються. Якщо ми простежимо шлях цих розсіяних променів у зворотному напрямку, то побачимо, що вони сфокусуються в другій точці фокуса, що розташована з тієї ж сторони лінзи, що і реальний об'єкт.

Інструментальний засіб розробки конструкцій геометричної оптики повинен бути придатним для моделювання як збиральних, так і розсіювальних лінз. Відомі три основних типи збиральних лінз:

- збиральний меніск,
- плоско-опуклі лінзи,
- двоопуклі лінзи.

Існують також три основних типи розсіювальних лінз:

- розсіювальний меніск,
- плоско-увігнуті лінзи,
- двовігнуті лінзи.

Якщо ми маємо реальний об'єкт і одиночну лінзу, то даний інструментальний програмний засіб повинен визначити розмір, місце розташування й орієнтацію формованого зображення, що може бути реальним чи уявним. Наприклад, якщо реальний об'єкт розташований точно за фокусною відстанню лінзи, що збирає, реальне зображення об'єкта буде сформовано з іншої сторони лінзи. В аналогічному випадку розсіювальна лінза не сформує реального зображення, тому що промені розходяться. Проте зображення об'єкта з'явиться з тієї ж сторони лінзи, з якої розташований реальний об'єкт; ми називаємо його мнимим (уявним) зображенням. Коли обчислюється шлях променів, інструментальний програмний засіб повинен розрізнити реальне і мнине зображення. Поняття про формування зображення об'єкта можна використовувати і для набору лінз. Ми припускаємо, що всі лінзи розташовані так, що їхні центри знаходяться уздовж оптичної вісі. Таким чином, зображення, сформоване однією лінзою, служить об'єктом для наступної лінзи в ряді лінз уздовж оптичної вісі і так далі.

Точка, у якій формується реальне чи мнине зображення, визначається перетинанням тільки трьох променів, що називаються основними променями й описуються в такий спосіб:

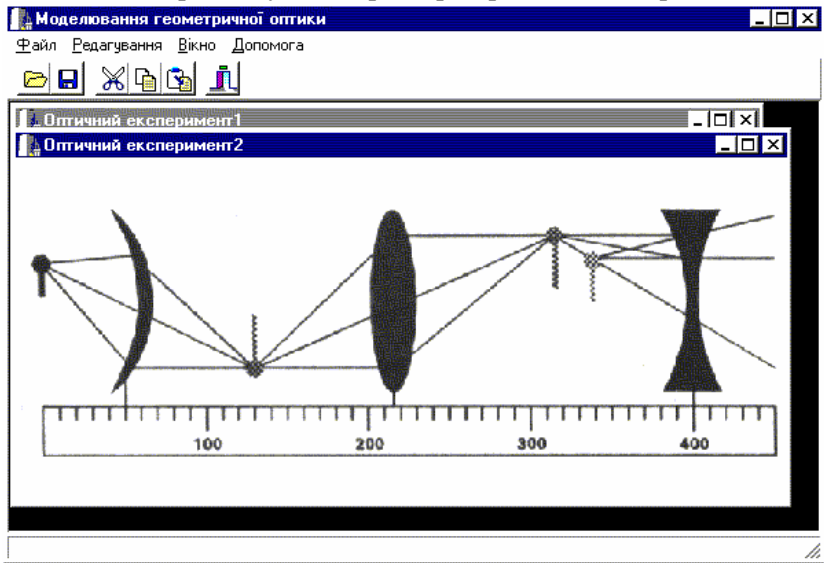
1. Промінь, паралельний вісі, після переломлення в лінзі, проходить через другу точку фокуса лінзи, що збирає, чи є продовженням променя, що виходить із другої точки фокуса розсіювальної лінзи.
2. Промінь, що проходить через центр тонкої лінзи, не відхиляється, тому що дві поверхні лінзи, через які проходить центральний промінь, практично паралельні один одному.
3. Промінь, що проходить першу точку фокуса (чи іде по напрямку до неї), виходить паралельним оптичної осі.

Реальні лінзи втрачають якість від хроматичних і монохроматичних абераций, таких як сферична аберация, при якій основні промені не сходяться в крапку. У запропонованому інструментальному програмному засобі немає необхідності моделювати таке явище. Інтерфейс користувача інструментального засобу розробки конструкцій геометричної оптики повинний відповідати стандарту інтерфейсу користувача, реалізованого у ОС Windows. Кожен оптичний експеримент повинний бути зображений у його власному вікні, яке можна змінювати в розмірах і пересувати по екрані. У зв'язку з тим, що конкретний експеримент може включати багато лінз, кожне вікно повинне бути призначене для відображення довільної, обумовленої користувачем частини оптичного експерименту. Користувач повинний мати можливість переключати зображення оптичної лави, лінії шкали (для регулювання точності розташування лінз) і сторінки переривань, переміщення миші на сітці з п'яти інтервалів, обрати будь-яку з шести різних тонких лінз із набору. Необхідно, щоб обрану лінзу можна було помістити за допомогою миші уздовж оптичної лави. Необхідно забезпечити інтерфейс, що дозволяв би користувачу установлювати фокусну відстань обраної лінзи. Користувач повинен мати можливість вибрати, перемістити, вирізати, скопіювати, очистити і вставити як окрему лінзу, так і набір лінз. Після будь-яких дій користувача, що приводять до зміни розміру, розташування й орієнтації зображення, інструментальний програмний засіб повинен показати шлях променя. Реальний об'єкт (єдиний і зображений у позиції 0 уздовж оптичної лави) повинен бути показаний чорним кольором. Реальні зображення повинні бути показані темно-сірим кольо-



ром, а мнимі зображення – ясно-сірим кольором.

Користувач повинен мати можливість відобразити на дисплеї до чотирьох експериментів за один раз. При цьому застосовуються звичайні операції над файлами: користувач створює нові експерименти, зберігає копії експериментів, повертається до збережених експериментів. Користувач повинний також мати можливість роздрукувати експеримент. Функції скасування і переробки повинні бути реалізовані у всіх операціях користувача, що змінюють розташування, розмір і орієнтацію зображення.



Вище ми сформулювали докладні вимоги до інструментального засобу розробки конструкцій геометричної оптики. Ми говорили про такі дійсні об'єкти, як лінзи й оптичні лави, а також про такі об'єкти, як зображення (реальні і мнимі), що, не будучи явно дійсними, насправді існують у нашому представленні як абстракції з точно визначеними границями. Що можна сказати в зв'язку з цим про промені світла? Якщо виходити з хвильової теорії світла, ми могли б привести доводи про те, що світло не є об'єктом. Однак з погляду геометричної оптики трактування світла як об'єкта (як векторів часток) є визначеним поглядом на світ, тому що він ефективний при моделюванні явища рефракції.

Чи є точка фокуса об'єктом? Точка фокуса визначається як

деяка точка в просторі на фіксованій відстані від центра тонкої лінзи. У ході аналізу виявляється, що точка фокуса не є гарним кандидатом в об'єкти: немає операцій, що мають велике значення, зв'язаних із точками фокуса. Краще моделювати фокусну відстань як властивість лінзи, а точку фокуса як наслідок цієї властивості. Це аналогічно проблемі моделювання фізичних об'єктів, таких, як бейсбольні м'ячі і машини, кольори і форми яких не є незалежними об'єктами, але існують як властивості об'єктів.

Сам по собі оптичний експеримент також є об'єктом, тому що цей термін позначає щось з точно визначеними границями. Оптичний експеримент включає набір лінз, оптичну лаву, набір зображень (як реальних, так і мнимох) і набір променів.

Деякі вимоги повторюють математичні постулати геометричної оптики; інші вимоги відносяться до семантики інтерфейсу користувача, що описують, яким образом можна використовувати інструментальний програмний засіб для керування оптичним експериментом. Кілька вимог описують видимі для користувача процеси, такі, як видалення, очищення, копіювання, вставка, переміщення і вибір. Замість того щоб представляти їх у виді алгоритмічних абстракцій, ми можемо ввести об'єкти, що виступають як посередників, відповідальних за здійснення процесів. Отже, замість того щоб мати процес видалення, ми будемо мати об'єкт – команду «виризувати», що містить інформацію, як видалити лінзи з оптичної лави. Інкапсулювання такої поведінки в об'єкті забезпечує складну взаємодія з користувачем. Наприклад, за допомогою об'єкта-команди «видалити» легше за все довідатися, як скасувати операцію видалення і врятувати вилучену лінзу, щоб її можна було вставити назад у цей чи інше вікно експерименту.

Наше завдання полягає в тому, що ми повинні побудувати інструментальний програмний засіб, за допомогою якого користувач зможе безперешкодно маніпулювати оптичними експериментами. Нам не хотілося б побудувати ворожий користувачу інтерфейс, що змушував би його ставити оптичні експерименти і модифікувати їх по етапах у порядку, жорстко визначеному інструментальним програмним засобом, а не самим користувачем (що характерно для модальних, пакетно-орієнтованих до-

датків). Замість цього наші вимоги підводять нас до створення редактора типу «що ви бачите, те й одержуєте» (what you see is what you get (WYSIWYG)) для оптичних експериментів, що робить явно видимими ключової абстракції, що існують у свідомості користувача, – лінзи, зображення, промені й оптичні лави. Таким чином, після невеликої практики використання інструментального засобу розробки конструкцій геометричної оптики користувач зможе маніпулювати абстракціями лінз так само, як якби вони були реальними об'єктами. Основна перевага такого інструментального програмного засобу полягає в тім, що в багатьох відносинах воно є більш гнучким, чим маніпулювання реальними лінзами. Наприклад, наші вимоги дозволяють користувачу легко змінити фокусну відстань, що в реальному житті змусило б шукати нову лінзу з потрібними властивостями чи взагалі її виготовляти.

#### Література:

1. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения. – М.: Конкорд, 1992. – 519 с.
2. Калапуша Л.Р. Моделирование в изучении физики. – К.: Рад. шк., 1982. – 158 с.
3. Кривенко Е.А. Компьютерные физические демонстрации в курсе оптики. // Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в освітній діяльності: Збірник наукових праць. – Кривий Ріг: Видавничий відділ КДПУ, 1999. – С. 169-173.

## ВИВЧЕННЯ БУДОВИ ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ ЦИКЛОТРОНА НА ОСНОВІ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ

Л.Р. Калапуша, В.П. Муляр  
м. Луцьк, Волинський державний університет  
імені Лесі Українки

Методична цінність навчальних комп'ютерних моделей з фізики значною мірою залежить від специфіки вивчаваного матеріалу. Метод моделювання – основний інструмент пізнання фізичних явищ та процесів у разі обмеженості або неможливості проведення шкільного фізичного експерименту. Основні із цих причин такі:

1. Надзвичайно великі або дуже малі розміри установки чи системи, яку необхідно продемонструвати в класі (різні типи прискорювачів елементарних частинок, ядерний реактор, ядро атома тощо).

2. Дуже швидкий або досить повільний перебіг процесів (ланцюгова ядерна реакція, явище радіоактивності і т.д.).

3. Шкідливий вплив деяких явищ і процесів на організм людини (радіоактивні речовини, гамма-промені, рентгенівські промені).

4. Досить великі значення деяких параметрів системи (швидкість, тиск, температура).

5. Відносна складність окремих приладів і установок, висока їхня вартість.

Сказане вище доводить доцільність використання навчальних комп'ютерних моделей (НКМ) при ознайомленні учнів з практичним застосуванням деяких фізичних явищ і законів, з експериментальною базою сучасної фізики.

Для пояснення будови і принципу дії циклотрона ми пропонуємо скористатись розробленою нами програмою “Циклотрон”. Вона призначена для дослідницької роботи учнів з моделлю, яка реалізована в даній програмі.

Змінюючи значення напруги генератора та магнітної індукції, учні мають можливість встановити фізичні закономірності, завдяки яким можлива робота циклотрона, а саме:

а) залежність радіуса орбіти зарядженої частинки від її

швидкості та індукції магнітного поля;

б) залежність кутової швидкості та періоду обертання частинки від індукції магнітного поля.

Після завантаження НКМ “Циклотрон” на екрані з’являється вікно програми. Рядок меню програми містить такі пункти: “файл” – вихід з програми; “процес” – керування роботою прискорювача; “довідка” – довідковий режим, який містить теоретичні відомості з теми дослідження, систему позначень всіх використовуваних в програмі об’єктів та відомості про програму.

Програма передбачає використання широких можливостей інтерфейсу Windows, що дозволяє користувачу швидко і просто засвоїти правила керування програмою, сконцентруватись на виучуваному явищі, або процесі, якомога менше думати про способи спілкування з ЕОМ.

Розглянемо методику використання даної моделі. Спочатку учням пояснюємо, що сучасні дослідження в галузі ядерної фізики та елементарних частинок немислимі без різноманітних прискорювачів. Одним з них є циклічний прискорювач – циклотрон. Найчастіше його використовують для прискорення позитивних іонів.

Запустивши програму, коротко пояснюємо учням будову циклотрона, показуємо основні його частини, розповідаємо про їх призначення. Наголошуємо учням, що циклотрон складається з двох плоских порожнистих електродів, що мають форму низеньких півциліндрів, які називаються дуантами. Дуанти поміщають у посудину, в якій створено високий вакуум ( $10^{-6}$  мм. рт. ст). Посудина з дуантами міститься між полюсами електромагніту, які мають круглу форму радіусом від 0,5 м до 1,5 м. Віддаль між полюсами становить 0,2–0,5 м. Іони добувають з допомогою електричної дуги у центрі камери.

Пояснивши будову установки, переходимо до пояснення принципу дії циклотрона. Між дуантами в щілині є змінне електричне поле, яке прискорює іони. У середині дуантів електричні сили не діють; іони рухаються на цій частині траєкторії з сталою швидкістю, бо магнітне поле, яке існує між полюсами магніту, лише викривлює траєкторії іонів. Натиснувши на кнопку “Пуск”, демонструємо це учням на екрані монітора.

Розповідаємо, що поки іон рухається всередині одного дуан-

та, напруженість електричного поля між дуантами в цей час змінює свій знак на протилежний. У момент наближення до щілини зустрічний дуант матиме від’ємний потенціал відносно дуанта, в якому рухається іон. Натиснувши на кнопку “Пуск”, покажемо зміну напряму напруженості електричного поля при наближенні іона до щілини. На моделі зміна напруженості фіксується знаками (+) і (–).

Після цього пропонуємо учням змінити напругу на електродах і натиснути на кнопку “Пуск”. За величиною радіуса кривизни іонного пучка учні роблять висновок, що радіус траєкторії руху частинки залежить від її швидкості. Таким чином, учні бачать, що іони, які мають більшу швидкість, описують дугу більшого радіуса. Щоб пересвідчитись, як радіус кривизни траєкторії руху зарядженої частинки залежить від індукції магнітного поля, пропонуємо збільшити значення магнітної індукції, інші параметри залишивши без змін. При цьому спостерігаємо, що при збільшенні сили струму в обмотці електромагніту іони описують дуги меншого радіуса.

З дослідів учні роблять висновок про те, що радіус траєкторії, по якій рухається заряджена частинка в однорідному магнітному полі, залежить від двох фізичних величин: від її швидкості та індукції магнітного поля. Якщо індукція магнітного поля не змінюється, то в цьому випадку радіус траєкторії буде прямо пропорційний швидкості.

Учні досліджують також залежність періоду обертання частинки від інших параметрів.

Після закінчення роботи з комп’ютером, пропонуємо учням зробити відповідні математичні обґрунтування тих явищ, які вони спостерігали на моделі.

На іон, який рухається в магнітному полі, діє сила Лоренца

$$F_{\text{Л}} = qvB, \quad (1)$$

де  $B$  – індукція магнітного поля;  $q$  – заряд іона;  $v$  – швидкість руху іона.

З другого боку сила Лоренца відіграє роль доцентрової сили

$$F_{\text{Л}} = \frac{mv^2}{R}, \quad (2)$$

де  $m$  – маса одного іона;  $v$  – його швидкість;  $R$  – радіус кола, по якому рухається іон.

Прирівнюючи (1) і (2), маємо

$$\frac{mv^2}{R} = qvB,$$

звідки:

$$v = \frac{qBR}{m}. \quad (3)$$

Період руху іона можна визначити так:

$$T = \frac{2\pi R}{v}, \quad (4)$$

або, підставивши значення  $v$  з формули (3) в (4), матимемо

$$T = \frac{2\pi m}{qB}. \quad (5)$$

На основі формули (5) робимо висновок про незалежність  $T$  від  $v$  і  $R$ . Якщо  $m$  і  $B$  сталі, то період обертання іона – також сталий.

Щоб учні краще зрозуміли взаємозалежність між  $R$  і  $v$ , знову запускаємо процес, задаючи у вікні діалогу параметр “стробоскоп”. Оскільки в кожному наступному півколі через однакові проміжки часу частинка здійснює більші переміщення, то створюється враження, що з кожним разом “частинка” рухається з більшою швидкістю.

Використання комп’ютерних моделей у навчальному процесі з фізики допомагає виділити й відобразити найважливіші для пізнання зв’язки в явищах, які недоступні для безпосереднього спостереження, ознайомити учнів із сучасною експериментальною базою фізики, показати можливості та значення методів дослідження фізичних явищ і процесів, озброїти школярів системою фізичних знань у тісному зв’язку з методами наукових досліджень.

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В НАВЧАЛЬНОМУ ФІЗИЧНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ

О.С. Мартинюк, Л.Р. Калапуша  
м. Луцьк, Волинський державний університет  
ім. Лесі Українки

Одним із найбільш перспективних напрямків використання інформаційних технологій в навчальному курсі фізики є комп'ютерне моделювання фізичних явищ і процесів. Під комп'ютерним моделюванням автори розуміють комп'ютерні програми, що імітують фізичні досліди, явища або ідеалізовані модельні ситуації, що зустрічаються в фізичних задачах.

Комп'ютерні моделі дозволяють створити на екрані живу, динамічну картину фізичних дослідів або явищ, що відкриває для вчителя широкі можливості по удосконаленню уроків. Найбільший інтерес викликають комп'ютерні моделі, в яких можна керувати об'єктами на дисплеї комп'ютера, змінюючи величини числових параметрів, закладених в основі відповідної математичної моделі. Деякі моделі дозволяють одночасно з ходом експерименту спостерігати в динамічному режимі побудову графічних залежностей від часу, ряду фізичних величин, що описують даний експеримент. Подібні моделі є надзвичайно цінними, оскільки в учнів завжди виникають труднощі при побудові і читанні графіки. Комп'ютерні моделі легко вписуються в традиційний урок, дозволяючи вчителю продемонструвати більшість фізичних ефектів, які, як правило, приходиться пояснювати "на пальцях". Крім того, комп'ютерні моделі дозволяють вчителю організувати нові, нетрадиційні види навчальної діяльності.

Як приклад, наведемо види такої діяльності, апробовані на практиці:

### Розв'язування задач з подальшою комп'ютерною перевіркою.

Учитель пропонує учням для самостійного розв'язування в класі, або в якості домашнього завдання індивідуальні задачі, правильність розв'язків яких вони можуть перевірити, провівши комп'ютерні експерименти. Можливість подальшої самостійної перевірки отриманих результатів активізує пізнавальний інтерес



учнів, наближує роботу учнів по характеру до наукового дослідження. В результаті, багато учнів починають придумувати свої задачі, а потім перевіряти правильність своїх суджень використовуючи комп'ютерні моделі. Автори таких задач стають активними помічниками вчителя, допомагаючи однокласникам розв'язувати свої авторські задачі, а також перевіряючи їхні роботи і оцінюючи результат. Для більш ефективної роботи необхідні індивідуальні розроблені матеріали з завданнями і питаннями різного рівня складності, або готові програмні продукти, які, наприклад, містять відомі лазерні диски, розроблені компанією “Фізикон” (Москва, <http://scph.mipt.ru>).

На сьогоднішній день випущені такі лазерні диски: “Фізика в картинках”, “Фізика на вашем компьютере”, “Открытая физика, часть 1” (механіка, термодинаміка, механічні коливання і хвилі) і “Открытая физика, часть 2” (електрика і магнетизм, оптика, квантова фізика). Самі автори вважають свої розробки потужними засобами інтенсифікації знань і підвищення інтересу учнів до фізики.

Курс “Фізика в картинках” розроблений під операційну систему DOS і може працювати навіть на застарілих комп'ютерах. Курс “Открытая физика” вимагає більш сучасного обладнання і відповідного програмного забезпечення (Windows 3.1/95/NT, 386SX, 4 Мб ОЗУ, звукова карта, монітор SVGA, не менш, ніж чотиришвидкісний CD-ROM). Проте, тут значно збільшено кількість моделей (з 58 до 83) і покращилась їх якість. З моделями працювати стало легше і цікавіше. Крім того, в курс “Открытая физика” добавлено двохгодинний курс лекцій, які читає науковий керівник проекту, професор С.М. Козел, а також 19 відеозаписів фізичних експериментів.

#### Лабораторні дослідження з використанням ЕОМ.

Пропонується провести дослідження, за допомогою виготовленого нами та апробованого на практиці універсального інформаційно-вимірювального комплексу, де комп'ютер використано для вимірювання значень фізичних величин, обробки та проведення аналізу експериментальних даних.

Він складається з базового приладу, що формує та підсилює вхідний сигнал, та інтерфейсу, апаратна частина якого є контролер з аналого-цифровим перетворювачем, через який

здійснюється обмін інформацією з ЕОМ. Для перетворення аналогової інформації в цифрову побудовано простий АЦП.

ЕОМ типу IBM, працюючи за складеною програмою, здійснює на дисплеї індикацію зміни фізичних величин одночасно на суміщених аналоговій шкалі та цифровому табло. Дані про їх числове значення та дискретність вимірювання зберігаються в пам'яті машини. При необхідності комп'ютер миттєво будує графік залежності будь-яких двох фізичних величин. На принтері можна віддрукувати дані результатів вимірювання та відповідні графіки.

Використовуючи дану установку, можна ефективно проводити досліди з фотоефекту, електропровідності газів, електронної емісії у вакуумних приладах, дослідження вольт-амперних характеристик напівпровідникових діодів, явищ електромагнітної індукції і магнетизму, лабораторні дослідження, де треба виміряти електричний заряд, опір, електроємність та встановити залежність одних фізичних величин від інших та ін.

Безумовно, фізику можна вивчати за допомогою комп'ютерних моделей, більше того, роль комп'ютерного моделювання в навчальному процесі буде підвищуватись в міру появи нових комп'ютерних програм. Проте, успіх можливий лише за умови тісного контакту програмістів, що створюють програмне забезпечення, та вчителів, які є добре обізнаними з комп'ютерними технологіями і використовують ці технології в навчальному процесі.

## Розділ II

### *Нові інформаційні технології в науці та освіті*

## ШРИФТ ЯК ОСНОВА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УПРАВЛІНСЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

В.І. Торкатюк<sup>1</sup>, О.А. Векленко<sup>1</sup>, В.П. Бутнік<sup>1</sup>,  
В.Т. Кулік<sup>2</sup>, А.П. Денисенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> м. Харків, Харківський художньо-промисловий інститут  
<sup>2</sup> м. Харків, Проектно-будівельна фірма АОЗТ “Спецбудмонтаж”

Економічний стан України на сучасному етапі характеризується як вельми скрутний. Доказом цього є загальний спад виробництва, ослаблення фінансово-кредитної системи (недовіра європейських і американських кредиторів, перевірка (аудит) нашого Національного банку), скорочення експорту, збільшення імпорту, ріст цін, збільшення дефіциту бюджету, ослаблення національної валюти на міжнародних валютних ринках і в самій Україні.

Одним із необхідних умов зупинки цього процесу є активізація інвестиційної діяльності. Це може бути досягнуто за рахунок росту інвестицій і ефективного використання інвестиційних ресурсів в пріоритетних секторах матеріального виробництва. Для вирішення цієї важливої проблеми потрібно задіяти цілий комплекс важливих соціальних, державних і технічних факторів, де одним із важливих елементів цього комплексу вважається надійність інформаційних систем.

Інформатизація як система підвищення ефективності процесів, формування, передачі, комутації і переробки інформації цілком обґрунтовано належить до найбільш пріоритетних напрямків розвитку управлінської діяльності на всіх ієрархічних рівнях держави.

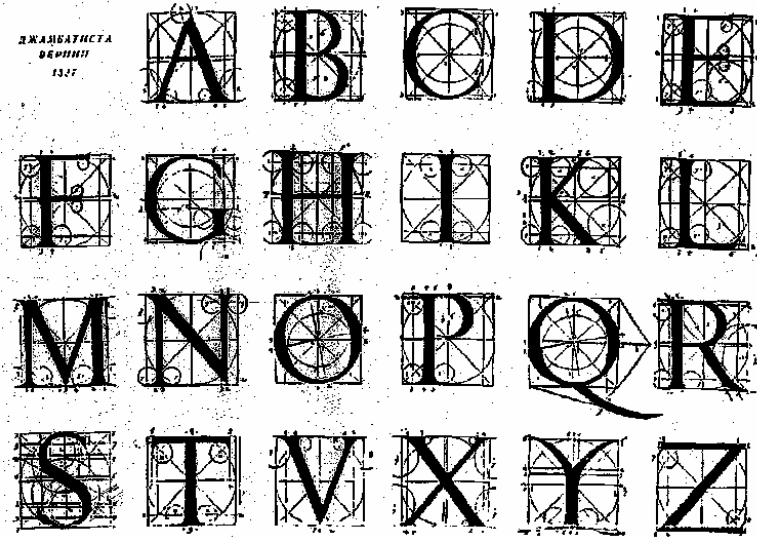
У період становлення української державності однією із головних вимог є інформатизація суспільства, і як її складова – інформатизація виробничих процесів.

Метою інформатизації виробничих процесів як складової частини загального процесу інформатизації суспільства є підвищення ефективності складових цих процесів за рахунок розширення обсягів інформації і вдосконалення методів її обробки, а також прищеплення користувачам навичок застосування інформаційних технологій у професійній діяльності людини в

системі “людина – машина – навколишнє середовище”.

Інформація, моделюючи реальні процеси [1, 2], відображає їх особистості, які необхідні для вирішення практичних задач. Інформація – категорія абстрактна, але проявляється вона в матеріально-енергетичній формі у вигляді складних фізичних явищ і процесів-сигналів, здатних розповсюджуватися в просторі і в часі. В математичних моделях сигналу виділяють слідувачі параметри: інформаційні, зміни яких є носіями інформації, і розподільчі, які визначають приналежність сигналу до того чи іншого ансамблю.

Наростаюча хвиля інформації в сучасному світі зумовила появу нових засобів масової комунікації. Однак основним носієм інформації залишається шрифт – графічна форма відповідної системи письма (Мал.1).



Мал. 1. Побудова букв латинського алфавіту (історичний зразок епохи Відродження)

Шрифтовий текст – це насамперед, графічна форма письма, що передає відповідну інформацію і складається з окремих букв.

Буква означає той чи інший звук, має задану суворо відповідну структуру. Усередині цієї структури можливі лише невеликі зміни в межах, окреслених можливістю розпізнавання

знака. Ці зміни є достатніми для того, щоб відобразити в різних варіантах накреслення букви ознаки епохи, творчі імпульси і уподобання людей, які її писали.

Буква, шрифт, письменність самі по собі – один із найважливіших факторів загальнолюдської культури, що містить у собі – значний художній потенціал.

Недооцінка художньо-естетичних особливостей шрифтової графіки, нерозробленість основних теоретичних положень про суттєвість мистецтва шрифту, виразних можливостей і перспектив його розвитку, як засобу передачі інформації в епоху інформатизації є причиною низької шрифтової культури і викликає ряд інших проблем, пов'язаних з творчими і технічними аспектами розвитку і функціонування шрифту в сучасному інформаційному просторі.

На сучасному етапі інформаційного забезпечення суспільства і його складових з впровадженням різних технічних засобів в інформаційних системах на порядку денному стоїть проблема автоматичного зчитування і передачі інформації у вигляді друкованих текстів.

Одним із напрямків цього питання є необхідність обґрунтування і оптимізації процесу складання і описання букви як комплексу математичних функцій.

Процес описування букви або виділення відповідних її ознак є дуже важливим етапом автоматичного зчитування і передачі на цій основі відповідної інформації. Однак на сьогодні не існує суворого обґрунтування вибору ознак і різні дослідження пропонують різні методи. Розглянемо це питання більш детально і спробуємо реалізувати можливості букви як носія інформації для використання її в сучасних комп'ютерних технологіях і керуванні виробничим процесом [3].

При передачі потоку інформації процес автоматичного читання розпадається на декілька достатньо самостійних етапів, з яких можна виділити основні:

- перетворення зображення букви в електричні сигнали;
- дискретизація і оптимальна фільтрація з метою придушення шумів;
- виділення ознак; віднесення рішення на основі виділених ознак.

Зображення букви може бути описано функцією  $q(x, y)$ , де  $q(x, y)$  задає інтенсивність фарби зображення. Допустимі перетворення можуть діяти як на значення самої функції  $q$  (зміна контрастності, непропечатки), так і викликати перетворення перемінних  $x$  і  $y$  (руху).

Використання геометричних представлень дозволяє розглядати ознаки, що описують букву у зчитуючому пристрої, як компоненти багатомірного вектору в просторі ознак.

Можливість описання букви в багатомірному просторі за допомогою систем ознак, які можна представляти у вигляді чисел, витікає вже із того факту, що будь-яка речова функція може біти виражена за допомогою коефіцієнтів розкладення в ряд Фур'є за ортогональною системою функцій. Позитивна відповідь на це питання витікає також з рішення двомірної проблеми моментів Хаусдорфа, яка полягає в наступному. Дані числа

$$m_{pq}(p, q=0, 1, 2, \dots) \quad (1)$$

Шукається функція  $f(u, v)$  така, що

$$m_{pq} = \int_0^1 \int_0^1 u^p v^q f(u, v) du dv, \quad \begin{cases} 0 \leq u \leq 1 \\ 0 \leq v \leq 1 \end{cases}. \quad (2)$$

Як відомо [4], проблема вирішена в тому випадку, якщо при будь-яких  $(l, n=0, 1, 2, \dots)$  і при будь-яких  $(p, q=0, 1, 2, \dots)$  має місце співвідношення.

$$\sum_{i=0}^l \sum_{k=0}^n (-1)^{i+k} \binom{l}{i} \binom{n}{k} m_{p+1, q+k} \geq 0. \quad (3)$$

Можливість відновлення функції по значенням її коефіцієнтів розкладення тісно пов'язана з повнотою системи функцій. Однак в задачі впізнання не вимагається відновлення індивідуальної функції. Тут признаки використовуються скоріше для характеристики класу шрифту, його букв, наприклад, класу "букв А" (Мал. 2), ніж для характеристики індивідуальних представників. Тому суттєвими різницями ознак є різниці між класами, а не суттєвими – різниці усередині класу.

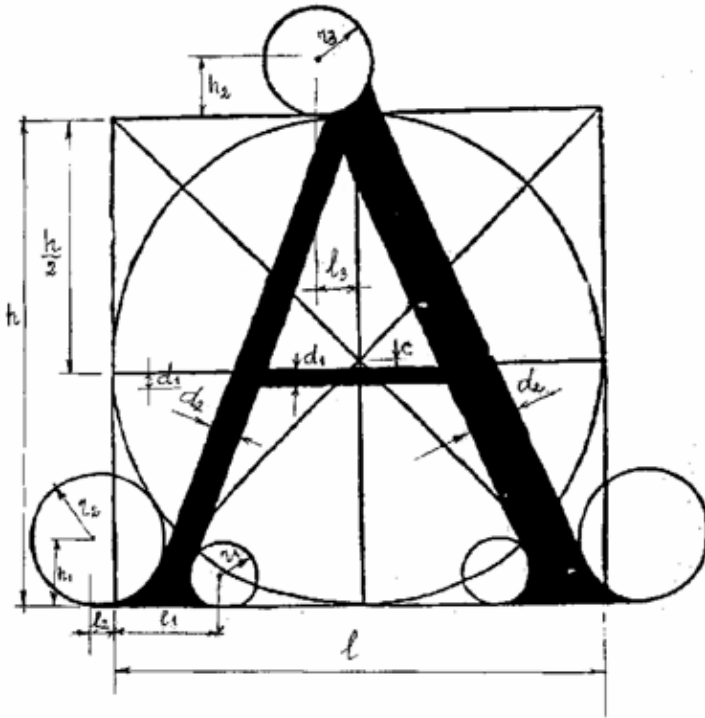
Перехід від двохмірної функції до системи чисел (ознак) можна інтерпретувати як задання деякого функціонала. Вважаючи цей функціонал лінійним, можна аналітично записати процес витягання ознак у вигляді скалярного добутку:

$$x_k^j = (q_i, f_k),$$

де  $f_k$  – система функцій (ознак);

$x$  – кількісна міра ознаки.

Таке описання процесу витягання ознак вперше розглядала-ся в роботі [5]. Важливим і, очевидно, найменш дослідженим є питання про кількість і тих ознак, які необхідно вибрати для розпізнавання елементів шрифту [6], як одного із елементів інформаційної системи.



Мал. 2. Геометрія побудови букви “А”

Найбільш простий випадок має місце, коли допустимими перетвореннями є перетворення ідентичності, тобто букви даного виду шрифту розглядаються у фіксованій системі координат. В цьому випадку можна використати в якості  $f_k$  функції  $q_i (j=1, \dots, N)$  і використати кореляційний метод розпізнавання:



$$x_j^i = k_{ij} = \iint q_i(x, y) q_i(x, y) dx dy, \quad (5)$$

де  $k_{ij}$  – коефіцієнт кореляції.

Другою можливістю є вибір усередині квадрата (див. мал.1)  $\left( \begin{matrix} 0 \leq x \leq l \\ 0 \leq y \leq h \end{matrix} \right)$ , в межах якого розміщені значення  $x$  і  $y$ , таких областей  $\Omega_k$ , де задання функції  $\Theta_k(x, y)$  давало би різні значення послідовностей  $x_k^j$  для різних букв:

$$x_k^j = \iint q_i(x, y) \Theta(x, y) dx dy \quad (6)$$

Якщо використовуються тільки два значення функції  $\Theta$ , тобто  $\Theta$  є одиничною узагальненою функцією

$$\Theta(x, y) = \begin{cases} 1(x, y) \in \Omega_k \\ 0(x, y) \notin \Omega_k \end{cases},$$

ми одержимо ознаки, відомі під назвою фрагментів:

$$x_k^i = \iint_{\Omega_i} q_i(x, y) dx dy \quad (7)$$

Вибір областей  $\Omega_k$  (фрагментів) достатньо повно відображено в роботі [7].

Більш складним є вибір ознак, коли допустимі перетворення перемінних  $x$  і  $y$  є перетворення якої-небудь підгрупи афінної групи.

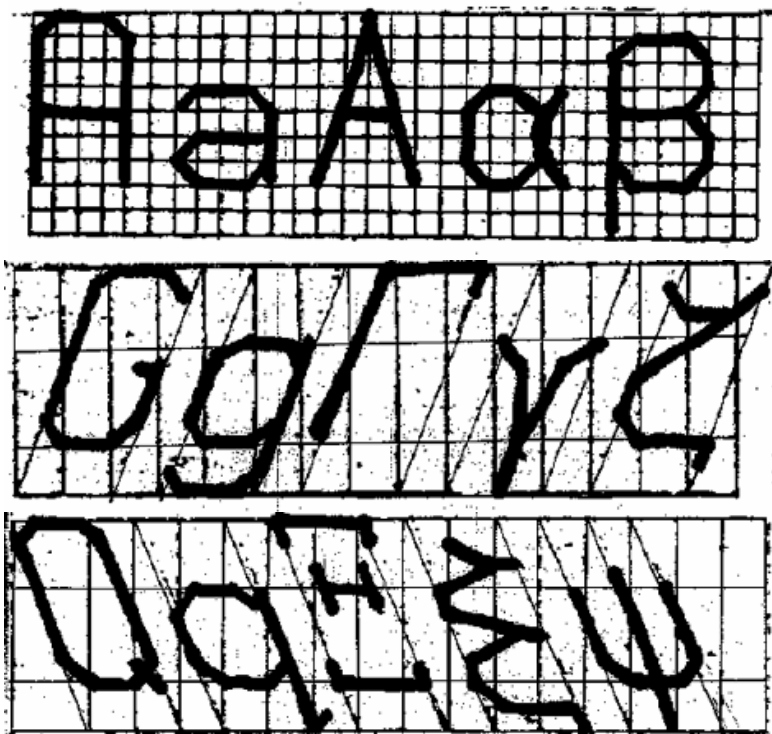
Якщо ставити умову, щоб при допустимих перетвореннях букв ознаки не змінювались, ми тим самим вимагаємо, щоби ці ознаки були абсолютно інваріантами перетворення. Один із шляхів одержання таких ознак полягає в використанні в якості  $f_k$  системи функцій, які володіють інваріантністю відносно перетворень групи. Розглянемо, наприклад, групу трансляцій:

$$x' = x + a_1, y' = y + a_2 \quad (8)$$

Для одержання інваріантів по відношенню до переносів, розглянемо тригонометричні функції  $e^{iux}$ .

Дійсно, цим функціям притаманна інваріантність до переносів, оскільки  $e^{iux(x+a_1)} = e^{iux} e^{ia_1}$ . Таким чином, можна використовувати в якості ознак, які є відносними інваріантами, коефіцієнти  $a_{mn}$ , розкладені в ряд Фур'є функції  $q(x, y)$  в квадраті  $lh$  (див. Мал.2):

$$q(x, y) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} a_{mn} e^{\frac{imx + iny}{T + h}} \quad (9)$$



Мал. 3. Елементи шрифту і букви у вигляді комбінації прямих ліній

Якщо допустимими є перетворення груп обертань, то в якості відносних інваріантів можна використати коефіцієнти розкладення в ряд Фур'є-Беселя [4]

$$q(p, \varphi) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \beta_{mn} e^{in\varphi} In(k_m^{(n)} \rho) \quad (10)$$

де  $k$  – параметр,  $In$  – Беселева функція.

Другою можливістю є використання нормалізованих моментів, про які вже говорилось вище

$$m_{pq} = \iint x^p y^q q(x, y) dx dy, \quad (11)$$

пов'язаних з перетворенням Фур'є функції  $q(x, y)$  співвідношенням [4]:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} q(x, y) e^{i w_1 x + i w_2 y} dx dy = \sum_{p=0}^{\infty} \sum_{q=0}^{\infty} m_{pq} \frac{(i w_1)^p}{p!} \cdot \frac{(i w_2)^q}{q!} \quad (12)$$

Для одержання ознак можуть бути використані коефіцієнти розкладу і по іншим системам функцій.

Таким чином показано, що процес виділення ознак в багатьох практично важливих випадках може бути описаний як процес вираховання лінійного функціоналу.

Коефіцієнти розкладення  $q$  по деякій системі функцій, хоча і описують інваріантно один тип букв при допустимих лінійних перетвореннях координат, okazуються дуже відчутними до невеликих деформацій форми самих букв. Такі деформації можуть бути викликані нерівномірністю розподілення фарби, змін пропорцій і іншими причинами.

Спеціальні питання формоутворення буквених знаків, пов'язані з ритмом [8, 9, 10], пропорціями [11, 12], просторовою побудовою шрифту [13] і його практичним використанням [9, 14, 15].

У зв'язку з цим, такі ознаки нездатні, наприклад, описати єдиними термінами букви різних шрифтів, хоча би і в фіксованій системі координат.

Описання букв як класів [6], повинно виконуватися без зв'язків з координатними системами і включати такі поняття, як "пряма", "крива" і відношення між ними (Мал. 3). Таке описування може бути одержано лише в результаті "локального" аналізу зображення, тобто в результаті вияснення взаємного розміщення крапок.

Тепер ми будемо розглядати не просто точки, а точки разом з заданими на них напрямками – лінійні елементи (див. Мал.3). На орієнтованій кривій лінійний елемент задається за допомогою трьох величин –  $x$ ,  $y$ ,  $\psi$ . Для всіх точок орієнтованої кривої такі елементи знаходяться однозначно. Для точок двомірних областей напрямком однозначно визначено лише на контурі з допомогою співвідношення

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{dy}{dx}.$$

Розглянемо довільну плоску букву-фігуру. Якщо її контур достатньо гладкий, тоді геометричні властивості фігури знаходяться в основному властивостями її контуру. Таким чином необхідно, в першу чергу, розглянути взаємне розміщення крапок контуру. З цією метою розглянемо лінійний елемент  $x, y, \psi$ , який рухається по контуру.

Рух його можливо описати рівнянням:

$$\begin{aligned} x &= x(t); \\ y &= y(t); \\ \psi &= \psi(t), \end{aligned} \quad (13)$$

де  $t$  – речовий параметри, який позначає час. Будемо рахувати лінійну швидкість  $v$  елемента постійний.

Таким чином, модуль вектора швидкості

$$v = \frac{ds}{dt} = \sqrt{x^2 + y^2} = const, \quad (14)$$

де  $x = \frac{dx}{dt} = v_x$ ;  $y = \frac{dy}{dt} = v_y$ ; а довжина дуги  $s = \int_0^t v dt$ .

Значення  $\psi$  знайдене із умови

$$\psi = \arctg \frac{\dot{y}}{\dot{x}} \quad (15)$$

представляє собою напрямок вектора швидкості. Кутова швидкість лінійного елемента знаходиться як

$$\varpi = \frac{d\psi}{dt} = \frac{\ddot{y}\dot{x} - \dot{y}\ddot{x}}{(\dot{x})^2 + \dot{y}^2}. \quad (16)$$

Залежність  $\psi = \psi(s)$  представляє собою рівняння контуру букви у звичайній системі координат, є інваріантною по відношенню до групи рухів. Однак, як упоминалось вище, при упізнанні нас не цікавить точний вигляд залежності  $\psi = \psi(s)$ , оскільки ці вирази можуть бути для букв різних шрифтів [6, 16]. Розглянемо елемент  $M(x_m, y_m, \psi_m)$  контуру. Розкладемо функцію  $\psi(s)$  в ряд Тейлора в околі точки  $M(x_m, y_m)$ :

$$\psi(s) = \psi(S_m) + \frac{S - S_m}{1!} \psi'(S_m) + \frac{(S - S_m)^2}{2!} \psi''(S_m) + \dots \quad (17)$$

Користуючись співвідношеннями (13)–(16), ми можемо ви-

разити похідні  $\frac{d^n \psi}{ds^n}$  через похідні  $\frac{d^{n+1}x}{dt^{n+1}}$  і  $\frac{d^{n+1}y}{dt^{n+1}}$ .

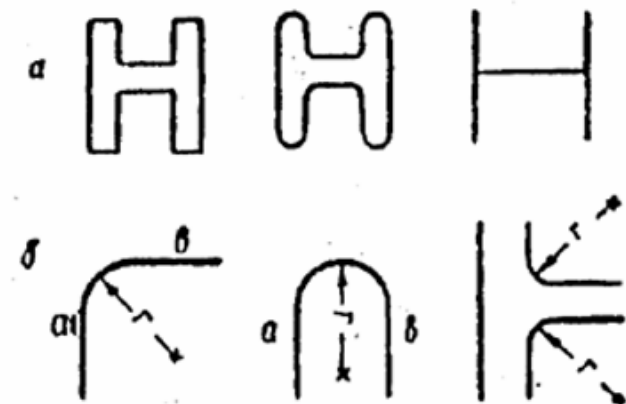
Оскільки ми розглядаємо розкладення на невеликій ділянці, і нас не цікавить точне описання букви, ми можемо обмежитися малим числом членів, наприклад, трьома:

$$\psi(s) \approx \psi(S_m) + \frac{S - S_m}{1!} \psi'(S_m) + \frac{(S - S_m)^2}{2!} \psi''(S_m) \quad (18)$$

Перший член розкладу (18) дає напрямок дотичної до контуру в даній точці, другий – кривизну, третій – зміни кривизни. Переходячи до перемінних  $x$  і  $y$ , ми бачимо, що буква на обмеженій ділянці може бути охарактеризована за допомогою величин

$$\frac{d^{n+1}x}{dt^{n+1}}, \frac{d^{n+1}y}{dt^{n+1}}, n=0, 1, 2 \quad (19)$$

і відношень цих величин. Відмітимо, що для прямолінійної ділянки члени вище першого порядку будуть відсутніми.



Мал. 4. Геометрична інтерпретація елементів шрифту та їх з'єднання для одержання букви

Буква в цілому може бути описана сукупністю таких розкладень в точках, де значення  $\psi$ ,  $\psi'$ ,  $\psi''$  неоднакові. Користуючись таким поданням, можна показати, чому в криволінійних

дільницях зображення вміщується більша кількість інформації, ніж в прямолінійних. Насправді, припустимо, що значення  $\psi, \frac{d\psi}{ds}, \frac{d^2\psi}{ds^2}$  вимірюються за допомогою дискретних відрахунків, інтервали змін розбиті відповідно на  $l, m, n$  частин. Оскільки значення цих величин можна задавати незалежно один від одного, вони є умовно незалежними величинами. Нехай імовірність появи значень  $\psi, \psi', \psi''$  є

$$p(\psi_i) = p_i', \quad p(\psi_i') = p_i^2, \quad p(\psi_i'') = p_i^3,$$

тоді імовірність їх сумісної появи дорівнює

$$p = p_i^1, p_i^2, p_i^3 \quad (20)$$

Інформація, яку необхідно передати про цю дільницю контуру:

$$-I = \sum_{i=1}^l p_i^1 \log p_i^1 + \sum_{i=1}^m p_i^2 \log p_i^2 + \sum_{i=1}^n p_i^3 \log p_i^3 \quad (21)$$

Для прямої лінії ця інформація, безперечно, буде мінімальною, але чим більше членів вміщується в розкладенні, тим більшу кількість інформації необхідно передати про цю дільницю. Неважко показати також, що найбільша кількість інформації вміщується в особливих точках контуру букв. Розглянемо деякі випадки.

Кутова точка. Нехай два прямолінійних відрізка  $a$  і  $b$  розміщені під кутом  $\pi/2$  і з'єднані плавною кривою (Мал.4). Для простоти з'єднуюче коло будемо рахувати колом малого радіуса. Безперечно,  $\mathcal{G}_x = \mathcal{G}, \mathcal{G}_y = 0$  для  $a$  і  $\mathcal{G}_y = \mathcal{G}, \mathcal{G}_{xy} = 0$  для  $b$ , а для точки на колі

$$\omega = \frac{d\psi}{dt} = \frac{\mathcal{G}}{r} \quad (22)$$

Якщо  $r \rightarrow 0$ , то  $\mathcal{G}/r \rightarrow \infty$ : це відношення показує причину більшого змісту інформації в кутових точках з малою кривизною.

Кінцева точка (Мал.4, б) відрізняється тим, що кут між прямими дорівнює  $2\pi$ .

Для кутових точок в малому околі є три різних значення величин  $\psi, \psi', \psi''$ . Таким чином, при  $r \rightarrow 0$  виникає неоднозначність

у визначенні цих величин.

Операції, які розглядались вище, у зв'язку з наявністю шуму у будь-якій реальній системі уявні як операції над випадковими величинами, а результати, які були приведені, справедливі в “середньому” для математичних чекань відповідних випадкових величин. Тому на практиці при вирішенні ряду питань в графічному дизайні виникає завдання знаходження функції розподілу цих величин. Оскільки ми розглядаємо рух лінійного елемента, природно допустити, що шум діє на складові швидкості елемента:

$$\begin{aligned} \mathcal{G}_x &= \bar{\mathcal{G}}_x + n_x(t) \\ \mathcal{G}_y &= \bar{\mathcal{G}}_y + n_y(t) \end{aligned} \quad (23)$$

де  $\mathcal{G}_x$  і  $\mathcal{G}_y$  – нормальні випадкові величини, їх середнє значення є відповідно  $\bar{\mathcal{G}}_x$  і  $\bar{\mathcal{G}}_y$ , і дисперсія  $\sigma_g$ . Задача полягає в тому, щоб знайти розподіл випадкових величин  $\mathcal{G}$  і  $\psi$ , одержаних в результаті перетворення по формулах (14) і (15).

Користуючись відомими для таких перетворень співвідношеннями [17] встановлено, що величина  $\mathcal{G}$  буде розподілена у відповідності з узагальненою функцією розподілу Релея [16]:

$$W(\mathcal{G}) = \frac{\bar{\mathcal{G}}}{\sigma_g^2} e^{-\frac{\mathcal{G}^2 - \bar{\mathcal{G}}^2}{2\sigma^2}} I\left(\frac{\bar{\mathcal{G}} \mathcal{G}}{\sigma_g^2}\right), \quad (24)$$

тут  $I_0$  – функція Беселя нульового порядку [4] уявного аргументу. Функцію розподілу  $S$  неважко знайти із співвідношення  $\mathcal{G} = \frac{dS}{dt}$ . Функція розподілу  $\psi$  буде мати вигляд:

$$W(\psi, t) = \frac{1}{2\pi\sigma_g} \int_0^\infty \mathcal{G} e^{-\frac{(\mathcal{G} \cos \psi - \bar{\mathcal{G}}_x)^2 + (\mathcal{G} \sin \psi - \bar{\mathcal{G}}_y)^2}{2\sigma_g^2}} d\mathcal{G} \quad (25)$$

Позначивши  $\bar{\mathcal{G}}^2 = \bar{\mathcal{G}}_x^2 + \bar{\mathcal{G}}_y^2$  і  $\psi = \arctg \frac{\bar{\mathcal{G}}_x}{\bar{\mathcal{G}}_y}$ , одержимо

$$W(\psi, t) = \frac{1}{2\pi} e^{-\frac{\bar{g}^2}{2\sigma_g^2} + \frac{\bar{g} \cos(\psi - \bar{\psi})}{\sqrt{2\pi\sigma_g}} \cdot \Phi\left(\frac{\bar{g}}{\sigma} \cos(\psi - \bar{\psi})\right)} \cdot e^{-\frac{\bar{g}^2}{2\sigma_g^2} \sin^2(\psi - \bar{\psi})} \quad (26)$$

Тут  $\Phi$  – функція Лапласа. Що стосується розподілу величин  $x(t)$  і  $y(t)$ , то вони як інтеграли від нормальних випадкових процесів також будуть нормальними процесами.

Знаючи розподіл  $S$  і  $\psi$ , можна вирахувати їх моменти.

Викладене вище дозволяє зробити висновок, що описані контури букви можуть бути одержані з використанням кінцевого числа членів розкладу виду (17) в околиці декількох раніше обраних точок контуру. Із відношень (21) і (22) витікає, що такі точки необхідно вибирати там, де зосереджена найбільша кількість інформації про контури букви, як елемента графічного дизайну.

Вирази (24) і (25) дозволяють враховувати вплив шумів у випадку, що розглядався.

Використання локальних характеристик дозволяє в принципі одержати інваріанти в графічному дизайні, однак практично із-за наявності шуму виконання необхідних операцій достатньо важко. І дійсно, точки контуру найбільш сильно піддаються дії шумів; можна сказати, що для них відношення сигнал/шум має найменше значення. Це пояснюється, по-перше, поступовим нарощуванням інтенсивності фарби при переході від білого поля до штриха букви і, по-друге, ослабленням сигналу від точок контуру при перетворенні зображення в електричні сигнали для передачі інформації за рахунок кінцевих розмірів плями електронно-променевої трубки, внаслідок чого має місце розмивання меж. Тому бажано використовувати метод, який з'єднував би переваги локального аналізу з високою перешкодостійкістю.

Цього можна досягнути, якщо аналізувати не точки контуру, а безпосередньо двомірні елементи штрихів букв. Такі інваріанти відомі в інтегральній геометрії [18].

Пряма лінія на площині може бути задана в одній із двох форм [4]:

$$\omega_1 x + \omega_2 y + \rho = 0 \quad (27)$$

або

$$y = x \operatorname{tg} \varphi + \rho \quad (28)$$

Введемо  $\delta$ -функцію на прямій, таку, що вона дорівнює нескінченності на даній прямій і нулю скрізь поза прямою. Тепер



ми можемо розглядати простір прямих  $(\varphi, \rho)$  або  $(\omega_1, \omega_2, \rho)$  і проводити інтегрування в цьому просторі.

Основні інваріанти інтегральної геометрії для двовірних фігур можуть бути відображені співвідношенням:

$$A = \int \xi^n d\varphi d\rho, \quad (29)$$

$$B = \int n_q d\varphi d\rho, \quad (30)$$

$$C = \int \left( \sum_{i=1}^n \chi_i \right) d\varphi d\rho, \quad (31)$$

де  $\xi$  – довжина прямої, яка укладена усередині даної фігури;  $n_q$  – число перетинів з даною фігурою;  $\chi$  – кривизна в точці пересічення з прямою.

Ці величини зв'язані з повною площею, повною довжиною контуру і повною кривизною контуру букви і є інваріантами групи рухів. Однак для багатьох букв ці величини okazуються одного порядку і не можуть служити достатньо розпізнаваними ознаками фігури.

Розглянемо тепер перетворення, яке дозволяє переходити від задання функції  $q$  в “просторі точок” до задання в просторі прямих. З цією метою скористаємося  $\delta$ -функцією, зосередженою на прямій і запишемо:

$$R(\omega_1, \omega_2, \rho) = \int_{-\infty-\infty}^{\infty} \int q(x, y) \delta(\rho - (\omega_1 x + \omega_2 y)) dx dy \quad (32)$$

Як показано в роботах [19, 20], перетворення (32) і перетворення Фур'є пов'язані відношеннями:

$$F(\alpha\omega_1, \alpha\omega_2) = \int_{-\infty}^{\infty} R(\omega_1, \omega_2, \rho) e^{i\alpha\rho} d\rho \quad (33)$$

$$R(\omega_1, \omega_2, \rho) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\alpha\omega_1, \alpha\omega_2) e^{-i\alpha\rho} d\alpha \quad (34)$$

Вияснимо тепер, яким чином може бути використано вираз (32) для описання букви при її розпізнанні і використанні в якості інформаційного елемента. Будемо виражати функцію  $R$  в координатах  $(\varphi, \rho)$ . Розглянемо деяку точку  $S$  простору прямих і в околиці цієї точки розкладемо  $R(\varphi, \rho)$  в двовірний ряд Тейло-

ра:

$$R(\varphi, \rho) = \sum_0^{\infty} \sum_0^{\infty} (\varphi - \varphi_s)^k (\rho - \rho_s)^n \frac{d^{n+k} R(\varphi, \rho)}{d\rho^n d\varphi^k} \quad (35)$$

Оскільки для описання класу букв достатньо обмежитися кінцевим числом елементів розкладу (35), можна заключити, що буква на обмеженій ділянці визначається значеннями  $\frac{d^{n+k} R}{d\rho^n d\varphi^k}$ .

Подивимося, як пов'язані похідні  $\frac{d^n R}{d\rho^n}$  і  $\frac{d^k R}{d\varphi^k}$  з геометричними властивостями букв.

Для прямолінійних букв, які складаються з відрізків прямих, таких як **П, К, Х, Т, Ш, Г** (див. мал.1), безперечно у функції  $R(\varphi, \rho)$  будуть мати місце максимуми, відповідаючи напрямкам цих відрізків. Значення  $\varphi_s$ , для якого має місце максимум, визначає напрямок відрізка. Оскільки букви складаються з лінійних елементів, на ділянках цих елементів  $\frac{dR}{d\rho}$  і  $\frac{dR}{d\varphi}$  дорівнюють константи, так що другі похідні будуть дорівнювати нулю. Наявність кутових і вузлових точок можна знайти по присутності двох максимумів при постійному значенні  $\rho$ .

Криволінійні елементи букв характеризуються напрямком нормалі, тобто спрямуванням мінімуму  $R$  по  $\rho$ . Послідовність таких мінімумів дає описання напрямків контуру. Характеристиками можуть служити також похідні більш високого порядку. Слід відмітити, що для більш точного описання необхідно використовувати однозв'язні ділянки або враховувати число перетинів даної прямої з фігурою.

Із викладеного ми можемо зробити висновок, що використання перетворення (32) дозволяє суміщати переваги локального аналізу з більш високою перешкодостійкістю, яка одержується в результаті використання інформації від внутрішніх областей зображення букви, яка менше піддається дії шумів.

Систематичне розглядання нескінченного числа прямих ліній на практиці при вирішенні використання методів графічного дизайну для інформаційних систем може бути замінено розглядом вибірки кінцевих розмірів. Окрім цього, обмежується ділянка

площини і лінії замінюються відрізками. Якщо використовувати рівномірний розподіл для  $\rho$  і рівномірний розподіл для  $\varphi$ , то можуть бути одержані лише такі інваріанти, які даються співвідношеннями (29)–(31). Однак, змінюючи характер розподілу, можна одержати і інші інваріанти.

Друге обмеження, яке накладається фізичною системою, витікає із неможливості реалізації  $\delta$ -функції, яка володіє нескінченним спектром. Можливо, однак, скористатися яким-небудь приблизним її представленням, наприклад, у вигляді [19]:

$$\delta(x, y) \approx \frac{1}{2\pi\sigma_1\sigma_2\sqrt{1-\alpha^2}} \exp\left\{-\frac{1}{2(1-\alpha^2)}\left[\frac{(x-\mu_1)^2}{\sigma_1^2} - \frac{2\alpha(x-\mu_1)(y-\mu_2)}{\sigma_1\sigma_2} + \frac{(y-\mu_2)^2}{\sigma_2^2}\right]\right\} \quad (36)$$

при  $\sigma_2 \rightarrow \infty, \sigma_1^2 + \sigma_2^2 = const$ .

Тоді перетворення (32) прийме приблизний вигляд:

$$\tilde{R} = \frac{1}{2\pi\sigma_1\sigma_2\sqrt{1-\alpha^2}} \iint q(x, y) \exp\left\{-\frac{1}{2(1-\alpha^2)}\right. \\ \left.\cdot \left[\frac{(x-\mu_1)^2}{\sigma_1^2} - \frac{2\alpha(x-\mu_1)(y-\mu_2)}{\sigma_1\sigma_2} + \frac{(y-\mu_2)^2}{\sigma_2^2}\right]\right\} dx dy \quad (37)$$

Інтегральне перетворення (37) можна інтерпретувати як “анізотропний фільтр” у випадку, коли параметри  $\sigma_1, \sigma_2$  не рівні один одному, і лінія однакових значень експонент є еліпс, центр якого визначається значеннями  $\mu_1, \mu_2$ , напрямком більшої піввісі утворює кут  $\varphi/3$  з віссю  $x$ ,  $tg\varphi = \frac{2\alpha\sigma_1\sigma_2}{\sigma_1^2 - \sigma_2^2}$ . При  $\sigma_2 \rightarrow \infty$ ,

$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 = const$  еліпс вироджується в пряму [19].

Анізотропний фільтр дозволяє виділити наперед заданий напрямок в букві, якщо він існує. Набір таких фільтрів може бути використаний для виділення різних напрямків. Коли більша піввісь збільшується до розмірів, обмежених растром, а еліпс вироджується в пряму, може бути вираховано перетворення (32), якщо брати різні орієнтації великих піввісей і різні положення центра. Обробка, відтворена у відповідності з формулою (37), легко реалізується на сучасній комп’ютерній техніці.

Використання викладених перетворень дозволяє перейти від задання зображення в просторі точок до задання його в просторі прямих. Завдяки цьому стає можливим виявляти структуру зоб-

раження для інформаційних систем і його форму, що полегшить створення інваріантних ознак в інформаційних системах.

Підсумовуючи викладені матеріали, ми маємо змогу ще раз переконатися, що шрифт як елемент графічного дизайну, є основою візуальної інформаційної системи.

Розглядувана на сьогодні при підготовці спеціалістів графічного дизайну тенденція використання шрифту як одного із засобів художньо-естетичного носія, не повно розкриває суть шрифту. Настав час при підготовці фахівців графічного дизайну розглядати шрифт як один із основних напрямків використання його в якості головних елементів інформаційних систем і технологій в управлінській діяльності, зокрема, і в забезпеченні безпеки життєдіяльності взагалі.

Використання шрифту в інформаційних системах дозволить забезпечити надійність інформаційних технологій та їх доступність при сьогоднішньому освітньому цензі населення України.

#### Література:

1. Торкатюк В.И., Косенко В.И., Ковалев В.И. Оптико-электронные системы в строительстве. /Под ред. канд. техн. наук В.И. Торкатюка. – М.: ЦНИИ информации, 1985.
2. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятий (индустриальная динамика). / Перевод с англ. под ред. Д.М. Гвишиани. – М.: Прогресс, 1971.
3. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Изд-во иностр. лит., 1963. – 460 с.
4. Бермант А.Ф., Араманович И.Г. Краткий курс математического анализа. – М.: Изд. Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1971.
5. Харкевич А.А. О выборе признаков при машинном опознании. // «Известия АН СССР», Отд-ние техн. наук, серия «Техническая кибернетика», 1963, №2, с.3-10.
6. Векленко О.А. Методические указания по изучению дисциплины «Шрифт». – Харьков: ХХПИ, 1989.
7. Аврух М.Л. Устройство для распознавания знаков методом фрагментов. // В сб. «Читающие устройства». – М.: ВИНТИ, 1962. – с. 116-130.

8. Адамов Е.Б. Ритмическая структура книги. – М., 1974.
9. Большаков М., Гречиго Г., Щицгал А. Книжный шрифт. – М., 1964.
10. Семченко П.А. Основы шрифтовой графики. – Минск, 1978.
11. Афанасьев К.Н. Анализ пропорций храма Покрова на Нерли. // Искусство и точные науки. – М., 1979.
12. Кузаян Л.М. Шрифт в книжном оформлении. – М., 1956.
13. Фаворский В.А. Шрифт, его типы и связь иллюстрации со шрифтом. // Гравюра и книга. – 1925, №1-2.
14. Воронецкий Б., Кузнецов Э. Шрифт. – Л., 1967.
15. Люблинская А.А. Латинская палеография. – М., 1969.
16. Прудников А.П., Брычков Ю.А., Марычев О.И. Интегралы и ряды. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981.
17. Мидлтон Д. Введение в статистическую теорию связи. Т.2. – М.: Советское радио, 1962.
18. Гельфанд И.М., Граев М.И., Виленкин Н.Я. Интегральная геометрия и связанные с ней вопросы теории представлений. – М.: Физматгиз, 1962.
19. Романов В.П. Извлечение информационных инвариантных признаков при автоматическом чтении. / НТИ, 1964, №2.

## ТЕХНОЛОГИ XXI ВЕКА НА СЛУЖБЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА УКРАИНЫ

Д.А. Соболев

г. Донецк, Донецкий государственный технический университет

Сейчас в нашей стране постепенно меняется отношение к человеческому труду. Удорожание товаров и услуг, потребляемых людьми, приводит к удорожанию рабочей силы. Поскольку возросшие затраты на оплату труда переносятся на себестоимость продукции, что ведет к ее удорожанию и как следствие – сокращению прибыли сельхоз. предприятия. Особенно остро данный вопрос стоит для предприятий, которые интенсивно используют ручной труд. Основной проблемой для руководителей данных предприятий стоит вопрос по эффективному использованию трудовых ресурсов.

Аналогичная ситуация наблюдается и с МТР. Их подорожание лишило сельхоз. предприятия большей части доходов... Положение также усугубляется и их нерациональным использованием. Если ранее МТР шли в хозяйство в достаточном количестве и по низкой цене, их не очень рациональное использование не создавало особых проблем для хозяйств. Сейчас же, когда МТР стоят на порядок выше при низких ценах на сельхоз. продукцию, их нерациональное использование для предприятия – прямой путь к банкротству... И задачей руководителя становится их жесткий контроль и рациональное использование.

На полевых сельхоз. работах с экономической точки зрения наиболее эффективна сдельно-премиальная оплата труда, зависящая от объемов работ и премиями за более короткие сроки выполнения сельхоз. работ. Данная оплата, с экономической точки зрения, позволит с минимальными затратами и в кратчайшие сроки выполнить полевые работы. Выплата премиальных не является пустой тратой денег, т.к. каждый день задержки при проведении тех или иных видов работ приводит к значительным потерям урожая. Но данный метод наиболее эффективен, в случае если точно и аккуратно ведется учет всей информации по каждому отдельному работнику. Как правило, ведение детального и полного учета традиционными методами (журналы, записи) по

каждому работнику достаточно трудоемкий и длительный процесс. Но, эти затраты времени не сравнятся с тем временем, которое придется затратить на ее анализ. Еще следует учесть, что при обработке человеком очень больших массивов разнородных данных резко повышается вероятность ошибки (непреднамеренные ошибки). И в дополнение следует учитывать человеческий фактор (человек не может быть абсолютно беспристрастным), иногда ведущий к появлению преднамеренных ошибок.

Но все вышеперечисленные проблемы устраняются путем введения специализированной компьютерной базы данных по учету издержек на рабочую силу и затраты МТР. Это дает следующие преимущества:

- отсутствие риска механической ошибки при расчетах;
- дешевизна в эксплуатации – для ввода и формирования готовых стандартизированных отчетов требуется только один человек;
- получение любой информации (в рамках введенных данных) в любой удобной для руководителя предприятия форме;
- минимальные затраты времени на ввод информации и получение интересующих результатов.

Но для достижения всех вышеприведенных преимуществ необходима правильно организованная база данных, приспособленная под нужды отдельного предприятия.

Но термин «компьютерная база данных» подразумевает программу, хранящую и обрабатывающую информацию посредством компьютера. Но, поскольку стоимость компьютера достаточно высока, то экономически обоснованно использовать его в крупных и средних хозяйствах, где необходимо обрабатывать большие объемы информации (включая другие программы, например, бухгалтерские). Но деньги, вложенные в компьютер, быстро окупаются за счет снижения затрат на раб. силу и МТР в хозяйстве.

Рассмотрим следующую ситуацию:

Во время уборочной страды зарплата бригадам (комбайнер, помощник, комбайнера, водитель, трактористы) выплачивается в зависимости от объема собранного урожая. В идеале данная методика заставляет всю бригаду собирать максимальный урожай. Но у данной методики есть один значительный недостаток

– она совершенно не учитывает затраты, возникающие при уборке. Например, можно достичь значительных объемов выработки, когда комбайн настроен на максимальную производительность, но с максимальными же потерями зерна и перерасходом топлива и чрезмерным износом техники. Конечно, при таком подходе к работе выигрывает бригада за счет того, что они собирают максимум продукции в кратчайшие сроки и как следствие получают максимальную зарплату. Но для предприятия подобная уборка урожая превращается в сплошные убытки. Конечно, возможно поставить зарплату в зависимость от вышеприведенных факторов. Но, традиционными средствами это сделать достаточно сложно – например, придется сравнивать расход топлива по каждому отдельному комбайну со средними показателями по хозяйству (или с нормативными) и в соответствии с этим делать соответствующие орг. выводы. Ситуация еще больше усложняется, если в хозяйстве находится значительное количество сельхоз. техники в различном тех. состоянии и значительное количество людей, которые работают на этой технике. Часто происходят ситуации, когда на одном и том же комбайне или тракторе работают несколько человек.

В данной ситуации наиболее эффективной является введение специализированной компьютерной базы данных, которая позволит руководству предприятия быстро и без лишних затрат времени оценить эффективность использования техники, работу персонала и получить детальную картину использования МТР в данном секторе (наиболее значительная статья затрат).

Данная база данных должна иметь следующую структуру:

На самом верхнем уровне находится персонал данного предприятия. Для удобства учета его необходимо разделить на две группы: работники и управленческий персонал (деление условное). Данное разделение позволит упростить учет постоянных и переменных затрат в хозяйстве.

Далее, на следующем уровне ведется учет затрат рабочего времени, распределенных по категориям (например, уборка пшеницы, вспашка и т.п.) и по датам и времени начала данных работ. Рабочие, которые не участвуют непосредственно в процессе производства (водители), привязываются к непосредственным участникам сельхоз. работ. В базе данных введено понятие



«Бригада» – т.е. она позволяет сгруппировать издержки и результаты по полевым бригадам, что позволяет более полно начислить зарплату квалифицированным рабочим, которые не участвуют непосредственно в процессе производства. В случае, если данная работа выполнялась на какой либо технике, данные затраты времени списываются и на данную технику.

По ней в базе данных хранится исчерпывающая техническая информация по имеющейся в хозяйстве технике (год выпуска, модель, расход топлива (нормативный и реальный) и т.п.). Также для каждой модели техники указывается, участвует ли она непосредственно в процессе производства.

Категория «использование техники» включает в себя все затраты по технике (ГСМ, запчасти), которые рассортированы по датам, что значительно упрощает их учет.

Далее учитываются результаты работы за определенные периоды времени. Для рабочих непосредственно занятых в сельхоз. работах (комбайнеры, трактористы) – ведется учет по достигнутым результатам (собранный урожай, вспаханная земля). Для работников, не занятых непосредственно в производственном процессе, ведется учет выполненных работ (например, перевезенные ГСМ) за определенные периоды времени.

Графическое представление данной системы приведено ниже.

В результате применения данной схемы построения базы данных появляется возможность связать каждого отдельного сотрудника с теми результатами, которые им были достигнуты. И параллельно учесть затраты на эксплуатацию техники данным работником. В результате применения данной системы оценок появляется возможность определения реальной ценности рабочих.

Итак, рассмотрим более детально все вышеприведенные категории.

Персонал – данная категория включает в себя всю личную информацию работников предприятия (Ф.И.О., возраст, стаж работы и т.п.).

Данная категория разделяется на рабочих и служащих. Наиболее проста в учете первая категория (служащие). Для данной категории учитывается только отработанное рабочее время. Для

получения более полной и детальной картины все время разбирается на следующие разделы:

Основная деятельность – то время, когда работник находился на своем рабочем месте и выполнял свои служебные обязанности.

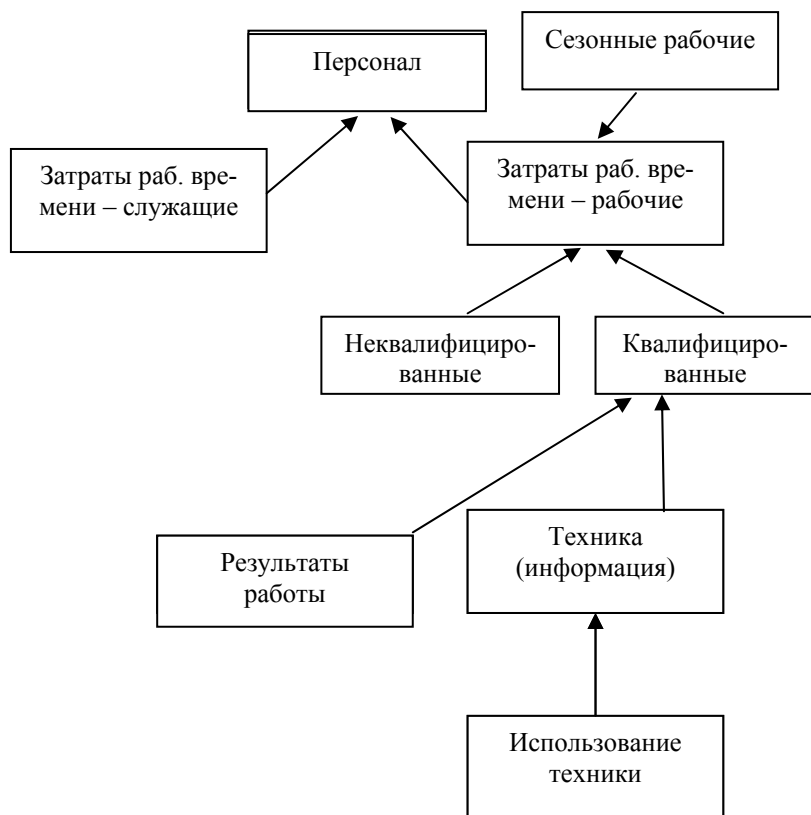
Больничный – учитывается время болезни работника.

Командировка – время, проведенное работником в командировке.

Отгул – время, взятое сотрудником в качестве отгула.

Отпуск – время, проведенное в отпуске.

Прогул – необоснованные потери времени по вине работника, к данной категории могут также относиться опоздания на работу.



На первый взгляд может показаться, что столь детальный учет рабочего времени по категориям (в часах и минутах) слишком сложен и громоздок... Но это окупается высокой точностью учета рабочего времени и дает возможность оценить эффективность работы каждого отдельного сотрудника.

Вторая группа (рабочие) более сложна и разделяется на две крупные подкатегории – квалифицированные и неквалифицированные рабочие. Данное деление на подкатегории обусловлено тем, что квалифицированные рабочие (механизаторы, техники и т.п.) могут использоваться на различных типах работ и получают большую заработную плату. Именно, при непосредственном участии данной группы создаются прибыли предприятия и именно на нее приходится большая часть затрат в виде МТР.

Для того, чтобы наиболее эффективно использовать данную группу высококвалифицированных и высокооплачиваемых рабочих, только для них вводится описанный выше учет рабочего времени по фактически достигнутым результатам и по средствам затраченным на достижение данных результатов. И в результате чего данная категория связывается с разделом «Техника» и «Результаты работы». Подобная структура позволяет наиболее полно учитывать затраты и результаты деятельности по данной категории.

Вторая же группа – неквалифицированные рабочие. Данная группа является более многочисленной по сравнению с предыдущей и может использоваться только на некоторых видах работ. В результате своих ограниченных возможностей неквалифицированные рабочие получают меньшую зарплату. Для них предлагается следующая система оплаты – они получают почасовую оплату вне зависимости от видов выполняемых работ. Данный вид оплаты наиболее предпочтителен потому, что для них очень тяжело учитывать те виды работ, которыми они занимаются. Дополнительно, для того, чтобы повысить мотивацию данной группы, предлагается ввести практику выплаты им вознаграждений после окончания уборки в зависимости от собранного урожая. Учет рабочего времени для данной категории ведется по тем же параметрам, как и для служащих, но с двумя небольшими изменениями: для них исключены командировочные (т.к. маловероятно, что данная категория рабочих будет отсы-

латься в командировки) и введена категория простоев (учитывает потери рабочего времени не по вине рабочих).

Особняком стоят сезонные рабочие. Данная группа (см. схему) не связана ни с одним элементом и включена лишь с целью наиболее полного учета затрат на рабочую силу. В случае, если предприятие активно использует сезонных рабочих в своей деятельности, они легко могут быть отнесены к категории неквалифицированных рабочих и с применением к ним той же системы оплаты труда.

Раздел: Затраты рабочего времени – рабочие/служащие включает в себя следующие категории:

- ✓ Временные интервалы (1 ч.)
- ✓ Виды выполняемых работ (указываются временные интервалы)
- ✓ Затраты времени (по видам работ)
- ✓ Учет сверхурочного времени

Подобная структура учета рабочего времени позволяет наиболее полно учесть рабочее время персонала, разделив его по видам работ и учтя сверхурочную работу (очень важно в случае, если предприятие не укладывается в сроки и в результате может понести значительные убытки в результате несвоевременного сбора урожая).

Далее рассмотрим результаты работы – данная часть базы данных представляет собой информацию о выполненном объеме работ/собранном урожае. Здесь ведется учет в натуральных единицах (урожай в тоннах, пахота в гектарах и т.п.). На первый взгляд учет в натуральных единицах представляет некоторую сложность... Но стоит вспомнить, что цены на урожай имеют тенденцию изменяться (и подчас совершенно неожиданным образом). Натуральные показатели позволяют точно корректировать прибыль предприятия в зависимости от изменения цен на культуры.

Техника – данный компонент представляет собой полное описание всей техники и включает следующие разделы:

- ◆ Модель
- ◆ Серийный номер
- ◆ Дата выпуска
- ◆ Нормативные затраты топлива

- ◆ Нормативные затраты масла
- ◆ Вид топлива
- ◆ Примечания
- ◆ Основная или вспомогательная

Итак, если с моделью, серийным номером и датой выпуска все более или менее понятно – эти параметры не меняются в процессе эксплуатации, то нормативные затраты топлива и масла меняются в базе данных в зависимости от технического состояния техники и ее износа. Данные параметры должны определяться специалистом. Они очень важны для определения целесообразности дальнейшей ее эксплуатации. Параметр, характеризующий технику как основную или вспомогательную, используется для того, чтобы определиться используется ли она непосредственно в производственном процессе или служит для обслуживания производственного процесса.

Использование техники – данный раздел учитывает, сколько времени отработал тот или иной вид техники и каковы затраты (списанные ГСМ, запчасти и т.п.). Данные затраты группируются по датам что позволяет отслеживать и оценивать эффективность их использования. Данные показатели позволяют определить эффективность использования техники в предприятии, т.е. если два одинаковых комбайна одной модели отработали равное количество времени и при прочих равных условиях затраты одного из них значительно превышают затраты другого, то из этого менеджер может сделать соответствующие выводы о эффективности работы комбайнеров (информация берется из раздела «Персонал»).

Необходимо также учитывать психологический эффект от введения базы данных на предприятии. Если каждый работник будет знать, что вся его работа учитывается и анализируется и от этого напрямую зависит его зарплата и премии, он постарается работать максимально эффективно.

На основании выше представленной информации, собранной в базе данных, разработчиком создаются типовые формы отчетов в которых приводятся показатели и данные которые необходимы руководству того или иного сельхоз. предприятия. Данные отчеты создаются согласно индивидуальным запросам руководителей и как следствие каждое предприятие получает ту информа-

цию и в той форме, которая ему необходима.

В целом данная база данных представляет собой мощный и гибкий инструмент, позволяющий эффективно оценивать работу предприятия и по многим показателям и очень точно рассчитывать себестоимость основного производства. Параллельно с данной целью ведется учет использования рабочего времени работников хозяйства и использования техники. В результате обладания подобной информацией, представленной в любой удобной форме для руководства сельхоз. предприятия, появляется возможность поднять эффективность работы данного предприятия без каких-либо дополнительных затрат, что очень важно для украинского сельского хозяйства на данном этапе.

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ТРАНСФЕРУ

О.Г. Тімінський

м. Київ, Київський національний університет будівництва і  
архітектури

Застосування сучасних інформаційних технологій – показник, по якому можна визначити стан тієї чи іншої галузі знань. Без широкого вжитку інформаційних технологій вже неможливо уявити ні наукову сферу, ні виробничу, ні науку управління.

Занепад виробничої сфери в період реформування економіки та зародження ринкових відносин – явище тимчасове. Хоча початкові умови розвитку виробництва на Україні, які втілюють у собі суттєве відставання від стандартів розвиненого світу, залишають бажати значно кращого. Ступінь автоматизації та впровадження високоефективних, енергозощаджуючих та інформаційних технологій у виробництві дуже мала.

Якщо ми бажаємо підняти на високий рівень конкурентоспроможності своє виробництво, то необхідно серйозно переглянути інвестиційну політику, метою якої було б досягнення високотехнологічного, високоавтоматизованого і високоефективного виробництва з мінімумом витрат праці, матеріалів, енергії та ресурсів і застосуванням нових методів управління, в тому числі сучасних інформаційних технологій.

Один з можливих шляхів подолання кризи виробництва – це перенесення нових технологій, що розроблені західними фірмами, в сферу наших виробничих комплексів і адаптація їх до умов сучасної економіки України. Такий процес перенесення отримав назву трансферу технологій та був відпрацьований передовими іноземними фірмами.

В наш час трансфер технологій – це ціла область науки і практики проведення процесів інноваційної адаптації, який може заключати в собі самий різний набір етапів – від простого перенесення та відтворення конкретної технологічної операції до широкомасштабного переобладнання як самого виробництва, так і його автоматизованого управління.

Трансфер як засіб технологічної переорієнтації є об'єктом

пильної уваги наукового напрямку, який активно розвивається останнім часом і отримав назву “управління проектами”.

*Трансфер технологій* являє собою проект по передачі винаходів, інновацій, досвіду, віднайдених “ноу-хау” або технологій, що знаходяться у власності певних персон чи організацій, іншим персонам або організаціям на основі певних організаційних форм, що закріплюється відповідними договорами. Головна особливість таких проектів полягає в адаптації технологічних новинок до умов конкретної країни, конкретної галузі та конкретного виробництва, на яких такий проект проводиться.

*Трансфером* у частинному випадку також називається будь-який аспект *трансферу технологій*, визначений в одній з його категорій. Наприклад, термінологічний трансфер означає аспект передачі специфічної термінології, що характерна для певного технологічного середовища, в проекті трансферу цієї технології.

Трансфер технологій має декілька функціональних типів:

1. Контракти на дослідження або розвиток.
2. Дослідження розробок або ліцензування.
3. Консультації.
4. Навчання або спеціальна освіта.

Хоча “ноу-хау” головним чином передаються через програмне забезпечення і через документацію, але, звісно, це також реалізується безпосередньо через передавання апаратних засобів. Таким чином, трансфер здійснюється шляхом:

- підвищення кваліфікації персоналу (навчання, освіта);
- паперових форм (ліцензії, документи, креслення);
- програмного забезпечення (програми, процедури, правила);
- обладнання (прилади, установки, роботизовані комплекси, технологічні лінії);

Головні організаційні форми трансферу – це прямі поставки технологічного обладнання, створення спільних підприємств, лізинг і проведення тендерних торгів.

Трансфер має багато моделей, на деяких з яких ми зупинимося нижче.

Один з найбільш ефективних шляхів трансферу – це навчання співробітників на імітаційних подібних робочих місцях, зокрема, на комп’ютерних моделях – так званий *імітаційний трансфер*.



*Внутрішній трансфер* проводиться через інформаційний обмін між відділами всередині організації, при цьому нові виробничі процеси вивчаються науковим і виробничим відділами.

*Вертикальний трансфер* здійснюється у великих компаніях, коли вони, проводячи інструктажі, заставляють своїх постачальників, якими є, в основному, малі та середні фірми, оволодіти високотехнологічним обладнанням (цифрове управління, роботи, АСУ) та використовувати високоякісний контроль і тестування виробничих процесів у відповідності з концепцією Загального контролю якості (Total Quality Management). Додатковий рівень знань потрібен компаніям для успішного співробітництва в таких проектах, як спільні підприємства.

*Трансфер на основі аналогії* може передавати досвід (наприклад, в експлуатації комп'ютерного обладнання) від одної галузі до іншої, наприклад, від комп'ютерних компаній – банківським установам.

*Міждисциплінарний трансфер* добре відомий в університетах, де підходи й методи, які винайдені однією науковою дисципліною (наприклад, математикою), використовуються для вирішення проблем інших наукових дисциплін (наприклад, інженерії, комп'ютерної науки, економіки, тощо).

В цьому випадку для зв'язку технічної мови з різними інтерпретаціями технічних термінів потрібен *термінологічний трансфер*.

*Передовий трансфер* відноситься до найбільш сучасних та складних технологій, таких як, наприклад, устаткування для виробництва електронних мікросхем.

Методи трансферу технологій розподіляються на чотири основні групи – інструментальну, формальну, організаційну та системну. В кожній групі – по чотири методи.

З метою вибору набору конкретних методів для застосування на даному виробництві або в даному проекті, як правило, складається матриця методів трансферу, на основі якої і проводиться відповідний аналіз. Така матриця має вигляд  $A_{xyz}$ , де  $x$  – область застосування методу (технологічний або організаційний аспекти,  $x=\{1..2\}$ ),  $y$  – група методів (інструментальна, формальна, організаційна або системна,  $y=\{1..4\}$ ),  $z$  – метод трансферу в групі,  $z=\{1..4\}$ .

Кожний елемент матриці  $A_{xyz}$  являє собою  $z$ -тий різновид методу з  $y$ -ої групи методів з  $x$ -тої області застосування. Кількість і величина критеріїв для всіх методів визначається експертами на базі одної з існуючих систем експертних оцінок, після чого математичними методами визначається оптимальна комбінація методів для кожної області застосування з урахуванням їх синергетизму не вище другого порядку.

В результаті проведеного аналізу менеджер проекту трансферу технології повинен реалізовувати в проекті ті методи, які були отримані після оптимізації матриці.

В наш час існує великий спектр програмного забезпечення проектів трансферу технологій, на якому ми зупинимось детальніше.

На етапі передінвестиційного дослідження має сенс застосувати середовище для оцінювання інвестиційних проектів AltInvest. У цьому середовищі можна оцінити вигоди та втрати від проекту та надати управлінцям результати такого аналізу для прийняття відповідного рішення – чи впроваджувати цю технологію чи ні, або яку з технологій доцільніше впроваджувати.

Для передінвестиційного аналізу проектів трансферу буває доцільним паралельно з кількісним проводити експертне оцінювання кількох технологічних альтернатив. Для автоматизації такого оцінювання при Київському національному університеті будівництва і архітектури автором за допомогою Microsoft Excel було розроблене програмне середовище EvaTrans для експертного аналізу трансферу по чотирьом аспектам технологій, що пропонуються до впровадження – технічному, фінансово-економічному, інституціональному і соціальному.

Фаза проектування теж вимагає програмного середовища для розробки проектів. Основний програмний продукт, що використовується для таких цілей у проектах трансферу – це, безумовно SureTrak фірми Primavera. Він призначений для організації робіт в проектах та побудови їх сіткового графіку з розподілом всіх видів ресурсів. SureTrak дозволяє розробити детальну WBS-структуру проекту (Work Breakdown Structure), кожен ланку якої розподілити на множину конкретних робіт та побудувати сітковий графік проекту на основі PDM-моделі (Previous Diagramm Method). При цьому кожній роботі назнача-

ються обмежені ресурси – виконавці, матеріали, кошти і час проведення. При цьому інформація про проект надається у вигляді WBS, діаграм Ганта та PERT-діаграм (Program Evaluation Review Technic). Останні використовуються для управління часом у проекті. SureTrak значно випереджає по можливостям, зручності і гнучкості аналогічні програми для управління проектами інших фірм, такі як, наприклад, Project Planner фірми Microsoft та інші.

Більш потужною програмою фірми Primavera для управління великими проектами є програмний продукт P3. Він практично не відрізняється суттєвими особливостями від SureTrak окрім можливості обробки та редагування значно більшого числа робіт, тому P3 використовують у мегапроектах та спільних проектах великих фірм.

Фаза укладання контракту про трансфер технології включає безпосереднє проведення організаційно-технологічної переорієнтації – укладання контрактів між усіма учасниками проекту трансферу. У випадку великих проектів і значної кількості фірм-підрядчиків виникає необхідність автоматизувати процес контрактингу. Для цього використовують програмний продукт для проведення контрактингу Expedition.

У підсумку можна сказати, що технологічна орієнтація виробництва може вивести його із сталої кризи, але для цього потрібна цілеспрямована технологічно орієнтована політика та навчання управляючих і менеджерів підприємств та промислових фірм моделям і методам їх відновлення, оздоровлення та забезпечення живучості і конкурентоспроможності – моделям і методам трансферу технологій із застосуванням сучасних інформаційних технологій управління.

## КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ПСИХОЛОГОВ

Ю.М. Кравченко

г. Севастополь, Севастопольский государственный технический университет

В ходе подготовки практических психологов особый интерес представляет возможность компьютеризации учебного процесса и программного решения различного вида педагогических задач в этой области. К основным направлениям программного решения педагогических задач можно отнести использование комплексной педагогической матрицы-плана, а также применение теории массового обслуживания, которая позволяет осуществить переход от статистических моделей организации учебного процесса к динамическим [1].

Одним из способов повышения эффективности учебного процесса является предоставление преподавателю простой и удобной в эксплуатации системы компьютерной поддержки. В области практической психологии существует множество тестовых заданий в электронном виде, но нет единой системы, позволяющей начинающему преподавателю грамотно организовать учебный процесс. Наличие компьютерных программ позволит оптимизировать работу выпускников вуза, что особенно важно для школьных психологов. С этой целью предлагается разработать программное решение комплексного психологического исследования личности.

Этапы создания компьютерной программы следующие.

1 этап. Разработка модулей составляющих программный комплекс:

- модуль хранения и обработки данных о клиентах;
- модуль тестов для контрольной проверки (срезов);
- анализаторы срезов (персональный для каждого теста внутри среза);
- интерпретатор (синтез) среза;
- статистическая обработка срезов (динамика процесса развития личности);
- интерпретация результатов статистической обработки.

2 этап. Наполнение базы знаний, служащей для интерпретации результатов тестов.

3 этап. Опытная эксплуатация.

Структура базы данных о клиентах:

- анкетные данные (статические, не меняющиеся во времени);
- данные о проведенных контрольных тестах (срезах).

При использовании программы в качестве обучающей необходимо хранение данных о студентах, результаты их работы, а также модуль статистического анализа оценок.

Данные о проведенных контрольных тестах:

- дата проведения;
- тип теста;
- результат тестирования;
- рекомендации, предоставляемые программой компьютера, на основе базы знаний;
- рекомендации специалиста.

Программный комплекс должен предполагать наличие нескольких интерфейсов пользователя:

- интерфейс психолога;
- интерфейс клиента;
- интерфейс консультанта;
- интерфейс обучаемого;
- интерфейс экзаменуемого;
- интерфейс экзаменатора.

В случае работы нескольких психологов с программным комплексом должно обеспечиваться разделение доступа к данным о клиентах для обеспечения конфиденциальности. Интерфейс консультанта предполагает доступ к анонимным результатам тестов для формирования целостных представлений о процессе работы с клиентом.

Программный комплекс предполагает возможность гибкого изменения набора тестов двумя способами. Первый способ – это наличие инструментального средства позволяющего психологу создать новый набор вопросов и способы обработки результатов, а также правила интерпретации. Второй способ – это система plug-in, которая позволит программисту без изменения основной программы создать принципиально новый тест вместе с сопро-

водительской информацией.

Рассмотренный программный комплекс дает возможность провести опрос клиента по большому количеству тестов, а также обеспечивает точность статистической обработки результатов. Графическое представление полученных данных позволяет наглядно проследить ход работы с клиентом.

Создание компьютерной версии комплексного психологического исследования личности позволит систематизировать информацию, с которой работают специалисты в области психологии. Поскольку в формировании базы знаний принимают участие опытные психологи-эксперты, то начинающий имеет возможность получить стандартизованный результат.

Периодическое обновление базы знаний позволит соответствовать современным требованиям развития науки и культуры общества.

Программный комплекс психологического исследования личности можно использовать на практических занятиях в процессе обучения. В этом случае предполагается использовать следующие режимы работы:

- в качестве тренажера;
- в качестве средства контроля знаний.

В качестве тренажера у студента появляется возможность на основе реальных данных попытаться самому интерпретировать результаты и сравнить их с уже выданной рекомендацией опытного специалиста, просмотреть предлагаемый набор методик, отметить для себя их преимущества и недостатки. У обучающегося формируется свой набор интерпретаций.

При рассмотрении программы как средства контроля знаний имеется возможность проведения опроса большого количества студентов и быстрой обработки результатов.

Компьютерные технологии и непосредственно рассмотренного комплекса позволят значительно модернизировать работу психолога, а также сделать результаты его общения с клиентом более реальными.

#### Литература

1. Маригодов В.К., Слободянюк А.А. Эргономико-эвристический подход к вузовской педагогике: Учебн. пособие для вузов. – Севастополь: Изд-во СевГТУ, 1998. – 171 с.

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ ПОШУК У КОРПОРАТИВНИХ СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ

Т.Г. Білова

м. Харків, Харківська державна академія культури

Однією з найбільш актуальних проблем управління організаціями, конкурентноздатність яких залежить від володіння інформацією та її ефективного використання, є своєчасне забезпечення керівництва потрібною інформацією. Прикладами таких організацій можуть бути урядові заклади та органи влади, юридичні фірми, торговельні фірми, інвестиційні інститути та інші. Задача полягає у тому, щоб виділити з величезного обсягу комп'ютерної інформації знання, які потрібні для прийняття рішень.

У загальному вигляді задачу виділення знань з інформації можна сформулювати таким чином: по сукупності інформації (документів)  $F$ , сукупності вимог до вигляду потрібних знань та сукупності базових знань і припущень, що включають знання про особливості предметної області, обраному засобу представлення знань, набору операторів, що допускаються, евристик і т.ін., сформулювати гіпотезу

$H:H \Rightarrow F$  ( $H$  міститься у  $F$ ).

Форма представлення та загальний вигляд гіпотези  $H$  залежить від цілі виділення знань та обраного засобу представлення знань. Моделі виділення знань, які містять в собі моделі класифікації, формування понять, розпізнання образів, виявлення закономірностей, визначаються цілями виділення знань, загальними характеристиками фактів, критеріями оцінки виділення знань.

Більшість інформації в організаціях зберігається у вигляді документів, тому можна говорити про отримання знань з текстів. Зараз пошукові засоби Internet та корпоративних систем документообігу надають такі послуги по пошуку потрібної інформації: пошук за ключовими словами; пошук за каталогом; інтуїтивний пошук: “знайти подібні”; запити на природній мові; використання тезаурусів.

Перші дві функції мають просту програмну реалізацію, але

вони недостатні при зростанні обсягів текстових баз даних. Тому найбільш перспективними стають останні три функції, які не отримали ще на сучасному етапі потрібного рівня розвитку.

Функція інтуїтивного пошуку дозволяє поступово уточнювати запит: вказати на документ чи частину документу та запитати подібні за змістом документи. Такий пошук виконується шляхом перетворення документа або його частини у пошуковий запит  $Z$ , який визначається за схемою:

$$(F_d, PR, K, PK) \Rightarrow Z, \quad (1)$$

де  $F_d$  – документ або фрагмент документу;  $PR$  – процедури морфологічного, синтаксичного та семантичного аналізу текстів;  $K$  – знання, що зберігаються у базі знань;  $PK$  – процедури логічного виводу, що базуються на інформації, яка міститься у базі знань.

За допомогою процедур  $PR$ , які виконуються спеціальним функціональним блоком-аналізатором, виділяються основні інформативні слова та словосполучення.

База знань  $K$  містить фрейми, які організовані у вигляді сукупності знань про предметну область. Процедури  $PK$  дозволяють за допомогою знань, що зберігаються у базі знань, розширити запит, зробити його більш інформативним.

Для розширення запитів використовуються тезауруси (словники). Вони містять синоніми, антоніми, споріднені слова, “вищі” та “нижчі” категорії та поняття (наприклад, район–область–країна). Це дозволяє значно збільшити ефективність пошуку. Але більшість корпоративних систем документообігу не мають тезаурусу. Це обумовлено великою вартістю та складністю підготовки словників під конкретну предметну область.

Складність розуміння системою запитів на природній мові полягає у тому, що система не може розпізнати відхилення речень від граматичної норми та умовчання, які характерні для природної мови та допускають багатозначні тлумачення висловлень. Вирішення цієї проблеми може йти по двом напрямкам:

- підвищення рівня та збільшення непроцедурності формалізованих мов запитів:

- використання для запитів природної мови, яка семантично і прагматично обмежена предметною областю, відносно якої ведеться спілкування.



## КОМПЬЮТЕР В УПРАВЛЕНИИ ШКОЛОЙ

Л.В. Кубарская

г. Кривой Рог, СШ №114 информационного профиля

В современных условиях демократизации общества, изменения структуры и содержания образования, его гуманизации и гуманитаризации, перехода к формированию личности в целом, а не конкретных её качеств, особое значение приобретает проблема подготовки подрастающего человека к полноценной жизни в информационном обществе.

В нашей школе шестой год работает лаборатория информационных технологий. Благодаря ее сотрудникам управленческая деятельность администрации осуществляется с применением информационных технологий.

Сегодня качественное планирование работы школы невозможно без всесторонней диагностики. С этой целью психолого-педагогической службой школы применяются компьютерные тесты по определению уровня интеллекта и творческих наклонностей учащихся, роли семьи в их развитии.

Для учителей создана компьютерная программа по определению уровня психолого-педагогической и методической подготовки учителя, разработаны тесты для диагностики педагогического мастерства учителя начальной школы.

В организации методической работы применяется программный пакет «Оптимизация», позволяющий учителю выполнить как прогнозирующую, так и контрольную диагностику урока, проверить эффективность его планирования, оптимальность выбора методов обучения, объема домашнего задания. Работая с программой, учитель может более рационально осуществлять подготовку того или иного этапа предстоящего урока. При этом его вариант анализируется, и на экран в виде диаграммы выводятся оптимально спроектированные компоненты урока, а также предлагаются рекомендации по возможным улучшениям.

На базе лаборатории проводятся групповые и индивидуальные консультации для учителей по применению пакетов прикладных программ на уроках, по применению дизайнера тестов. Благодаря этому большинство учителей проводят уроки с ком-

пьютерной поддержкой. Это позволяет учителям применять нестандартные приёмы объяснения нового материала, осуществлять оперативный и объективный контроль качества усвоения нового материала и подготовки домашних заданий и др. Такие уроки очень нравятся и учащимся.

Большую помощь в проведении аттестации учителей оказывает пакет «Квалификация», который проверяет умение учителя выполнить диагностику урока, дать самооценку своим деловым качествам, учесть мнение коллег, администрации, учащихся, родителей и, таким образом, определить квалификационный индекс учителя. Результаты оформляются в виде таблицы, и каждый из аттестуемых педагогов может проанализировать свой рейтинг.

С января 1999 года в школе применяется программа SOS, которая позволяет определить уровень развития коллектива и его структуру: актив, пассив, группу риска и изолированных в коллективе учащихся. Информация выводится на экран в графической форме – в виде списка с указанием рейтинга каждого ученика, а также мнение о нем учащихся и классного руководителя. Это позволяет психологу, классному руководителю и администрации школы провести глубокий анализ уровня сформированности классного коллектива. В частности, выявляется наличие группировок и их лидеров, взаимоотношения между любыми группами или конкретными учащимися, что позволяет в дальнейшем осуществить коррекцию содержания, направлений, форм и методов воспитательной работы по ликвидации выявленных недостатков (как с группами, так и с отдельными учениками).

На базе лаборатории второй год работает опорная школа по проблемам организации учебно-воспитательной деятельности с одарёнными детьми, использованию информационных технологий обучения.

За последнее время были проведены семинары-практикумы по различной тематике для учителей рисования, информатики, учителей начальных классов и психологов района.

В школе нет пока программы по составлению расписания, нет компьютеров в кабинете директора и завучей. Но есть лаборатория информационных технологий, благодаря которой суще-

ственно повышается эффективность управленческой деятельности: быстро и качественно оформляется внутришкольная документация и отчетность, широкие возможности для получения разнообразной информации предоставляют созданные сотрудниками лаборатории базы данных по педагогическим кадрам и учащимся. Современное программное обеспечение позволяет на высоком уровне выполнять оформление творческих работ учащихся.

Не зря говорят, что кадры решают всё. В состав нашей лаборатории входят инициативные люди. Это молодые учителя информатики – выпускники Криворожского педуниверситета П.А. Евтушенко, А.А. Коломоец, С.И. Евтушенко. Они прилагают много усилий для того, чтобы информационными технологиями были охвачены все сферы школьной жизни.

## О ВЫБОРЕ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ НАЧАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

А.П. Полищук, С.А. Семериков, Н.В. Грищенко  
г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический  
университет

Сравнение языков программирования – тема, всегда вызывавшая множество противоречивых суждений и споров. Если мы задаем вопрос, какой язык лучше, то прежде всего следует уточнить: лучше для чего, для какой сферы применения?

Существует множество публикаций, в которых предпринимались попытки оценить языки по определенному набору критериев. При этом за основу берутся, как правило, экспертные оценки. Однако, оценивая тот или иной язык, хорошо бы опираться на *объективные* критерии, а не мнение эксперта, пусть даже и являющегося признанным авторитетом в своей области.

Для начала определим сферу применения: обучение программированию. Отсюда естественным образом возникает и критерий – *простота* языка, выбираемого в качестве учебного, причем желательно, сравнивая различные языки, ответить на вопрос: на сколько рассматриваемый язык проще других, дав как качественную, так и количественную оценку его сложности.

Не существует общего критерия, вычисляемого в качестве оценки «сложности языка программирования». Тем не менее в любом языке, начиная с Алгола-60, есть строго формализованная часть – описание синтаксиса языка, что позволяет нам заняться оценкой объема этих описаний.

Синтаксические единицы любого языка одновременно являются и основными смысловыми понятиями: модуль, класс, блок, функция, процедура, метод, оператор, выражение. Ну а что, как не система понятий и их количество, может характеризовать сложность языка? Поэтому *в качестве меры сложности языка программирования будем рассматривать количественные характеристики формализованного описания его синтаксиса.*

Предметом нашего рассмотрения будут следующие языки: Алгол-60, Паскаль (в версии Н. Вирта), Си (K&R), Ада, Модула-2, ряд версий Турбо (Борланд)–Паскаля, Объектный Паскаль

(Дельфи), Си++, Оберон, Оберон-2, Java.

*Алгол-60.* Это первый язык, синтаксис которого был описан формально с помощью специально для этого созданной нотации – формул Бэкуса–Наура (ФБН). В 60-х – начале 70-х Алгол был самым популярным языком в СССР. Сейчас его не используют, но он рассматривается, так как, по сути, является родоначальником всех обсуждаемых языков.

*Паскаль.* Прямой потомок Алгола. При описании синтаксиса Паскаля его автор Н. Вирт использовал ФБН, добавив в нотацию скобки { и }, означающие повторение заключенной внутри них конструкции. Паскаль в оригинальной авторской версии не содержит средств раздельной компиляции – модулей, разнообразных числовых типов, строк переменной длины и многого из того, что добавлено в известные реализации.

*Си.* Этот язык достаточно традиционен. Приобрел популярность благодаря остроумным решениям, сделавшим запись программы на Си весьма компактной. Не накладывая на программиста особых ограничений, он дает ему максимальную гибкость. При описании языка использована нотация, в принципе эквивалентная ФБН. Каноническим считается описание, данное в книге создателя языка Д. Ритчи.

Как показали проведенные измерения, Си – не простой, а очень простой язык, недаром он завоевал такую популярность. Си весьма гармоничен, и хотя поощряемый им стиль принимают не все, но в изяществе языку не откажешь – что стоит только знаменитое ++. Интересно, кстати, что Си обладает одним из самых обширных наборов терминальных символов.

*Ада.* Официальный язык программирования американских военных. Происходит от Паскаля, но заметно сложнее его. Описан очень точно и строго. Для описания синтаксиса использован вариант ФБН.

*Модула-2.* Язык, который должен был заменить Паскаль, устранив основное его ограничение – отсутствие модульности. Но полноценной замены не получилось. В тот момент, когда нужно было обеспечить модульность в своих системах программирования, компания Borland решила, что выгоднее не переходить на Модулу-2, а добавить новые элементы в Паскаль. Тем не менее, известно, что Модула-2 использовалась и используется в

проектах, где важнейшую роль играет надежность. Средства межмодульного контроля Модулы-2 заметно совершеннее аналогичных возможностей Турбо-Паскаля и Си.

При описании синтаксиса языка Н. Вирт опирался на так называемые расширенные формулы Бэкуса–Наура (РФБН). В нотацию введены средства выражения итерации и задания необязательных частей, что позволяет в большинстве случаев обходиться без рекурсивных определений. Идентификатор в РФБН определяется так:

идентификатор = буква { буква | цифра }.

Фигурные скобки показывают, что заключенной в них конструкции может вовсе не быть либо она может повторяться сколько угодно раз. Получается гораздо проще и удобней.

При наших измерениях синтаксические правила для всех исследуемых языков были преобразованы именно в РФБН.

*Турбо-Паскаль и Объектный Паскаль.* Компилятор Турбо-Паскаль, разработанный Андерсом Хейльсбергом, был выпущен в продажу фирмой Borland в 1983 г. Эта версия уже содержала расширения языка, хотя и небольшие. В последующих выпусках расширений становилось все больше: встроенная «черепашня» графика (версия 3.0), от которой потом отказались, модули (4.0), средства ООП (объектно-ориентированное программирование; версия 5.5) и т.д. Начиная с версии 7.0, язык стал называться Borland-Паскаль, а с появлением системы Дельфи был переименован в Объектный Паскаль. Сейчас входной язык Дельфи по сравнению со стандартным Паскалем содержит очень много синтаксических расширений.

Линия Borland берет начало от Паскаля Н. Вирта, но дальнейшие версии Турбо – Borland – Объектного Паскаля становятся сложнее и сложнее: избрав однажды путь расширения старого языка с сохранением обратной совместимости, его можно только усложнять, отказаться от чего-либо уже невозможно. Недаром по линии Borland идет монотонный рост значений всех без исключения критериев.

В результате из Паскаля получился язык, приближающийся по сложности к языку Ада. По большому счету Паскаль в версии Борланда (Inprise, а теперь уже и Corel) уже не может считаться общемировым языком программирования. Это фирменный язык

одной не очень большой американской компании. В таком смысле он ничем не отличается от Бейсика, языка другой, правда более крупной, фирмы. Отсутствие переносимости даже делает не вполне правомерным сравнение этого языка с Си, Си++, Java, Модулой, Обероном и Адой.

*Си++*. Первоначальное название «Си с классами». В язык Си Бьярн Страуструп ввел средства ООП и ряд других добавлений. До последнего времени это – самый популярный язык, хотя он и сложнее Си практически вдвое.

*Оберон*. Разработан Н. Виртом в 1987 г. Представляет собой существенно упрощенный вариант Модулы-2, в который добавлены расширяемые записи – основной механизм ООП.

*Оберон-2*. В 1992 г. были приняты расширения языка Оберон, предложенные коллегой Н. Вирта Ханспетером Мёссенбёком. В язык введены так называемые связанные процедуры – аналог виртуальных методов в других языках.

*Java*. Самый молодой и самый «модный» язык. Являясь непосредственным наследником Си++, отличается от него тем, что в нем устранены любые не относящиеся к ООП средства. Судя по вычисленным критериям, Java не только не может считаться простым, но является одним из самых сложных языков, более сложным, чем Си++, и вдвое более сложным, чем Оберон. Вопреки пропаганде, Java содержит мало чего-либо действительно нового.

Описание синтаксиса рассматриваемых языков в РФБН можно найти во множестве общедоступных источников. Там, где возможно, нами были использованы описания ISO/IEC (the International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission) – организации, занимающейся разработкой международных стандартов в различных областях.

Правила, записанные в РФБН, как и текст на языке программирования, состоят из отдельных элементов – *лексем*. Лексемами являются определения понятий, называемые в теории формальных языков нетерминальными символами или просто *нетерминалами*. Например, в правиле

последовательность операторов = оператор {";" оператор}.

нетерминалами являются последовательность операторов и оператор. *Терминальные* символы – это те знаки, из которых и со-

стоит в конечном счете (terminal – конечный, заключительный) программа. При записи в РФБН терминальные символы ставятся в кавычки. В приведенном примере один терминал – «;». Терминальные символы – это тоже лексемы РФБН. Наконец, к числу лексем относятся специальные знаки, используемые в самих РФБН. В правиле о последовательности операторов это знак равенства, фигурные скобки и точка в конце.

Общее число лексем в описании синтаксиса языка может служить обобщенной характеристикой размера этого описания. Число лексем использовать в качестве меры объема гораздо лучше, чем, скажем, число знаков в описании. В этом случае значение нашего критерия не будет зависеть от того, на каком языке (русском, английском) или какими конкретно словами названы нетерминалы – понятия языка.

Число различных нетерминалов – следующая характеристика, которую мы будем определять путем вычислений. Количество используемых для описания языка понятий – несомненно важнейшее свойство, ведь именно от него зависит легкость освоения этого языка. Можно заметить, что число нетерминалов должно быть равно числу правил в описании синтаксиса, поскольку для каждого понятия должно быть ровно одно правило.

Набор и количество различных терминальных символов языка, упомянутых в синтаксических формулах, характеризуют *лексику* языка – набор знаков и специальных символов.

Во всех обсуждаемых нами языках существуют служебные слова, которые могут употребляться только в строго определенном смысле. Подсчет количества служебных слов позволяет оценить объем заучиваемых элементов языка.

Результаты анализа обобщены в таблице.

Несмотря на простоту, Оберон и Оберон-2 не получили широкого распространения, Java и Ада, в свою очередь, являются слишком сложными, а Алгол-60 и Модуль-2 можно считать вымершими языками. Поэтому реальными претендентами для дальнейшего рассмотрения являются языки Паскаль в редакции Никлауса Вирта (и его объектные расширения, предложенные Андерсом Хейльсбергом) и Си в редакции Денниса Ритчи (и его объектное расширение C++, предложенное Бьярном Страуструпом).



**Таблица. Количество элементов в языке**

<i>Язык</i>	<i>Лексемы</i>	<i>Нетерминалы</i>	<i>Терминалы</i>	<i>Служебные слова</i>
Алгол-60	1085	119	92	25
Паскаль	1012	110	84	35
ТП 2	1184	124	87	42
ТП 5	1331	127	87	48
ТП 5.5	1410	135	87	52
ТП 6	1488	143	89	55
ОП	1825	180	90	83
Модула-2	887	70	88	39
Оберон	765	62	90	32
Оберон-2	726	43	91	34
Си	917	49	123	27
Си++	1662	126	131	47
Java	1771	174	121	48
Ада	2206	226	102	63

Рассматривая синтаксис Паскаля и Си, можно сделать следующие выводы:

1. Даже в варианте Н. Вирта количество служебных слов в языке Паскаль больше, чем в языке Си (35 против 27). В последней необъектной его реализации (Турбо-Паскаль 5) ключевых слов уже 48, что превышает количество ключевых слов в объектном Си++!

2. Объектный Паскаль, используемый в среде разработки Дельфи, содержит 83 (!) ключевых слова, что делает его практически непригодным для целей обучения. В то же время язык Си++ в аналогичной среде визуального программирования Си++ Билдер содержит всего 47 ключевых слов.

3. Количество лексем в ТП5 на 45% больше, чем в языке Си, в Объектном Паскале – на 10% больше, чем в С++.

4. Для описания синтаксиса ТП5 используется 127 правил (терминалов), для описания Объектного Паскаля – 180 правил. В то же время весь синтаксис Си может быть задан всего 49 правилами, а синтаксис Си++ – 126. Таким образом, описать синтаксис объектного языка Си++ оказывается легче, чем описать синтаксис необъектного Паскаля.

5. Чем больше в языке нетерминалов, тем короче программы на этом языке, тем более компактна запись программ на этом языке. Из таблицы видно, что наиболее «многословный» язык – это Паскаль в нотации Н. Вирта, а самый краткий – даже не Си, а его наследник – Си++.

Сравнение синтаксиса языка дает нам объективный показатель его сложности – по сути, количества времени, затрачиваемого на изучение его синтаксиса, но ничего не говорит о его применимости к задачам обучения. По синтаксису Си оказывается более простым, чем Паскаль, но, возможно, Паскаль более применим для решения учебных задач, чем Си?

Для ответа на данный вопрос проведем содержательное сравнение этих двух языков, рассмотрев основные отличия и ограничения Паскаля по сравнению с Си. В качестве точки отсчета примем стандарт языка Си 1978 г. и стандарт языка Паскаль 1983 г., реализованные в компиляторах Турбо С 1.0 и Турбо Паскаль 1.0. Так как освоение ООП не входит в действующую школьную программу по информатике, мы не будем рассматривать объектные расширения этих языков.

### 1. Типы и области видимости

Паскаль – строго типизированный язык. Это означает, что каждый объект в программе имеет строго определенный тип, определяющий допустимые значения и операции над данным объектом. Язык гарантирует защиту от недопустимых значений и операций проверками на этапах компиляции и выполнения.

Строгий контроль типов не следует путать с анализом размерности. Если определяются типы `apple` и `orange` как

```
type  
apple = integer;  
orange = integer;
```

то вполне допустимо любое арифметическое выражение, включающее как `apples`, так и `oranges`.

Строгий контроль типов осуществляется различными способами. Например, аргументы функций и процедур проверяются на совпадение типов. В Паскале отсутствует свойственная Фортрану свобода в передаче параметров – так, попытка передать вещественное число в процедуру, ожидающую целое, вызовет ошибку на этапе компиляции.

Целые переменные могут быть объявлены так, что они могут

содержать только определенный набор допустимых значений; компилятор и проверка во времени выполнения гарантируют, что значения вне объявленного диапазона не будут занесены. Это похоже на услугу, хотя такая динамическая проверка вызывает большие накладные расходы.

Рассмотрим некоторые проблемы типа и области видимости.

### 1.1. Размер массива является частью типа

Если объявлены

```
var arr10 : array [1..10] of integer;
```

```
arr20 : array [1..20] of integer;
```

то `arr10` и `arr20` – массивы из 10 и 20 целых соответственно. Предположим, что мы хотим написать процедуру `sort` для сортировки целых массивов. Так как `arr10` и `arr20` имеют различные типы, становится невозможным написание процедуры, сортирующей и тот, и другой.

Во многих ситуациях просто неприемлемо использовать массив predetermined размера – например, при написании программы сортировки строк переменного размера необходимо как можно плотнее заполнить память. Имея же фиксированный размер строки, мы сильно теряем в производительности.

Проблема привязки размера массива к типу до сих пор является самой большой проблемой Паскаля.

### 1.2. Связанные программные компоненты должны храниться отдельно

Так как Паскаль был задуман как однопроходный компилятор, язык требует, чтобы перед использованием процедуры и функции были объявлены. В результате типичная Паскаль-программа читается снизу вверх – все процедуры и функции на всех уровнях отображаются на экране до того, как они используются. Это противоположно естественному порядку разработки процедур и функций.

В известной мере это может быть смягчено механизмом, подобным `#include` в Си: исходные тексты могут быть включены в программу в тех местах, где это необходимо, не загромождая ее.

Существует также ключевое слово `forward`, позволяющее в Паскале отделить объявление заголовка функции или процедуры от ее тела; оно предназначено для определения взаимно рекурсивных процедур.

Когда позже объявляется тело, заголовок этого объявления может содержать только имя функции и не обязан повторять информацию из опережающего объявления.

Связанной с данной проблемой является та, что Паскаль имеет строгий порядок, в котором он ожидает появления объявлений. Каждая процедур или функция состоит из:

```
label объявления меток, если имеются
const объявления констант, если имеются
type объявления типов, если имеются
var объявления переменных, если имеются
procedure и function - объявления, если имеются
begin
тело функции или процедуры
end
```

Это означает, что все декларации одного типа (типов, например) должны быть сгруппированы вместе для удобства компилятора, даже когда программист хотел бы держать вместе некоторые логично связанные вещи для лучшего понимания программы. Редко возможно определить декларацию, инициализацию и использование типа и связанных переменных вместе.

### 1.3. Отсутствие раздельной компиляции

Официальный стандарт языка Паскаль не разрешает раздельной компиляции. Теоретически, нужды в ней нет – если компилятор достаточно быстр (и если исходные тексты всех подпрограмм всегда доступны), можно все просто перекомпилировать. На практике, конечно, компиляторы никогда не бывают достаточно быстры, а исходные тексты зачастую недоступны.

### 1.4. Различные проблемы типа и области видимости

При передаче массива в процедуру объявление переменной требуемого типа является обязательным – нельзя объявить процедуру с такими формальными параметрами:

```
procedure add10 (var a : array [1..10] of integer);
```

Приходится придумывать имя типа, объявлять этот тип, и объявлять формальный параметр как переменную этого типа:

```
type a10 = array [1..10] of integer;
```

```
...
```

```
procedure add10 (var a : a10);
```

Вполне естественно, что декларация типа физически отделяется от процедуры, которая его использует. Практика изобретения имен типов полезна для типов, которые используются часто,

но является порочной для использованных единожды.

Приятно иметь декларацию `var` для формальных параметров функций и процедур; процедура несомненно указывает, что она собирается модифицировать аргумент. Но вызов программы не имеет средств объявления, что переменная должна модифицироваться: информация об этом находится только в одном месте – объявлении подпрограммы.

Другим незначительным дефектом является то, что массивы по умолчанию передаются по значению: эффектом этого является то, что каждый параметр массива обычно автоматически объявляется программистом как `var`. Если декларация `var` неумышленно опускается, это приводит к трудно обнаруживаемым ошибкам.

Паскалевская конструкция `set` выглядит хорошей идеей, обеспечивая удобство соглашений и некоторую свободу проверки типов. Например, множество проверок, подобных

```
if (c = blank) or (c = tab) or (c = newline) then ...
```

может быть переписано достаточно ясно и возможно более эффективно как

```
if c in [blank, tab, newline] then ...
```

Но на практике, множества в большинстве случаев бесполезны, так как размер множества сильно зависит от реализации.

К примеру, естественно попытаться написать функцию

`isalphanum(c)` (“является ли `c` символом или числом?”) как

```
{ isalphanum(c) – истинна, если c символ или число }
```

```
function isalphanum (c : char) : boolean;
```

```
begin
```

```
isalphanum := c in ['a'..'z', 'A'..'Z', '0'..'9']
```

```
end;
```

Но во многих реализациях Паскаля (включая оригинальную) этот код терпит неудачу, поскольку множества просто слишком малы. Соответственно, множества обычно лучше не использовать, если размер и скорость выполнения программы критичны.

### 1.5. Непреодолимые ограничения

В Паскале нет способа обойти механизм типизации – отсутствуют механизмы, аналогичный кастингу (приведению типов) в Си. Это означает, что в Паскале невозможно написать систему ввода-вывода, отличную от встроенной в язык поскольку нет способа для сообщения о типе возвращаемого объекта, и нет способа преобразования таких объектов в произвольный тип для

последующего использования.

## 2. Управляющие структуры

Недостатки управляющих структур Паскаля мелки, но многочисленны – вместо того, чтобы добить программиста, они режут его по кусочкам.

Отсутствует гарантированный порядок вычисления логических операторов `and` и `or` – ничего подобного нет при использовании `&&` и `||` в Си. Этот недостаток чаще всего проявляется в циклах:

```
while (i <= XMAX) and (x[i] > 0) do ...
```

– чрезвычайно опасный код в связи с тем, что не существует способа узнать, проверяется ли `i` перед `x[i]` или наоборот.

Между прочим, круглые скобки в этом коде обязательны – Паскаль имеет только четыре уровня приоритета операций оператора, с реляционными внизу.

Отсутствует оператор `break` для выхода из циклов. Это соответствует «одновыходной» философии, предложенной Н. Виртом для большей строгости концепции структурного программирования, но приводит к обходным маневрам или дублирующемуся коду, особенно в связи с невозможностью управления порядком, в котором вычисляются логические выражения. Рассмотрим эту общую ситуацию, выраженную средствами Си:

```
while (getnext(...)) {  
  if (something)  
    break  
  rest of loop  
}
```

В отсутствии оператора `break`, первая попытка реализовать на Паскале будет следующей:

```
done := false;  
while (not done) and (getnext(...)) do  
  if something then  
    done := true  
  else begin  
    rest of loop  
  end
```

Но это не работает, так как нет способа заставить “not done” вычисляться перед следующим вызовом `getnext`. Это приводит примерно к такому коду:

```
done := false;  
while not done do begin
```

```

done := getnext(...);
if something then
done := true
else if not done then begin
rest of loop
end
end

```

Конечно, можно использовать `goto` и метку (которая, к тому же, должна быть предварительно объявлена) для выхода из цикла. В противном случае досрочный выход – головная боль, почти всегда требующая введения булевой переменной и изрядной доли хитрости. Сравните обнаружение последнего небельного символа в массиве на Си:

```

for (i = max; i > 0; i = i - 1)
if (arr(i) != ' ')
break

```

и Паскале:

```

done := false;
i := max;
while (i > 0) and (not done) do
if arr[i] = ' ' then
i := i - 1
else
done := true;

```

Лишь в седьмой версии среды Турбо Паскаль (1992 г.) появилось средство для обхода этой ситуации – в модуль `System` были добавлена процедуры `break` и `continue`.

Инкремент в цикле `for` может быть только `+1` or `-1`, в Си – произвольный.

Отсутствует оператор `return` – функция возвращает значение присвоением его псевдопеременной, совпадающей с именем функции, но функция и после такого присвоения продолжает выполняться. Это иногда приходит к излишнему коду только для того, чтобы убедиться, что по всем ветвлениям в конце функции мы получаем корректное возвращаемое значение.

Оператор `case` в Паскале разработан лучше, чем в Си, исключая то, что в отсутствии секции, аналогичной `default`, поведение его становится непредсказуемым. В то же время практика программирования показывает, что конструкция `case` используется крайне редко.

### 3. Библиотеки

Run-time окружение Паскаля сравнительно бедно, и нет механизма его расширения, кроме, возможно, библиотек в официальном стандарте языка. Встроенный ввод-вывод Паскаля имеет заслуженно плохую репутацию – он «верит» только в записе-ориентированный ввод-вывод. У него также есть соглашение предварительного просмотра, которое слишком жестко, чтобы быть правильно реализованным в диалоговом режиме. В основном проблема состоит в том, что система I/O верит, что она должна прочитать одну запись впереди той записи, которая обрабатывается. В диалоговой системе это означает, что, когда программа начинается, первое первым ее действием должна быть попытка прочитать с клавиатуры первую строку ввода, перед любым действием, которое выполняется в начале программы. Но в программе

```
write('Please enter your name: ');  
read(name);  
...
```

опережающее чтение должно повесить программу, ожидая ввода до того, как будет напечатано приглашение.

Большинства таких эффектов можно избежать очень тщательной реализацией ввода-вывода, но это чревато дополнительными накладными расходами.

Паскалевская система ввода-вывода – тяжелое наследие исходной операционной системы, для которой Паскаль был разработан; даже Вирт признает, что это недостаток, хотя и не ошибка. Допускается, что текстовые файлы состоят из записей, представляющих собой строки текста. Когда последний символ строки прочитан, встроенная функция `eoln` становится истинной; в этой точке необходимо вызвать `readln`, чтобы начать чтение новой строки и восстановить состояние `eoln`.

Аналогично, когда последний символ файла прочитан, встроенная функция `eof` становится истинной. В обоих случаях, `eoln` и `eof` должны вызываться перед каждым чтением `read`, а не после. Это тоже является источником головной боли, когда необходимо вначале прочитать, а затем проверить, не закончился ли во время этого чтения файл.

Ввод-вывод языка Паскаль отражает концепции диалоговой системы CDC, для которой Паскаль был изначально разработан. Файловая переменная



var fv : file of тип

очень специфичный объект – он не может быть нигде ни присвоен, ни использован, за исключением вызова встроенных процедур eof, eoln, read, write, reset и rewrite.

reset и rewrite – процедуры, а не функции; они не возвращают состояние удачи-неудачи открытия файла, а просто завершаются аварийно. И переменная fv не может появиться в выражении вида

```
reset(fv, filename);  
if fv = failure then ...
```

для указания дальнейших действий в случае неудачи открытия файла.

Поскольку в Паскале не возможно написать распределитель памяти общего назначения (нет способа сообщить тип объекта, который такая функция должна возвращать), язык имеет встроенную процедуру new, распределяющую пространство из кучи. Только определенные тип могут быть распределены, поэтому невозможно распределять, например, массивы произвольного размера для хранения символьных строк. Указатели, возвращенные new, могут передаваться, но не изменяться: над указателями не определены арифметические операции.

#### 4. Косметические замечания

Большинство этих вопросов раздражают опытных программистов, а некоторые неприятны даже начинающим, но с ними можно жить. Паскаль, наряду с большинством других Алгол-подобных языков, использует точку с запятой как разделитель утверждения, а не терминатор (как это сделано в PL/I и Си). В результате необходимо усвоить сложные правила, когда ставить точку с запятой, а когда это неправильно. Рассмотрим фрагмент программы:

```
if a then  
b;  
c;
```

Но если что-то вставить перед b, точку с запятой ставить уже не нужно, потому что она теперь предшествует end:

```
if a then begin  
b0;  
b  
end;  
c;
```

Если мы сейчас добавим `else`, мы должны убрать точку с запятой перед `end`:

```
if a then begin
b0;
b
end
else
d;
c;
```

И так далее, и так далее – программа пишется, а точки с запятой бегают вверх-вниз по программе.

Существует общепринятый экспериментальный результат из психологии программиста: точка с запятой как разделитель в десять раз увеличивает вероятность ошибки, чем точка с запятой как терминатор. (В Аде, наиболее значимом языке, базировавшемся на Паскале, точка с запятой является терминатором.) К счастью, в Паскале можно почти всегда закрывать глаза и использовать точку с запятой как терминатор. Исключения – в таких местах, как объявления, где проблема разделителя и терминатора не является столь уж серьезной, да еще перед `else`, что легко запомнить.

Программисты на Си считают `begin` и `end` более громоздкими по сравнению с `{ }`.

Имя функции является и вызовом этой функции; нет способа отличить такой вызов функции от простой переменной кроме как знанием имен функций. Паскаль использует Фортрановский трюк, по которому имя функции подобно переменной в пределах функции, за исключением того, что в Фортране имя функции действительно является переменной, и может появиться в выражениях, а в Паскале появление его в выражении – рекурсивный вызов: если `f` – функция без аргументов, то `f:=f+1` – рекурсивное обращение к `f`.

Скудность операторов в Паскале, вероятно, связана со скудостью уровней приоритетов операций.

В языке отсутствует макропроцессор. `const` позволяет в 95% определить простые константы подобно `#define` в Си, но в более сложных он бесполезен. Встроить макропроцессор в компилятор Паскаля вполне возможно – это позволило бы симитировать процедуру `error` как

```
#define error(s) begin writeln(s); halt(0) end
```

Вызов, подобный

```
error('little string');  
error('much bigger string');
```

работает, так как `writeln` может обрабатывать строки любого размера.

### 5. Выводы

Завершая, сформулируем еще раз основные доводы, по которым использование Паскаля для начального обучения является менее предпочтительным, чем использование Си:

1. В связи с тем, что размер массива является частью типа, невозможно написание процедур общего назначения для обработки массивов произвольных размеров. В частности, обработка строк очень затруднена по сравнению с тем, как они обрабатываются в Си.
2. Однопроходная природа языка заставляет представлять процедуры и функции в неестественном порядке; осуществление разделения различных объявлений разбрасывает программные компоненты, которые логично должны быть вместе.
3. Отсутствует приведение типов и адресная арифметика, в связи с чем язык не отражает числовой природы данных в компьютере.
4. Двойственность использования имени функции в ее теле и использование точки с запятой не как терминатора увеличивает вероятность появления трудно обнаруживаемых ошибок.
5. Отсутствие отдельной трансляции препятствует разработке больших программ и делает невозможным использование библиотек, скомпилированных в объектные модули.
6. Порядок вычисления логических выражений не соответствует правилам логики.
7. Стандартный ввод-вывод дефективен и не расширяем, а библиотеки – бедны.

В своей исходной форме Паскаль – язык игрушечный, разработанный, вслед за Бейсином, для начального обучения программированию. Однако многие исследования показали, что учебные языки со своей задачей справляются хуже, чем языки общего назначения, как в силу своей синтаксической сложности, так и в связи с присущими им ограничениями, препятствующими их применению для решения сколь-нибудь сложных задач.

Нам представляется бессмысленным обучать программированию на учебном языке – дальнейшее обучение вынуждает переходить на языки общего назначения.

Язык программирования, выбираемый в качестве языка для начального обучения, должен обладать рядом необходимых качеств, обеспечивающих легкость восприятия и приемлемую скорость освоения методов составления текстов программ:

- как можно более короткий словарь – чтобы основные усилия обучаемого сосредоточить на методической стороне программирования;
- словарь языка должен быть англоязычным, т.е. базироваться на языке, ставшим де-факто языком межнационального общения; обучение на национальных «суррогатах» – напрасная трата времени;
- учебный язык не должен содержать абстрактных типов данных, не совместимых в операциях с числовыми типами, например «символьный тип», «строковый тип», «булевский тип» и пр.; поддерживаемые в языке типы данных должны прямо отражать способность компьютера обрабатывать только числа и не вносить ненужной путаницы в сознание обучаемого между числовыми кодами и способами их трактовки и отображения;
- язык должен обладать функциональной полнотой профессиональных языков программирования.

Сегодня есть только один такой язык общего назначения – это язык Си (и его надмножество C++), сделанный в свое время инженером Деннисом Ритчи не для коммерческого распространения, а «для себя» и, наверное, поэтому получившийся столь удачным и для профессионального применения, и для начального обучения. Проведенный нами анализ показывает, что это язык отвечает объективным критериям синтаксической простоты, являясь самым простым из всех рассмотренных, и в то же время имеет полный набор конструкций, наиболее адекватных для процедурного программирования. В то же время традиционно используемый язык Паскаль в реализации фирмы Borland оказался по результатам тестирования не только одним из самых сложных, но и куда менее подходящим для задач обучения по сравнению с Си.

## КОМПОНЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ КУРСА ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

В.Л. Малорян, С.В. Варбанец

г. Одесса, Южно-украинский государственный университет  
им. К.Д. Ушинского

Информатика в школьную программу была введена в 1985 г. Основные содержательные линии были выделены во многих разработках [2, 4, 6]. Но остаются еще некоторые неясности о соотношении выделенных разделов в программе школьного курса информатики. Многими уже признана несостоятельность идеи сугубо «пользовательского» направления, так как в данном случае не все задачи, поставленные перед курсом школьной информатики, могут быть решены. Несомненно, что умения пользоваться компьютером необходимы, и они должны быть сформированы в процессе обучения информатике, в результате учащиеся будут подготовлены к практической деятельности в условиях внедрения компьютеров в производственную сферу. Но одна из главных задач любого школьного курса – это развитие определенного стиля мышления, вооружение совокупностью систематизированных знаний, а также формирование определенных умений и навыков. Информатика призвана развивать алгоритмический стиль мышления, который состоит «в умении формализовать задачу, выделить в ней логически самостоятельные части. Определить взаимосвязи этих частей. Спроектировать решение при помощи нисходящей и восходящей технологии, верифицировать результат» [6]. Инструмент развития алгоритмического мышления – раздел алгоритмизации и программирования.

Школьная информатика всегда следовала за развитием информатики как науки с некоторым отставанием, и это закономерный процесс, так как все новое, что есть в науке, должно быть адаптировано к школе.

Если проанализировать историю развития языков программирования или технологий программирования, то можно выделить следующие основные этапы:

- структурное программирование;

- модульное;
- объектно-ориентированное;
- компонентное программирование.

Каждый из последующих этапов включал в себя положения предыдущих. IV этап, переход к компонентной технологии, объясняется следующими причинами: необходимостью максимально повысить производительность разработки программ и снизить количество ошибок. Предшествующая технология (объектно-ориентированное программирование) предъявляла высокие интеллектуальные требования к разработчикам, поэтому создание компонентного программирования в большей степени ориентированно на конечного пользователя.

Исходя из сказанного, актуальным является включение в содержание обучения технологии визуального программирования, что и было предложено в проекте государственного стандарта общего среднего образования Украины [3], где была выделена тема «Системы визуального программирования, понятие об объектно-ориентированном программировании».

Система образования по информатике в Украине включает в себя среднее образование и высшее. Педагогические институты и университеты с 1985 г. готовят будущих учителей информатики в рамках двойных специальностей. Анализ содержания подготовки учителей информатики в педвузах показывает, что по действующим сейчас программам она фактически направлена на:

- освоение будущими учителями содержания школьного курса информатики;
- ознакомление их с оборудованием школьного кабинета вычислительной техники;
- расширение объема знаний в области алгоритмизации, программирования и использования программных средств;
- методические аспекты преподавания информатики.

Сконцентрируем свое внимание на третьем пункте. Рассмотрение опыта преподавания информатики во многих вузах показало, что для того чтобы «вытянуть» студентов на один уровень в области программирования начинают «сначала»: изучают Паскаль, причем последовательность изучения аналогична школьной. В результате, одни изучают новый материал, другие отуча-

ются от «плохого» стиля программирования – использования оператора безусловного перехода и т.п. В течение одного семестра (изучение структурного программирования) студенты выходят на один уровень знаний, далее точно в соответствии с историей развития технологий программирования. Последней изучаемой технологией программирования является компонентная.

Анализ учебных пособий по визуальному программированию, а также опыта преподавания информатики в институтах показал, что обучение компонентной технологии программирования, сводится только к манипулированию кнопками и изучению свойств отдельных компонентов.

Можно наблюдать картину дублирования образца преподавания компонентной технологии программирования из высшей школы в среднюю, когда курс программирования начинают не с изучения Паскаля, а с языков визуального программирования (обычно это Visual Basic), и, продемонстрировав основы работы в среде Visual Basic, учителя находятся в полной уверенности, что ученики уже овладели и объектно-ориентированным программированием, и компонентным. Данная ситуация может быть объяснена недостаточной теоретической подготовкой учителя.

Поэтому, изучив данную ситуацию и опираясь на опыт преподавания нашего вуза и некоторых технических вузов, было предложено пересмотреть последовательность изложения материала. Поскольку компонентная технология включает в себя все предыдущие технологии, то стоит попробовать начинать именно с ее изучения. Тогда курс по работе в визуальной среде, который отражен во многих учебных изданиях, может служить базой. В качестве учебного языка нами был выбран язык визуального программирования Delphi, при этом мы учитывали современную оснащенность компьютерами высших учебных заведений Украины, а также изучение языка Pascal, на котором базируется Delphi, во многих школах.

Приблизительный тематический план выглядит следующим образом:

1. Основы работы в визуальной среде программирования, введение понятия «компонент».
2. Простые стандартные типы данных, которые уже знакомы студентам из школьного курса. Изучаем структурное про-

граммирование. Затем рассматриваются демонстрационные примеры с концентрацией внимания на процедуры и функции (передача параметров и т.п.).

3. Переходим к модульному программированию. Рассматриваемые вопросы: структура модуля и подключение модулей (в этом же разделе рассматривается, что такое проект, для чего предназначены файлы различных типов). На практических занятиях в рамках данной темы предполагается написание собственных модулей без использования визуальных компонентов. Следующий шаг – подключение полученного модуля к приложению-интерфейсу.

4. Переход к объектно-ориентированному программированию: изучается понятия «объект» и «компонент» и их соотношение, принципы объектно-ориентированного программирования, рассматривается иерархия компонентов Delphi сверху вниз.

5. Последний шаг – применение всего изученного: написание своего собственного визуального компонента с использованием наследования от какого-то стандартного визуального компонента, а также разработка иерархии своих собственных компонентов.

Изучение указанного раздела решает, в минимальном приближении, две теоретические задачи: происходит закрепление понимания принципов объектно-ориентированного программирования благодаря использованию их на практике, т.к. написание компонентов в Delphi отличается от разработки приложения тем, что это не визуальный процесс, здесь нет возможности работать по принципу «выбери и щелкни кнопкой мыши». Вторая решаемая задача – ознакомление с элементарными действиями при использовании компонентов: настройка и удаление компонентов в палитре; модификация, регистрация установка компонентов, т.е. расширяется база знаний студентов.

Что мы получаем при таком подходе изучения курса программирования в высшей школе? Во-первых, практически с первых занятий обучаемые находятся в почти равных условиях. Студенты, изучавшие курс программирования в школе, не сразу могут показать свое «превосходство» над другими, вдобавок не будет утерян интерес к изучаемому предмету. Помимо этого, эти же студенты далее могут найти применение имеющимся у них



знаниям в новых условиях. Во-вторых, не затрачивается дважды время на ознакомление со средой. В-третьих, можно утверждать, что студенты, изучившие материал в предложенной последовательности, будут отличать компонентное программирование от объектно-ориентированного, понимать принципы объектно-ориентированного программирования, поскольку использовали их как необходимый вспомогательный инструмент на практике.

Может возникнуть следующий вопрос, будут ли выпускники готовы к преподаванию курса программирования, поскольку в школьном курсе как бы «другой» язык и другая последовательность изучения технологий программирования? На наш взгляд, последовательность существенно не нарушена, кроме того, язык Паскаль рассматривается в школьном курсе информатики и подкрепляется методикой преподавания информатики в школе, ведь фактически владение системой программирования Delphi предполагает знание языка Pascal, следовательно, особенности преподавания Паскаля в школе относятся, скорее, к курсу методики преподавания информатики.

#### Список литературы:

1. Матчо Д., Фолькнер Д.Р. Delphi: Пер. с англ. – М.: БИНОМ, 1995. – 464 с.
2. Жалдак М.І. Яким бути шкільному курсу “Основи інформатики” // Комп’ютер у школі та сім’ї. – 1998. – № 1, с. 3-7.
3. Жалдак М.І., Рамський Ю.С. Державний стандарт загальної середньої освіти в Україні. Освітня галузь “Інформатика”: Проект. – К.: Генеза, 1997. – с. 48-59.
4. Зайдельман М.Н., Самовольнова Л.Е., Лебедев Г.В. Три кита школьної інформатики // Інформатика и образование. – 1993. – №3, с. 20-23, №4, с. 14-17.
5. Кальверт Ч. Delphi2. Энциклопедия пользователя / Пер. с англ. – К.: НИПФ «ДиаСофт Лтд», 1996. – 736 с.
6. Кузнецов А.А. Развитие методической системы обучения информатики в средней школе. Автореф. докт. дисс. – М., 1988.

# ВИКЛАДАННЯ ІНФОРМАТИКИ В КРИВОРІЗЬКОМУ ОБЛАСНОМУ ЛІЦЕЇ–ІНТЕРНАТІ ДЛЯ СІЛЬСЬКОЇ МОЛОДІ

М.П. Білан

м. Кривий Ріг, Криворізький обласний ліцей-інтернат для  
сільської молоді

Обласний ліцей-інтернат для сільської молоді було створено при Криворізькому державному педагогічному інституті в 1993 році. Класи ліцею профільні, тобто діти, що в них навчаються, планують після закінчення школи продовжити навчання на відповідних факультету педуніверситету.

В поточному 1993-2000 н.р. в ліцейських класах, де інформатика є напівпрофільним предметом, апробується програма, розроблена разом з кафедрою інформатики та прикладної математики педуніверситету. Програма дотримується вимог програми 1996 року [1] та розширює її можливості за рахунок збільшення кількості годин, відведених на вивчення інформатики і перерозподілу навчального матеріалу з метою збільшення блоку “Алгоритмізація та процедурне програмування мовою Сі”. Загальна кількість годин за програмою – 204 год (3 год/тиждень).

Учні ліцею з сільської місцевості і, як правило, не мають навичок роботи з комп’ютером, тому найперше завдання ліцейського курсу інформатики – навчити учнів спілкуватися з комп’ютером. Це зумовило наступну побудову процесу навчання інформатики.

В першому семестрі 10-го класу, після вивчення поняття інформації, її вимірювання та основних понять обчислювальної системи зроблено акцент на роботу в операційній системі MS DOS, операційній оболонці Norton Commander та на основі роботи з дисками. В другому семестрі 10-го класу та першому семестрі 11-го класу вивчаються основи алгоритмізації та програмування мовою Сі. В останньому навчальному семестрі 11-го класу розглядається прикладне програмне забезпечення.

Програма з інформатики для класів фізико-математичного профілю має такий зміст.

### 10-й клас (102 год)

Вступ	4 год
Обчислювальна система	10 год
Операційні системи	12 год
Операційна оболонка	12 год
Основи роботи з дисками	4 год
Системи числення	6 год
Основи алгоритмізації та програмування	54 год
- алгоритми та виконавці, методи опису алгоритмів, властивості алгоритмів;	
- основи мови (робота в інтегрованому середовищі Турбо Сі 2.0, алфавіт та словник мови, константи та змінні, типи даних, вирази та стандартні математичні функції, стандартні функції введення й виведення, підключення бібліотеки, побудова програм);	
- управляючі структури (оператор розгалуження, оператор вибору);	
- цикли (цикли з передумовою, цикли з післяумовою, універсальний цикл);	
- вказівники, адресна арифметика, моделі пам'яті.	

### 11-й клас (102 год)

Основи алгоритмізації та програмування	62 год
- функції користувача, класи пам'яті;	
- робота з файлами (потoki, дескриптори);	
- організація даних (масиви, структури, об'єднання);	
- динамічний розподіл пам'яті;	
- програмування стандартних алгоритмів (згідно [2]).	

Прикладне програмне забезпечення загального призначення:	
текстовий, графічний та музичний редактори	16 год
електронні таблиці	10 год
бази даних	10 год
експертні системи	4 год

Варіант програми курсу інформатики тільки апробується, тому можливі зміни в кількості годин, відведених на кожен тему, і в послідовності викладу тем.

Особлива увага в курсі інформатики ліцею приділяється розділу “Основи алгоритмізації та програмування”. У якості нав-

чальної мови для навчання програмуванню обрано мову Сі з таких міркувань.

Навчальна мова повинна володіти рядом необхідних якостей, що забезпечують легкість сприйняття і прийнятну швидкість засвоєння методів складання текстів програм:

- ⇒ якомога коротший словник мови, щоб основні зусилля зосередити на методичній стороні програмування;
- ⇒ навчальна мова не повинна містити абстрактних типів даних, не сумісних в операціях з числовими типами; підтримувані в мові типи даних повинні прямо відбивати здатність комп'ютера обробляти тільки числа і не вносити непотрібної плутанини у свідомість учнів.

Досвід автора (як викладача та програміста) викладання курсу інформатики різними мовами високого рівня – російська алгоритмічна мова, Бейсік, Паскаль, Сі – показує, що з усіх перелічених мов Сі є найбільш компактною та простою для початкового навчання програмуванню. Зокрема:

- кількість службових слів в Сі складає 27, а в Паскалі – 35, що вимагає більших зусиль по запам'ятовуванню;
- кількість правил, за якими складаються програми з службових слів, в Сі становить 49 проти 127 в Паскалі.

Враховуючи це та нульовий рівень початкової підготовки ліцеїстів, навчання програмуванню мовою Сі дає можливість глибше засвоїти основні поняття мови та приділити більше часу самому програмуванню в порівнянні з мовою Паскаль, відводячи менше часу на вивчення синтаксису мову за рахунок її простоти. Крім того, глибокий зв'язок між числовими і вказівниковими типами мови Сі та архітектурою ЕОМ значно полегшує викладання суміжних тем – принципів роботи центрального процесору, операційної системи, організації оперативної пам'яті тощо.

#### Література:

1. Основи інформатики та обчислювальної техніки. Програма для середніх закладів освіти. (Автори: М.І. Жалдак, Н.В. Морзе, Г.Г. Науменко). – К.: Перун, 1996. – 24 с.
2. Полищук А.П. Информатика. Персональный компьютер и его программирование: Учебное пособие (Второе издание). – Кривой Рог: Издательский отдел КГПУ, 2000. – 500 с.

## ПОЗНАВАТЬ, ИГРАЯ И ТВОРЯ!

М.Э. Егорова

г. Кривой Рог, Долгинцевский гуманитарно-технический лицей

Курс информатики очень объемен и сложен для восприятия учащихся. Мало того, что за 2 года необходимо сформировать алгоритмический стиль мышления, нужно формировать также такие формы мышления как операционное, формально-логическое, системное и т.д., и т.п. Кроме этого, желательно, побороть психологический страх и неуверенность перед компьютером, программными оболочками и различными прикладными программами и добиться уверенной работы с ЭВМ, если учесть, что за компьютером работает одновременно по два, а то и три ученика. Приходится учителю урок строить так, чтобы у учащегося постоянно был устойчивый интерес, учебная активность и желание творить и познавать. Без применения педагогических идей и технологий не обойтись. К таким технологиям можно отнести игровые технологии, проблемное и продуктивное обучение, коммуникативные технологии, метод проектов и т.п. В этой статье мы хотим поделиться нашим опытом и методическими наработками, применения педагогических технологий при изучении информатики.

### **I. Продуктивное учение.**

Продуктивное учение – практика личностно-ориентированного обучения в процессе конкретной работы на основе ее свободного выбора учащимися с учетом их интересов. Продуктивное учение следует целям опережающего развития способностей учащегося к автономности и активности. Здесь образовательный процесс дает обучаемому «на выходе» индивидуальный опыт получения конкретного результата и заметного продвижения в учебном материале темы.

Реализовать это можно:

1. Используя индивидуальную, групповую работу на уроках,
  - индивидуальная работа:
    - работа по карточкам,
    - работа в опережающем режиме под руководством учителя;
    - собеседование с учащимися; не задействованные в собеседо-

- вании учащиеся выполняют письменно задания;
- оказание индивидуальной помощи учащимся, педагогической поддержки, во время работы класса по заданиям.
  - групповая работа в 8-10 классах на уроках:
  - ◆ обобщение и систематизация знаний и практических занятий. Класс делится на малые группы, во главе каждой группы закреплен ученик-капитан, хорошо знающий материал. Он руководит работой своей группы по применению изучаемого материала к решению задач.
  - ◆ группы учащихся по 3-4 человека получают несколько заданий повышенной сложности, которые совместно должны не только решить, проверить работоспособность на ЭВМ, но и защитить свое решение. При работе группы учитывается КПД каждого учащегося;
  - ◆ уроки-соревнование. Формируются команды по 4 ученика. Каждая команда получает ряд заданий, на которые участники команды сообща готовят полные ответы. По итогам соревнования отбирается лучшая команда «знатоков» информатики.
2. Проводя дополнительные занятия по информатике.
  3. Разнообразить формы внеурочной работы
    - конкурсы,
    - брейн-ринги,
    - кружки компьютерной графики и анимации,
    - выпуски газет, брошюр, журналов,
    - написание творческих, научных работ на ЭВМ,
    - клуб компьютерного творчества, с результатами деятельности клуба можно ознакомиться на страницах журнала «Творчество К».
  - Таким образом, проделав всю эту работу, учитель имеет возможность, серьезно подготовить учащихся к восприятию более глубоких знаний по информатике, кроме того, учащиеся, которые усвоили лучше других начальный курс, становятся помощниками учителя. Группа помощников – гибкая. Эти дети работают в ускоренном темпе и имеют сформированные способности к автономности и активности. Они не только являются активными помощниками учителя, но и работают самостоятельно и активно в выбранном направлении. Таким

образом, учитель имеет возможность предоставить право выбора ребенку и смоделировать ситуацию успеха.

## **II. Метод проектов.**

Проектное обучение поощряет и усиливает истинное учение со стороны учеников, потому что оно

- личностно-ориентированно,
- использует множество дидактических подходов – обучение в деле, независимые занятия, совместное учение, мозговой штурм, ролевая игра, эвристическое и проблемное обучение, дискуссия, командное обучение;
- самомотивируемо, что означает возрастание интереса и увлеченности работой по мере ее выполнения;
- поддерживает педагогические цели в когнитивной, аффективной и психомоторной областях на всех уровнях – знания, понимания, применения, анализа, синтеза;
- позволяет учиться на собственном опыте и опыте других не на словах, а в конкретном деле;
- приносит удовлетворение ученикам, уже из-за того, что, в конечном итоге, учащиеся имеют продукт собственной деятельности.

Учащиеся пишут творческие работы после изучения тем, например, «Компьютерная графика и анимация», «Создание презентаций», «Обработка текстовой информации». В конце 10 класса лицеисты защищают свои творческие работы, подводя итог курсу «Программирование». Они пишут обучающие, контролирующие, игровые, справочные программы в любой среде программирования, объектно-ориентированного программирования, используя различные пакеты прикладных программ. Из этих работ выбираются лучшие, над которыми учащиеся продолжают работать в 11 классе и защищают их на областном конкурсе научных работ МАН Украины.

Благодаря этому методу, в лицее создается свое программное обеспечение для компьютерной поддержки не только курса информатики, но и других предметов, более того, учащиеся способны технически обслуживать научно-методическую базу ли-

цея.

### **III. Игровые педагогические технологии.**

Деловые игры: имитационные; операционные; ролевые игры; «деловой театр». Например:

➤ В 8 классе проводится цикл уроков повторительно-обобщающего характера с элементами соревнования.

1. На одном уроке учащимся предлагаются и обсуждаются примерные контрольные вопросы, по которым они должны самостоятельно повторить изученные темы.

2. Урок-соревнование. Формируются команды по 4 ученика. Каждая команда получает ряд заданий, на которые участники команды сообща готовят полные ответы. По итогам соревнования отбирается лучшая команда «знатоков» информатики.

3. Нестандартный урок: урок – «брейн-ринг» между командами-победителями.

Этот урок состоит из двух частей:

■ брейн-ринг между командами

■ практическая работа на ЭВМ, каждый работает самостоятельно, зарабатывая очки.

При подведении итогов учитываются результаты всего урока. Выбирается лучшая команда «Знатоков информатики», мисс и мистер ЭВМ, мисс или мистер симпатия, лучший пользователь (единственный и неповторимый) и т.п

➤ В 7 или 8 классах суд «Дело над ЭВМ-челли, которые заполнили мир».

➤ В 7 классе урок-конференция «За и против ЭВМ».

➤ В 6 классе урок-путешествие в сказочную страну ЭВМ.

➤ Зачет деловая игра «Учитель-ученик» в 6-9 класса.

➤ Игра "Сказочник". Написание учителем и учащимися сказок, кроссвордов, загадок на компьютерную тематику

➤ Игра «ЛЮТО» (проверка знаний по теме и взаимопроверка карточек с обсуждением).

### **IV. Проблемное обучение.**

Проблемное обучение – такая организация учебных занятий, которая предполагает создание под руководством учителя проблемных ситуаций и активную самостоятельную деятельность учащихся по их разрешению, в результате чего и происходит



творческое овладение профессиональными знаниями, навыками, умениями и развитие мыслительных способностей. Очень в проблемном обучении используется лабораторно-бригадный метод.

**Методические приемы создания проблемных ситуаций:**

✓ *подведение обучаемых к противоречию с предложением самим найти способ его разрешения;*

- При изучении темы «Сортировка массива» в 9, затем в 10 классах предлагается самая неоптимальная сортировка, учащиеся должны самостоятельно найти оптимальное решение данной задачи сортировки массива;
- Вторая проблемная ситуация этой же темы: «Вы учитель физкультуры. Перед вами ваши ученики. Предложите способ построения по росту». «Перед Вами 100 чисел, как вы будете их сортировать в порядке убывания? Предложите два способа сортировки»
- Решение задачи неоптимальным способом, предложение найти оптимальное решение этой задачи (заменить полный перебор)
- При изучении темы Windows предлагается неудачная настройка РАБОЧЕГО СТОЛА, необходимо перенастроить экран с оптимально приемлемыми свойствами.
- При изучении темы Norton Commander предлагается неудобная настройка панелей. Необходимо перенастроить экран с оптимально приемлемыми опциями.
- Тема «Электронные таблицы. Excel». Предлагается составить календарь наиболее оптимальным и красочным способом, используя все возможности Excel.

✓ *столкновение противоречий практической деятельности;*

✓ *изложение различных точек зрения на один и тот же вопрос;*

например:

- число рассматривается как число и как строка, записанная цифровыми символами;
- строка – одномерный массив;
- тройная связь число - строка - массив;
- информация – модель - объект;
- при решении задач, используются различные точки зре-

ния, а значит подходы, способы решения.

- ✓ ***предложение обучаемым рассмотреть явление с различных позиций;***
  - различные способы решения одной и той же задачи;
  - урок «Акулы пера и ЭВМ»;
  - урок–конференция «Думаем, применяем, думаем!»;
  - анализ различных программных пакетов.
- ✓ ***аналитическая деятельность учащихся;***
  - при изучении тем «Операционная система», «Программные оболочки» учащиеся сравнивают различные команды и опции; усматривают, в их действиях общее и различное. Сначала в 7 классе это помогает делать учитель, предлагая вопросы на сравнение, обобщение, затем в старших классах ученик сам подбирает такие вопросы, что бы проверить глубину знаний у своего товарища.
  - В 11 классе при изучении пакета Microsoft Office учащиеся самостоятельно приходят к выводу: какое сочетание и каких действий целесообразно применять в работе при конкретно поставленной проблемной ситуации, например, совместить текст, рисунок, объект.
  - В 8-10 классах при изучении языка программирования, учащиеся, сравнивая работу определенных процедур и функций, приходят к выводу об оптимальности и результативности их применения в той или иной ситуации при написании программ.
- ✓ ***постановка конкретных вопросов (на обобщение, обоснование, конкретизацию, логику, рассуждения);***
  - в 6 классе при изучении темы «Алгоритм» учащимся предлагается: «Давайте проведем эксперимент: учителем станет Маша (...), я буду вместе с вами учеником. Маша научит нас рисовать, например, домик.  
Маша проговаривает действия, а все их повторяют.  
В результате:
    - получится домик, если он правильно и четко этому учил,
    - получилось еще что-то, если он говорил невнятно, непонятно, неточно.А теперь Саша (...) будет нашим учителем и научит нас делать из листа бумаги самолетик. Каков результат?

Мы с вами выполняли последовательность действий, которая привела нас к результату, такую последовательность называют алгоритмом.» Далее следует анализ деятельности учащихся, задаваемых алгоритм.

- При знакомстве и изучении работы файлов autoexec.bat, config.sys в 10 классе ставиться конкретное требование, что нужно записать в эти файлы, что бы ЭВМ выполнил то или иное действие. Учащиеся создают эти файлы и проверяют их работу на ЭВМ.
  - В каждом классе при изучении тем, предлагается учащимся выбрать основные ключевые вопросы темы, готовить на них ответы и самостоятельно мотивировать необходимость из изучения.
- ✓ *определение проблемных теоретических и практических заданий (например, исследовательских);*
- ✓ *постановка проблемных задач (например: с недостаточными или избыточными исходными данными, с неопределенностью в постановке вопроса, с противоречивыми данными, с заведомо допущенными ошибками, с ограниченным временем решения, на проведение «психологической инерции» и др.).*

**Для реализации проблемной технологии необходимы:**

- отбор центральных проблем в системе обучения предмета;
- определение особенностей проблемного обучения в различных видах учебной работы;
- построение оптимальной системы проблемного обучения, создание учебных и методических пособий и руководств;
- личностный подход и мастерство учителя, способные вызвать активную познавательную деятельность ребенка.

## **V. Педагогические технологии на основе эффективности управления и организации учебного процесса.**

Улучшения качества управления учебно-познавательной деятельностью можно получить прежде всего за счет:

- ✓ эффективного управления учебной познавательной деятель-

- ностью при самостоятельной работе учащихся;
- ✓ определения рациональной последовательности введения тех или иных частей учебного материала, определенной систематизации его;
- ✓ организации взаимодействия учащихся в процессе обучения;
- ✓ эффективного использования современных информационных средств в системе управления учебной познавательной деятельностью;
- ✓ умение подобрать стиль и методику преподавания сложной темы с учетом возрастных особенностей учащихся.

Необходимо обратить внимание на то, что сложный материал как бы накладывается на субъективный опыт учащихся. Происходит интеграция, во время которой легко усваивается и становится привычным новое и сложное знание.

#### **Методические приемы:**

- индивидуальная работа с учителем, книгой, с электронным учебником или программой, с компьютером;
- самостоятельная работа в классе и дома
- домашние контрольные работы по темам «Кодирование информации» в 6 классе, «Массивы», «Строковые величины» в 9, 10 классах;
- многовариантные, разноуровневые самостоятельные работы по любым темам
  - свободное самообразование;
  - программированное обучение;
  - убыстрение или замедление темпа обучения.

Мы надеемся, что изложенный в статье материал может оказаться полезным для учителя, работающего в направлении развивающего обучения и ведущего поиски приемов и способов развития мышления своих учеников.

## ВВЕДЕНИЕ В АРХИТЕКТУРУ «КЛИЕНТ/СЕРВЕР»

И.Д. Стасюков, О.М. Брадул

г. Кривой Рог, Криворожский экономический институт

### Совместное управление базами данных и распределенная обработка

Совместное управление базами данных приобретает все большую актуальность при увеличении объемов обрабатываемой информации. В современных компьютерных сетях все чаще появляются серверы данных, выступающие в роли хранилищ информации, причем каждый из пользователей сети со своей рабочей станции может иметь доступ к такому хранилищу. Однако зачастую совместное использование больших баз данных является неэффективным, ввиду неправильной организации концепции совместной работы. Для достижения наилучшей эффективности организации совместной обработки данных требуется использовать новые подходы, одним из которых представляет собой «Клиент/Сервер».

Для определения основных принципов реализации стратегии «Клиент/Сервер» классифицируем функции, выполняемые в процессе организации совместной обработки компьютерных баз данных в многопользовательских системах и локальных вычислительных сетях (таблица 1).

Таблица 1

Распределение функций в процессе сетевой обработки баз данных

Уровень	Функции
4	Функции ввода и отображения
3	Функции интерфейса программы пользователя
2	Функции логической обработки согласно бизнес правил (функциональные особенности)
1	Функции физического хранения и доступа к данным на диске

На четвертом уровне выполняется организация взаимодействия пользователя с базой данных в процессе эксплуатации функциональной задачи. При этом обеспечивается ввод данных с клавиатуры и отображение данных и сообщений на экране мони-

тора.

**На третьем уровне** организуются функции организации интерфейса пользователя. В частности, на данном уровне организуется система меню и другой инструментарий, необходимый для управления системой пользователем.

**На втором уровне** производится логическая и арифметическая обработка записей базы данных. Логические функции включают сортировку, отбор, поиск, добавление, удаление и обновление записей базы данных. Арифметическая обработка включает расчетные операции, выполняемые над данными согласно бизнес правил функциональной задачи.

**На первом уровне** обеспечивается хранение физической базы данных на машинных носителях компьютера и обеспечение доступа к ней.

Существует две традиционные архитектуры реализации вышеперечисленных функций (см. рис.1):

- централизованная обработка данных (модель Host);
- децентрализованная обработка данных в локальной компьютерной сети с выделенным сервером (модель LAN/PC).

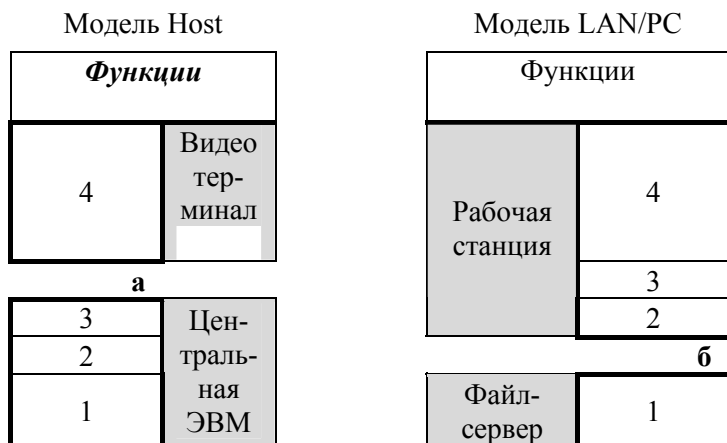


Рис.1. Распределение функций в традиционных архитектурах совместной обработки данных

**Модель Host** предусматривает выполнение всех функций по обработке информации на центральной ЭВМ, за исключением операций ввода/вывода, которые выполняются на видеотермина-

лах (дисплеях). По линиям связи а в этом режиме выполняется передача вводимых данных и команд управления с видеотерминала на центральную ЭВМ и получение отображаемых данных и текстов сообщений с центральной ЭВМ на видеотерминал. Преимуществом этого режима заключается в его четкой организации и невысокой загрузки каналов связи. Недостатком – высокая стоимость оборудования, в частности, центрального компьютера, а также жесткость проекта информационной системы.

**Модель LAN/PC** предусматривает выполнение всех функций обработки непосредственно на рабочих местах пользователей, а хранение информации баз данных на так называемом файл-сервере – компьютере, выступающем в качестве хранилища информации. По линии связи в прямом и обратном направлении передаются файлы баз данных с рабочей станции на файл-сервер и наоборот.

Преимуществом данного режима является гибкость настройки многопользовательской сети и относительно невысокая стоимость оборудования и программного обеспечения. Недостатком – сложность организации совместной обработки данных и высокая нагрузка на каналы связи, связанная с большими объемами передаваемой информации.

Поэтому можно сделать вывод о том, что каждый из перечисленных режимов имеет существенные достоинства и недостатки.

Для того, чтобы использовать достоинства, имеющиеся в обеих архитектурах и максимально исключить недостатки, в настоящее время разработаны принципы архитектуры «Клиент/Сервер», которые заключаются в распределении функций между рабочей станцией и сервером, как показано на рисунке 2.

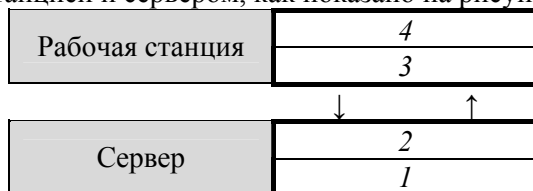


Рис.2. Распределение функций между рабочей станцией и сервером согласно стратегии «Клиент/Сервер»

Рабочая станция обеспечивает реализацию высокоуровневых

функций (3-го и 4-го уровней), т.е. ввод/вывод данных и обеспечение интерфейса. Эти функции в терминологии «Клиент/Сервер» называют клиентскими. Сервер соответственно обеспечивает реализацию серверных функций, к которым относятся функции низкого уровня (1-го и 2-го).

Таким образом, идея модели «Клиент/Сервер» состоит в распределении функций между клиентом и сервером. Такой технологический подход часто называют распределенной обработкой данных.

По линии связи между рабочим местом и сервером в прямом направлении передаются команды в виде SQL-инструкций, а в обратном сообщения о результатах их выполнении или сами результаты. Поэтому к вышеприведенному перечню функций в стратегии «Клиент/Сервер» должны быть добавлены функции, обеспечивающие взаимодействие между клиентом и сервером. В частности к клиентским функциям требуется добавить механизм формирования SQL-запросов к серверу, а к серверным – механизм интерпретации этих запросов и оптимизации их выполнения.

Преимущество такого подхода перераспределения функций заключается в наличии следующих факторов:

- гибкость перепроектирования, присущая модели LAN/PC;
- относительно невысокая стоимость оборудования и программного обеспечения;
- невысокая нагрузка на каналы связи.

**Фактор гибкости** заключается в возможности подключения или отключения рабочих станций и серверов, а также решаемых функциональных задач без значительного изменения конфигурации компьютерной сети и структуры используемой системы баз данных.

**Фактор стоимости** объясняется тем, что в качестве серверов данных могут быть использованы компьютеры класса PC, а не сервера «мейнфрейм» или бизнес-сервера, как в модели Host, а в качестве рабочих мест – обычные персональные компьютеры. Программное обеспечение по стоимости не намного выше, чем для модели LAN/PC (требуется только наличие сервера баз данных, поддерживающего модель «Клиент/Сервер»).



**Невысокая загрузка каналов связи** сети объясняется тем, что посылаемая с рабочей станции на сервер SQL-инструкция представляет собой лаконичную фразу текстового типа, не требующую значительного времени на передачу. С другой стороны поступающая со стороны сервера на рабочую станцию информация содержит либо компактные сообщения о результатах выполнения SQL-инструкций, либо выбранные пользователем небольшие результирующие наборы записей, что также не требует значительного времени на процесс приемы/передачи.

Преимущество модели «Клиент/Сервер» по отношению к модели LAN/PC можно проиллюстрировать, например, на образном наглядном примере.

Допустим, Вам требуется узнать номер телефона абонента, находящегося в другом городе. Для этого Вам потребуется позвонить по междугородней линии связи в справочное бюро нужного города, в котором находятся сведения обо всех абонентах городской телефонной сети. В случае использования модели LAN/PC служащий справочного бюро начнет диктовать по телефону содержимое всей телефонной книги, после чего Вам нужно будет выбрать номер нужного телефона. В случае модели «Клиент/Сервер» служащий отберет из телефонной книги список телефонов, удовлетворяющих запрашиваемым условиям, и передаст его Вам. Роль рабочей станции в вышеприведенном примере играет Вы, а роль сервера – служащий справочного бюро. Ваша задача – грамотно сформулировать запрос и передать его служащему справочного бюро, а его задача состоит в отборе нужных сведений и передаче их Вам. При этом максимально уменьшается время связи и, следовательно, накладных расходов.

Как видно из примера, в модели «Клиент/Сервер» должно быть обеспечено оптимальное взаимодействие между рабочей станцией и сервером, что в дальнейшем обеспечит преимущество этой модели перед традиционными моделями.

Программное обеспечение, реализующее клиентские функции называют клиентским приложением. В его роли может выступать, например, система управления базами данных (СУБД) настольного класса, имеющая возможность формировать SQL-запросы к какому-либо серверу баз данных. В настоящее время почти все СУБД и системы разработки приложений имеют такие

возможности, например, MS Access, MS Visual FoxPro, Paradox, dBase, Delphi, Visual Basic, Visual C++ и др.

Программное обеспечение, реализующее серверные функции, соответственно называют серверным приложением. К нему относятся серверы баз данных (СУБД серверного класса), а иногда и настольные СУБД, выполняющие функции сервера. К серверам баз данных можно отнести такие системы, как Oracle, Informix, DB2, MS SQL Server и др. Сервера баз данных, в свою очередь, можно классифицировать по производительности. Так, в настоящее время можно выделить сервера баз данных масштаба предприятия и масштаба рабочей группы. Однако, последние версии перечисленных серверов, например Oracle, имеют уже встроенные возможности масштабирования.

Следует отметить, что в частном случае для реализации «Клиент/Сервер» вовсе не надо иметь сеть, т.к. оба приложения как клиентское, так и серверное можно установить на одном компьютере. Это целесообразно в тех случаях, когда объем обрабатываемой информации достаточно велик, чтобы с ним эффективно справлялась настольная СУБД, однако пользователю требуется иметь богатый и удобный интерфейс, характерный для СУБД этого класса.

Процесс интерпретации и выполнения SQL-запроса серверным приложением часто называют транзакцией – последовательностью операций, которые выполняются полностью или не выполняются вообще (принцип «все или ничего»). Это позволяет обеспечить целостность и непротиворечивость базы данных, расположенной на сервере.

### **«Клиент/Сервер» и распределенная база данных**

В большинстве случаев, при построении корпоративных информационных систем целесообразно кроме общедоступной сетевой базы данных иметь также локальные базы данных, предназначенные для децентрализованной эксплуатации на различных рабочих местах компьютерной сети. Такие базы данных создаются при помощи СУБД настольного класса. При помощи этих же СУБД организуется также и взаимодействие между локальными и серверными базами данных. Таким образом, создается корпоративная система баз данных, состоящая из баз данных различных уровней и назначений.

Однако системы баз данных, имеющие сложную структуру (это скорее правило, чем исключение) трудноуправляемы с точки зрения их администрирования. Произвольный обмен информацией между базами данных различных уровней, несогласованной действий между разными пользователями в корпоративной сети иногда ведет к нарушению целостности данных, их противоречивости и другим неприятным последствиям.

Выходом из такой ситуации является построение одной распределенной базы данных корпоративной информационной системы с централизованным администрированием. Распределение базы данных заключается в том, что различные компоненты одной базы данных расположены на различных рабочих местах пользователей и серверах. При этом сохраняются все логические внутренние связи между всеми компонентами базы данных (например, таблицами) так, как если бы она находилась на одном компьютере.

Существует несколько способов реализации распределенной базы данных в компьютерной сети:

- распределение таблиц базы данных;
- распределение подмножеств записей;
- распределение столбцов.

**Распределение таблиц базы данных** является наиболее простым способом организации распределенной базы данных. Он заключается в том, что отдельные таблицы базы данных хранятся на разных рабочих станциях (серверах), между которыми накладываются по сети логические связи. Такой способ организации распределенной базы данных наиболее легко администрируется. Однако, при большом числе пользователей, работающих с одной таблицей, эффективность такого способа распределения сводится к минимуму.

**Распределение подмножеств записей** предусматривает хранение и обработку записей одной таблицы сразу на нескольких рабочих местах (или серверах) сети. Преимущество данного способа распределения особенно очевидно в случае работы отдельных пользователей с разными наборами записей одной таблицы.

Например, каждому сотруднику отдела сбыта предприятия поручено вести информацию по определенным спискам клиен-

тов. В этом случае имеет смысл распределить таблицу сведений о клиентах на подмножества записей, соответствующие сотрудникам предприятия, которые этих клиентов ведут.

Другим примером распределения подмножеств записей может служить организация распределенной базы данных компьютерной сети бухгалтерии предприятия. Бухгалтера на разных участках учетной работы также имеют дело с разными наборами записей одной таблицы по ведению бухгалтерских операций.

В результате такого способа распределения повышается эффективность работы каждого рабочего места, так как физические записи таблицы базы данных ведутся фактически независимо, и вместе с тем обеспечивается логическая целостность такой распределенной таблицы.

**Способ распределение столбцов таблицы** используется реже по отношению к первым двум. Он заключается в том, что столбцы одной таблицы могут располагаться на разных рабочих местах (серверах). Данный способ также предусматривает пересечение столбцов, т.е. наличие одних и тех же столбцов на разных рабочих местах. Использование данного способа распределения обусловлено необходимостью работы разных пользователей с одной таблицей, причем отдельные пользователи работают только с определенными элементами данных этой таблицы.

Физически этот способ реализуется аналогично первому. Предусматривается наличие в каждом подмножестве столбцов таблицы первичного ключа (столбца, однозначно идентифицирующего запись) и организации внешней (сетевой) логической связи по этому ключу. Т.е., фактически таблица разбивается на отдельные составляющие, расположенные на разных рабочих местах, с обеспечением целостности связываемых записей.

Примером применения такого способа организации распределения может служить база данных сотрудников предприятия. При этом ведением одного подмножества столбцов таблицы данных по сотрудникам может заниматься служащий отдела кадров (столбцы с анкетными данными сотрудников), а другого подмножества столбцов – бухгалтер (столбцы о наличии задолженности по зарплате, должностном окладе, суммах надбавки, % подоходного налога и т.д.). Вместе с тем, как кадровик, так и бухгалтер имеют и общие столбцы (фамилии, инициалы сотруд-

ников, подразделения, должности и т.д.).

Сложность реализации такого способа распределения состоит в организации администрирования базы данных. Например, кому из пользователей дать права на добавление или удаление записи из общей таблицы.

На практике обычно используются, в зависимости от необходимости, все три способа распределения баз данных.

В качестве **программного обеспечения распределенных баз данных** могут выступать как сервера баз данных, так и обычные настольные СУБД.

В частности способ распределения таблиц можно довольно легко реализовать в СУБД настольного класса MS Access. Для распределения таблиц достаточно наложить связи таблицы текущей базы данных с таблицами других баз данных, расположенных на других компьютерах, и работать с ними как со своими собственными.

Однако использование настольных СУБД для организации распределенных баз данных ограничено возможностями их администрирования. Так, например, СУБД MS Access не имеет развитых средств определения прав доступа пользователей к отдельным компонентам базы данных.

С другой стороны, не все имеющиеся сервера баз данных имеют средства реализации всех перечисленных способов распределения базы данных. Наиболее полный набор средств распределения имеет Oracle Server, т.к. эта система изначально ориентирована на работу с распределенными базами данных и имеет богатый набор средств для их администрирования.

## ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Г.М. Приймак

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

*Об'єктно-орієнтоване програмування (ООП)* – це спосіб програмування, який забезпечує модульність програм за рахунок розподілу пам'яті на ділянки, що містять дані та процедури. Області можуть використовуватись в якості зразків, з яких за вимогою можуть робитися копії.

У відповідності до даного визначення будемо розуміти під *об'єктом* деяку ділянку пам'яті.

Такий спосіб розподілу пам'яті важливий, тому що кожен модуль чи об'єкт функціонує незалежно один від одного, тобто існує деяка автономність. Під розподілом пам'яті ж розуміють існуючу систему розбиття пам'яті комп'ютера на функціонально відносно незалежні області. А самі області в свою чергу незалежні в тому сенсі, що можуть використовуватись в різних програмах без модифікації з повною впевненістю в тому, що жодна з областей не буде затертою при включенні її в інше середовище.

З іншого боку, в виділених областях розміщуються не лише дані, але і код процедур, що забезпечує захист від пошкоджень даних в результаті зовнішніх явищ. А функціональний елемент програми працює незалежно від подальших доповнень та модифікацій.

До того ж, як тільки, наприклад, об'єкт визначений, зразу ж можна створити стільки його копій, на скільки вистачить пам'яті, не створюючи додатковий код, який дозволяє впевнитись у відсутності взаємодії, тобто структура може використовуватись у вигляді зразка для виготовлення копій.

Кожна парадигма програмування має свої метафори, які допомагають думати концепціями цієї парадигми. Вся інформатика наповнена метафорами – так, яскравими прикладами є такі терміни, як “вікно” і “пам'ять”. Пам'ять і вікна, про які говориться в курсі інформатики, досить слабо нагадують предмети реального світу, які дали їм імена. Загалом терміни – це просто

ярлики, якими зручно користуватися. Щодо таких основних концепцій об'єктно-орієнтованого програмування, як “передача повідомлень” і “наслідування”, то аналогія подібних метафор може бути успішно продовжена.

Один із основних способів взаємодії об'єктів об'єктно-орієнтованого програмування – це *передача повідомлень*. Шляхом передачі повідомлень здійснюється зв'язок між об'єктами. Повідомлення можуть бути прийняті чи ні. Об'єкт приймає ті повідомлення, які впізнає, а усі інші ігнорує. В цьому випадку способи взаємодії об'єктів повністю контролюються. Оскільки цьому протоколу слідують всі об'єкти, зовнішній по відношенню до об'єкта код не може непередбаченим чи небажаним способом впливати на функціонування цього об'єкта.

Посилання повідомлень потребує як мінімум вказування адресата та імені повідомлення, що посиляється. Часто потрібно також задати параметри. В якості аргументів можуть використовуватися імена змінних, відомих виключно об'єкту, що приймає повідомлення чи імена глобальних змінних. Об'єкту можна посилати повідомлення записати себе на диск, вивести на екран, знищити себе і т.д.

Концепція *класу* є однією із базових для ООП. В багатьох об'єктно-орієнтованих системах клас вважається об'єктом, який володіє досить обмеженим набором можливостей.

Говорять, що створюється *екземпляр класу*, коли клас використовується в якості “штампу” для виготовлення одного чи декількох об'єктів його типу; створений об'єкт називають екземпляром класу. Практичне застосування структури класу обумовлена наявністю засобів *наслідування*, тобто здатності створювати класи, які автоматично моделюють поведінку інших класів. Якщо клас В моделює властивості класу А, то ми називаємо В підкласом А, а клас А відповідно суперкласом для В. В цьому випадку говорять, що В повністю наслідує поведінку класу А. Підклас створюється для того, щоб додати нові елементи в наслідувану поведінку. У класу може бути більше одного суперкласу, тобто деякі об'єктно-орієнтовані системи містять засоби множинного наслідування. В подібних системах новий клас може бути створеним тільки за рахунок наслідування від двох чи більше суперкласів, в інших випадках додаткові аспекти по-

ведінки вносяться за допомогою ручного кодування. В будь-якому випадку одержаний клас може бути використаний для “штамповки” об’єктів, поведінка яких буде відрізнятися від поведінки суперкласу чи суперкласів.

В процесі визначення підкласів з’являється так звана *ієрархія класів*. Вона представляє собою дерево чи сітку класів. Дерево (сітка) починається з найбільш загальних класів і опускається до найбільш спеціалізованих реалізацій. Ієрархія класів і її можливості служить однією з основ, яка визначає потужність об’єктно-орієнтованого оточення. Програмісти розширюють об’єктно-орієнтовану мову, нарощуючи ієрархію класів і словник повідомлень, якими обмінюються об’єкти.

Привілеєм об’єктно-орієнтованих систем є стабільність протоколу взаємодії об’єктів при розширенні мови. Ефективність досягається за рахунок мінімізації числа зв’язків між програмістами та об’єму програмної документації.

Для використання таких цілей використовується перевизначення. *Перевизначення* – це домовленість, за якою методи різних класів, що виконують однакові дії, носять одне і те ж ім’я. Перевизначення дає змогу користуватися одним іменем для функцій декількох класів. За рахунок цього програміст отримує єдиний протокол для широкого спектру операцій класів, який полегшує використання системи. Програміст, в свою чергу, звільнюється від обов’язку продивитись написаний іншими програмістами код для того, щоб дізнатися, як до нього звернутися і як його використовувати.

Існує декілька критеріїв класифікації об’єктно-орієнтованих систем. Найбільш чітко розрізняються чисто об’єктні і гібридні системи. В *чисто об’єктній* системі все є об’єктом. В *гібридних* системах об’єкти співіснують з звичайними елементами мов програмування.

Іншим критерієм класифікації об’єктно-орієнтованих систем служить тип механізму наслідування. Існує два механізми наслідування: *одиничне* і *множинне*.

Множинне наслідування не просте. Одна з причин цього полягає в потенціальних конфліктах імен змінних і методів в різних класах, з яких ведеться наслідування. Тут потрібен строгий механізм розв’язання конфлікту. Поки що він не придуманий.



Останній критерій полягає в присутності чи відсутності *паралельного опрацювання*. Так, в паралельній системі обмін повідомленнями може відбуватися одночасно, в той час як в послідовній системі об'єкт чекає повернення повідомлення.

Одна з цілей об'єктно-орієнтованих систем – дозволити використовувати код, не змушуючи програміста вдаватися у деталі. В більшості об'єктно-орієнтованих системах об'єкти складаються з *загальнодоступної* і *приватної* частин. У зв'язку із економією пам'яті нема необхідності створювати копії. Загальні для всіх об'єктів одного типу частини запам'ятовуються на рівні класу. В цю частину частіше всього потрапляють код методів і змінні класу, які складають роздільну частину об'єктів.

Коли послано повідомлення, воно опрацьовується підпрограмою, яка переглядає область пам'яті класу. Імена та значення змінних екземплярів приватні. Кожен об'єкт (екземпляр) містить свої власні змінні. Клас містить інформацію про те, як змінні створювати, але запам'ятовуються вони самим екземпляром. Якщо розшукувані дані чи код наслідують в іншого класу, вони запам'ятовуються один раз на більш високому рівні. Підпрограми, які їх використовують, переадресовуються по ієрархії до тих пір, поки не досягнуть класу, у якого ці дані чи код наслідують останні.

Об'єктно-орієнтовані системи містять множину можливостей, але вони доступні тим, хто знає, як ними користуватися. В таких системах існує унікальне число узгоджень, відповідальність за які лежить на програмістові.

Основні причини застосування об'єктно-орієнтованого програмування:

- найбільш привабливе виключення надлишкового коду;
- можливість захисту об'єктів від коду інших частин програми;
- економія часу за рахунок побудови програми з готових відлагоджених частин замість того, щоб починати кодування з пустого місця;
- по-справжньому модульне програмне оточення, яке зводить повтори при кодуванні до мінімуму.

## АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

А.А. Швабский

г. Мелитополь, Мелитопольский государственный педагогический институт

В последнее время трёхмерная компьютерная графика нашла широкое применение в таких областях, как научные расчёты, инженерное проектирование, компьютерное моделирование физических объектов и т.д. Однако сегодня, вследствие многообразия возможностей трёхмерной графики, проблемным становится вопрос о том, какие возможности 3D-графики следует включить в учебный процесс, а какие нет.

Анализируя данную проблему, следует отметить, что, с одной стороны, применение 3D-графики в учебном процессе имеет огромные перспективы, а с другой стороны, сталкивается с рядом препятствий.

Среди основных преимуществ использования трёхмерной компьютерной графики в учебном процессе, можно выделить следующие:

- трёхмерная графика характеризует объект изучения с различных сторон, позволяет визуально продемонстрировать свойства и особенности объекта, при этом существует возможность выделять его отдельные части, показывать то, что требует дополнительного разъяснения;
- объектом 3D-графики может быть всё, начиная от микрообъекта и заканчивая макрообъектом, что позволяет преподавателю работать с такими объектами, которые невозможно продемонстрировать в условиях учебного заведения;

Например, на уроке физики преподаватель может наглядно показать взаимодействие элементарных частиц. На уроке химии – проиллюстрировать динамику механизмов химических реакций. Широкие перспективы применения трёхмерной графики

открываются не только в области технических, но и в области естественных наук. Так, на уроке анатомии, преподаватель может предложить ученикам виртуальное путешествие по внутренним органам человека, в ходе которого они изучают их строение и функции.

Кроме этого, ссылаясь на «золотое правило» дидактики – принцип наглядности, можно утверждать, что трёхмерная графика не только развивает пространственное восприятие, но и повышает мотивацию учащегося к обучению, которая является одной из ведущих движущих сил обучения.

Тем не менее, существуют проблемы, задерживающие внедрение трёхмерной компьютерной графики в процесс обучения.

Назовём две, самые важные на наш взгляд. Во-первых, все программы и приложения, предназначенные для работы с трёхмерной графикой, как правило, нуждаются в мощных, дорогостоящих аппаратных платформах, приобрести которые имеет возможность не каждое учебное заведение. Во-вторых, изучение трёхмерной компьютерной графики не входит в базовый курс изучения информатики, поэтому далеко не каждый выпускник педвуза имеет даже общее представление о работе с 3D-графикой.

Таким образом, принимая во внимание современные запросы общества и основные задачи педагогики (развитие творческих способностей, формирование мировоззрения, научного представления), следует отметить, что разработка методов использования трёхмерной компьютерной графики в учебном процессе, является перспективным направлением в современной методологии информатики и ее составляющих.

#### Литература:

1. Петерсон М. Эффективная работа с 3D Studio Max2. – СПб.: Питер, 1998. – 640 с., ил.
2. Информатика. Базовый курс / Симонович С.В. и др. – СПб.: Питер, 1999. – 260 с., ил.

## ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ВПОРЯДКУВАННЯ МАСИВІВ ДАНИХ

М.С. Жуков, Р.О. Постоєнко, М.М. Сіліпіна  
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

В численних системах обробки інформації потрібно вирішувати як допоміжну або як основну задачу впорядкування елементів масиву. Звичайно, якщо елементів невелика кількість і кожний з них – це число або символ (або рядок), то немає проблеми їх упорядкувати. Якщо бути точнішим, то проблеми впорядкування взагалі немає. Є проблема як упорядкувати масив за мінімальний час. Бо коли маємо справу з сотнями чи тисячами елементів і до того ж кожний елемент складається, наприклад, із складної структури (має багато полів різних типів даних), то треба подбати про найбільш ефективний спосіб. Наприклад, для пошуку інформації в якійсь базі даних, яка знаходиться в файлі, чи в іншій складній структурі даних, де окремі елементи розміщуються довільно в пам'яті, а зв'язок між ними здійснюється за допомогою вказівників (наприклад, рядки, списки, таблиці тощо), можна застосувати дихотомічний метод пошуку (його ще називають бінарний пошук або пошук діленням навпіл). Нагадаємо, в чому полягає ідея цього методу.

Створюється допоміжний файл (масив) записів, в який записується інформація з бази даних (БД). Кожний запис складається з полів із ключовим виразом та ще з одного поля з номером запису в БД, до якого належить ключовий вираз. Ключовий вираз – це одне або декілька полів БД, які характеризують (ідентифікують) інформацію в даному записі. Інформація в допоміжному файлі (масиві) упорядковується за зростанням (зменшенням) значення ключового виразу. Коли потрібно знайти якийсь запис в БД, то по ключовому запису (скорчено називають просто ключ) спочатку його потрібно знайти в допоміжному і вже впорядкованому файлі. Такі допоміжні файли називають індексними. Для прискорення подальшої роботи, інформацію з індексного файлу переписують у масив. Звичайно використовують динамічні масиви. Визначають середину масиву і

порівнюють значення ключа в цьому елементі з тим значенням, яке шукають. Якщо вони співпали – пошук закінчується, якщо ж ні, то перевіряють в якій половині масиву може знаходитись те, що шукають. Пам’ятаємо, що масив упорядкований. Перевіряємо співвідношення значення ключа і того, що шукаємо. Якщо його значення більше ніж ключа, значить треба продовжити пошук в нижній частині масиву, а якщо навпаки то у верхній. Тут умовно позначили терміном “нижня частина” масиву решту елементів масиву номери яких більші ніж у середнього елемента. А “верхня частина” має протилежне значення. Тепер розглядається відповідна (верхня чи нижня) частина масиву. В ній знову визначається середній елемент і порівнюється його ключ із тим значенням, що треба знайти і т.д. Процес продовжують до моменту співпадання значень, або коли настане момент, коли шукати вже немає де, тоді робиться висновок, що в БД відсутній потрібний запис. Якщо в масиві знаходиться  $N$  індексних записів, то найбільше може бути зроблено  $1 + \log_2 N$  повторень, щоб знайти запис, або зробити висновок про його відсутність. Знайшовши потрібний індексний запис, використовують значення його поля, де вказується номер запису в БД. За цим номером безпосередньо звертаються до потрібного запису.

В цьому прикладі впорядкування індексів – допоміжний засіб для пошуку інформації. Може виникнути потреба безпосередньо впорядкувати інформацію в БД.

Отже, актуальним є аналіз роботи різних алгоритмів при впорядкуванні масивів однакових розмірів. Для оцінки швидкодії алгоритмів використовують, як правило, два показники: кількість присвоювань та кількість порівнянь. Усі відомі методи впорядкування можна поділити на дві групи: методи прямого впорядкування та покращенні методи. Дослідження виконане для деяких популярних та мало відомих алгоритмів. Методи “вибором” (його ще інколи називають “перестановки”) та “бульбашки” (або “обміну”) найбільш поширені, тому пояснювати їх немає потреби, покажемо лише результати їх роботи. Коротко охарактеризуємо менш відомі.

Метод вставки. Суть методу полягає у наступному. Масив ділиться на дві частини: впорядковану та невпорядковану. Елементи з невпорядкованої частини почергово вибираються і

вставляються у впорядковану частину так, щоб не порушувати в ній упорядкованість елементів. На початку роботи вважається, що упорядкована частина масиву складається лише з одного елемента, а решта масиву – невпорядкована.

Метод Хоара. Цей метод називають методом швидкого сортування. Суть методу полягає у наступному. Спочатку у заданому масиві довільно вибирають елемент, і переміщують його в правильну позицію, тобто всі елементи, котрі мають значення менше, ніж у вибраного, розташовують по одну сторону, а більші – по іншу. Внаслідок отримаємо два списки (правий і лівий). Аналогічні перетворення робляться з кожним з цих списків окремо. Так виконується до тих пір поки списки не стануть малими для сортування.

Метод Шелла. Суть запропонованого Дональдом Шеллом методу полягає у наступному. Спочатку порівнюють значення елементів масиву, котрі знаходяться на великій відстані (по номерам індексів), і впорядковують їх. Потім зменшують відстань вдвічі і знов виконують сортування. Ці дії продовжують до тих пір поки не будуть розглядатися сусідні елементи. Недолік цього методу полягає у тому, що він дуже складний для аналізу. Ефективність його повністю залежить від вибору методу сортування всередині груп, а також від вибору індексної відстані між групами і від кроку зменшення цієї відстані.

При тестуванні алгоритмів дотримувались наступної методики:

Всі алгоритми опрацьовували однакові масиви. Кількість елементів в кожному досліді змінювалася від 10 до 800;

Фіксувалися кількість операцій присвоювання та порівнянь. При цьому враховували “асемблерну” реалізацію таких структур мови програмування як цикли типу For, While ..., Repeat ... Until, перевірка умови If ... then ... else, а також різницю в операціях присвоювання з записом в пам'ять та операціями типу Inc(змінна).

За результатами досліджень алгоритмів побудовані графіки. Для спрощення наведені результати досліджень з масивами розміром до 100 елементів. Але вони чітко відображають реальну картину і в перспективі. На рис. 1 демонструється залежність кількості операцій присвоювання від розміру масиву, а на рис.2 –

залежність кількості операцій порівнянь.

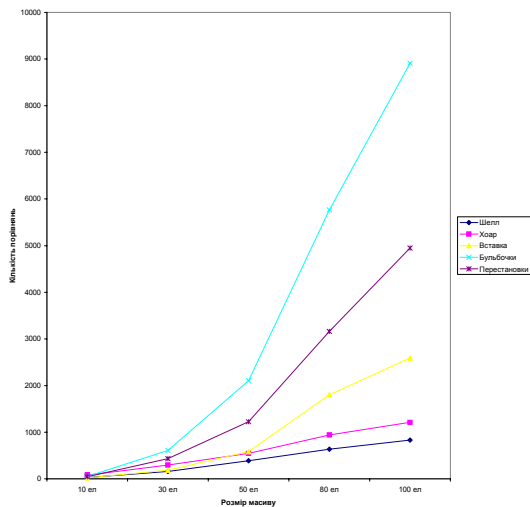


Рис 1. Залежність кількості присвоювань від розміру масиву.

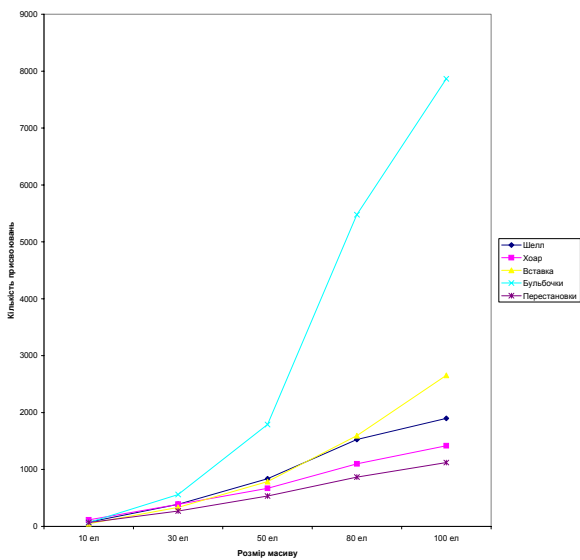


Рис. 2. Залежність кількості порівнянь від розміру масиву.

Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що в простих методах впорядкування кількість порівнянь та присвоювань мають майже квадратичну залежність від розміру. Винятком є метод вибору (перестановки), у якого найменший показник по кількості присвоювань. Найгіршим є метод бульбашки, не зважаючи на те, що його модифікували – переривалась подальша робота, коли на останньому циклі не було зроблене перестановки. Складні методи, звичайно, були й розроблені для того, що зробити впорядкування ефективнішим. Тому й використовувати їх потрібно там, де це виправдано – в дуже складних системах обробки інформації. Якщо впорядковують великі масиви, елементами яких є структури даних, подібних до типу запис, то найкращим буде зробити наступне. Перетворити його на динамічну структуру і далі впорядковувати не елементи масиву, а вказівники на ці елементи. В цьому випадку значно скоротиться час на виконання операцій присвоювання, бо замість пересилань в пам'яті великих структур даних ці ж операції будуть виконуватися з вказівниками. Інший спосіб, як уже зазначалося вище, – використати діхотомічний спосіб. Але для цього потрібно буде створити допоміжний (індексний) масив.



## БІБЛІОТЕКА ЧИСЕЛЬНИХ МЕТОДІВ DIGIT PRO 1.0

Є.С. Панкратов

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

Враховуючи певні особливості навчально-виховного процесу, тобто процесу пізнання та засвоєння знань та особливості викладання деяких математичних дисциплін, зокрема, чисельних методів математики, виникає проблема пошуку зручного інструменту для засвоєння, поглиблення та перевірки знань саме з цієї наукової дисципліни. Хотілося б, щоб студенти, викладачі та, можливо, інженери мали гідний, швидкий, гнучкий та зручний інструмент для використання потужного математичного апарату чисельних методів, для виконання чисельних розрахунків за допомогою нього, для перевірки знань та результатів роботи. Розробці подібного продукту й присвячена дана робота.

На сучасному рівні розвитку інформаційних технологій за платформу такого інструменту доцільно було б обрати звичайний персональний комп'ютер. Отже, швидка, із зручним інтерфейсом користувача програма є, безумовно, найкращим рішенням.

Враховуючи ці та деякі інші аспекти, автор цієї статті поставив перед собою за мету програмування саме такого інструменту.

Розроблена програмна бібліотека чисельних методів містить ряд підпрограм, які є реалізацією:

1. Чисельних методів розв'язування рівнянь з однією змінною.
2. Чисельних методів для розв'язування систем алгебраїчних рівнянь.
3. Методів чисельного диференціювання та інтерполювання функцій.
4. Методів чисельного інтегрування функцій.
5. Методів розв'язання звичайних диференціальних рівнянь.

Підпрограми, що реалізують безпосередньо математичні розрахунки, виконані таким чином, що робота з ними та їх вико-

ристання відбуваються на інтуїтивно-зрозумілому рівні. Код програм є оптимізованим на алгоритмічному рівні, наскільки цього потребують вимоги сучасного апаратного забезпечення та дозволяють можливості мов програмування високого рівня. Проте, можлива певна модифікація та оптимізація вже існуючого програмного коду.

Можливості та технічні особливості роботи продукту настільки великі, що наводити їх в даній статті автор вважає недоцільним. Зосередимося на проблемах та перспективах реалізації та застосування проекту.

Проблемою, яка пов'язана безпосередньо з роботою програмної бібліотеки, слід назвати введення даних для подальшої обробки. Мова йдеться про редактор для введення формул та подальшого їх використання в програмній бібліотеці. Оскільки розробка редактору формул є окремою незалежною задачею (проте не є нерозв'язною), розв'язання та реалізація якої потребують певних зусиль та часу, програмна бібліотека ще не містить вказаного рішення. Проте, початок роботі вже покладено, тому наступним кроком у реалізації бібліотеки ми вважаємо введення до неї більш-менш відповідного вимогам редактора формул.

Згідно цього, визначаються перспективи подальшої роботи над проектом:

- включення в програмну бібліотеку редактора формул;
- оптимізація коду для поліпшення швидкості роботи програм;
- оптимізація програм та розробка інтерфейсу користувача для 32-розрядної платформи Windows, яка на поточний момент є найбільш поширеною в світі;
- адаптація проекту для платформи Unix;
- розробка графічного пакету для роботи з графіками;
- розробка допомоги та навчальної системи для полегшення засвоєння використаного в програмній бібліотеці матеріалу.

Автор бажає успіху всім науковцям в роботі з даним програмним продуктом та в реалізації власних рішень. Всі зауваження та пропозиції щодо якості роботи програми, її придбання та співробітництва надсилати електронною поштою за адресою: [esp\\_2000@mail.ru](mailto:esp_2000@mail.ru)

# ЭЛЕКТРОННЫЙ СПРАВОЧНИК “УЛИЦАМИ КРИВОГО РОГА 2000”

М.П. Рывкин  
г. Кривой Рог

Основными источниками информации о нашем городе являются книги, пресса, телевидение, справочные бюро и различные справочные издания. Их недостаток в сложности, а подчас, и невозможности поиска нужной информации. Электронный справочник «Улицами Кривого Рога 2000» позволяет объединить в себе разнообразный справочный материал о городе, открывает более широкие возможности поиска и навигации среди разделов, позволяя практически мгновенно найти необходимые данные.

Назначение программы заключается в предоставлении разнообразных сведений и данных о нашем городе широкому кругу пользователей, ознакомлении с неизвестными фактами из истории Кривого Рога. Девизом программы является «Люди – наше богатство».

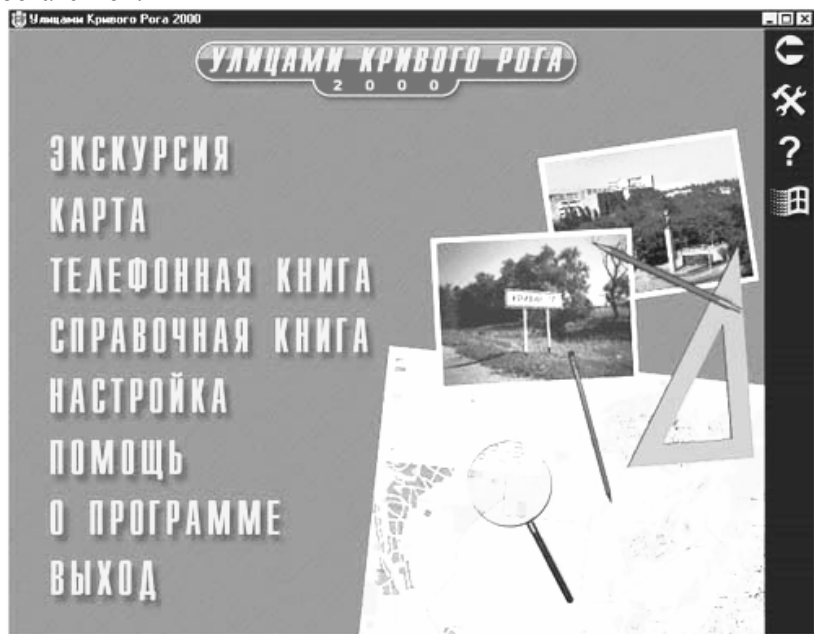


Рис. 1. Главное меню программы

На рис. 1 изображено главное меню программы. Она состоит из четырех основных разделов: «Экскурсия», «Карта», «Телефонная книга» и «Справочная книга».

Первый раздел посвящен истории нашего города, его прошлому, настоящему и будущему. Он состоит из подразделов: «Страницы истории», «Город сегодня», «Достопримечательности», «Архив». «Страницы истории» охватывают период от истоков зарождения человечества до наших дней, повествование о сегодняшних буднях Кривого Рога продолжается в разделе «Город сегодня». Посетив «Достопримечательности», можно полюбоваться красивыми уголками природы нашего города, памятниками и самое главное – замечательными людьми, которыми он так богат. «Архив» содержит разнообразные сведения, фото-, аудио- и видеоматериал, посвященный Кривому Рогу.

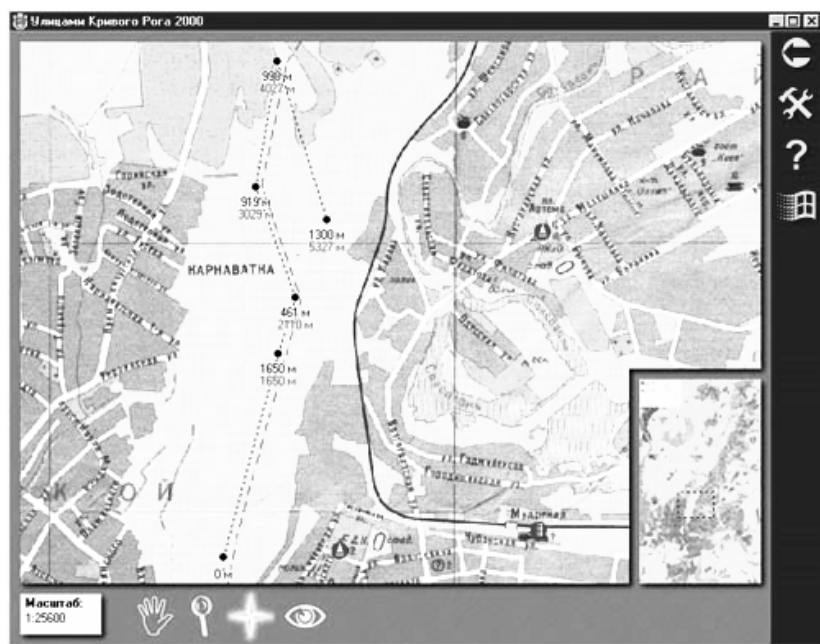


Рис. 2. Работа с картой. Измерение расстояний

Раздел “Карта” предназначен для работы с картой Кривого Рога. С помощью кнопок, находящихся на экране, можно производить простейшие операции: перемещение, масштабирование, а

также измерять расстояние между точками на карте (рис. 2) и выполнять поиск среди объектов карты (крупнейшие магазины, памятники, ж/д станции и т.д.).

В разделе «**Телефонная книга**» содержатся частные телефоны, телефоны государственных предприятий, а также список экстренных телефонов. С помощью поисковой системы вы можете найти требуемый телефон или владельца телефона, используя маску для поиска.

С помощью «**Справочной книги**» вы можете получить информацию о предприятиях Кривого Рога различных сфер деятельности.

Программа снабжена панелью навигации, позволяющей быстро перемещаться между разделами, и контекстной помощью.

#### **СИСТЕМНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ:**

- **Операционная система:** Windows 95, Windows 98, Windows NT
- **Процессор:** 486SX и выше
- **ОЗУ:** 8 МБ и выше
- **Видеопамять:** 1 МБ и выше
- **Разрешение:** 800 X 600 X 16bpp

Программа разработана для платформы Windows на языке C++ с использованием Win32 API. Был использован компилятор и интегрированная среда разработки Borland C++ 5.02.

Автор с удовольствием примет Ваши отзывы и пожелания по адресу [alterhead@mail.ru](mailto:alterhead@mail.ru)

## **ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ КОМПЬЮТЕРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ (ФАКУЛЬТАТИВНЫЙ КУРС)**

В.А. Юрченко, С.А. Семериков

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Несколько лет назад нами была поставлена задача: разработать двухгодичный факультативный курс по информатике, который можно было бы использовать в старших классах школ нового профиля. В качестве экспериментальной площадки для его апробации была выбрана Центрально-Городская гимназия г. Кривого Рога.

С самого начала, однако, было совершенно неясно, какой язык программирования выбрать в качестве основного, поэтому, с учётом индивидуального характера занятий, было решено составлять программу, привязанную не к языку программирования, а к задачам, которые необходимо было решить в процессе обучения на факультативе. Это пожелание было высказано самими учениками, что достаточно усложнило работу – построенный курс, фактически, существует в двух вариантах – на языке Си и на языке Паскаль.

Первый год обучения на факультативе – препедевтический. В процессе обучения ученики осваивают тот язык программирования, который они выбирают. Курс построен таким образом, что первый год обучения могут вести два разных преподавателя – один изучает со своей группой язык Паскаль, а другой – Си. Разумеется, конечный результат обучения двух преподавателей, даже по сходным программам, может очень сильно отличаться. В связи с этим в начале второго года обучения, когда, по нашему предложению, лучшие обучаемые из обеих групп сливаются в одну, возникает необходимость в проверке и коррекции усвоенных ими знаний, своего рода выравнивании их знаний перед тем, как перейти непосредственно к усвоению нового материала. Это достигается путём выдачи индивидуальных заданий по решению 10-15 стандартных алгоритмических задач. Каждый ученик получает шаблон решения 2-3 задач на том языке программирова-

ния, который он изучал в течение первого года обучения. Задания выполняются под контролем преподавателя, но в свободной манере; новый учитель не сковывает инициативу своих учеников, желающих, к примеру, приукрасить свою программу, а консультирует их по всем интересующим их вопросам. При этом решаются две дидактические задачи:

1. С одной стороны, учитель в процессе выполнения заданий получает максимум информации об уровне знаний, умений и навыков своего будущего обучаемого, не прибегая к традиционным формам контроля и оценки знаний (т.е. не проводя опроса, среза и т.п.).
2. С другой стороны, предлагаемые шаблоны как бы «навязывают» ученикам свойственный преподавателю стиль изложения материала, помогая им адаптироваться к нему ещё до того, как они начнут решать более серьёзные задачи.

Таким образом, вступительное тестирование (которое, кстати, может быть проведено и в конце первого года обучения совместно с преподавателями языка программирования) помогает преодолеть ученикам известный психологический барьер «нового учителя», а учителю – поближе познакомиться со своими подопечными.

Первая тема, рассматриваемая на факультативе, относится к теории кодирования информации. Будучи фундаментальной во всем курсе информатики, она имеет важное практическое значение при решении любой прикладной задачи: ведь, по выражению Никласа Вирта, программы есть алгоритмы + структуры данных, с которыми работают эти алгоритмы. Одной из важных проблем является ограниченность ресурсов компьютера, в частности в том, что касается дисковой памяти. Поэтому естественно возникает желание, чтобы данные, обрабатываемые программой, занимали как можно меньше места на диске. Это и обуславливает необходимость изучения алгоритмов СЖАТИЯ ИНФОРМАЦИИ для её компактного хранения.

Учитывая, что большинство школ оснащены достаточно слабой техникой – за редким исключением, в лучшем случае класса ХТ без винчестера, основная работа происходит с дискетами (там, где есть дисководы на рабочих местах ученика), поэтому проблема эффективного хранения, а главное – использо-

вания информации (текстов, картинок и т.п.) стаёт особенно актуальной. Стандартные средства – архиваторы – позволяют эффективно хранить информацию, но в этом случае об эффективном её использовании не может быть и речи. Это и является причиной изучения данного раздела; алгоритмы, предлагаемые для изучения, достаточно просты, чтобы быть усвоены школьниками, позволяя создать встраиваемые в программы функции сжатия/расжатия используемой в данной программе информации. Для данных, в которых есть длинные последовательности повторяющихся элементов (например, картинки или отдельные тексты), мы предлагаем метод RLE и Хаффмана, эффективность которых можно оценить из предоставляемой демонстрации. Ученики при этом выбирают тот метод, который лучше всего решает поставленную задачу.

Одним из двух основных средств ввода информации в компьютер является клавиатура. Основные функции работы с клавиатурой осваиваются, как правило, на самых ранних стадиях изучения языка программирования. Более того, они признаны настолько важными, что, к примеру, в языке Паскаль функции типа `read`, `readln` входят в стандарт языка, составляя его ядро. Поэтому эффективность использования клавиатуры нужно искать не в самом факте его использования, а в тех проблемах, которые мы можем решить, детально разобравшись в структуре нижнего уровня – буфере клавиатуры. Именно непосредственный доступ к буферу клавиатуры позволяет нам операции, которые обычными средствами сделать затруднительно или просто невозможно (например, «подсмотреть» символ, который функцией ввода ещё не считан, но в буфере уже лежит). Одним из ярких примеров эффективного использования буфера клавиатуры является написание демонстрационных программ. Обычно по демонстрации можно узнать, как работает программа в режиме диалога или, к примеру, в режиме «сценария», который проигрывает редактор «Слово и Дело» при первой установке. Поэтому гораздо эффективнее написать сценарий демонстрации для уже существующей программы, чем писать её демо-версию. Именно такого рода обучающие сценарии и являются наиболее эффективным средством ознакомления с программным продуктом. В этом случае преподавателю нет необходимости одновременно рассказывать и



показывать – обучающий сценарий сам, через заданные промежутки времени, заносит в буфер клавиатуры коды клавиш, воспринимаемые демонстрируемым программным продуктом как реальные нажатия клавиш. В качестве примера такого сценария можно привести фрагмент демонстрации некоторых возможностей файлового монитора.

Наибольшим дефицитом в прикладной программе является, конечно, оперативная память. Как правило, большинство программистов используют её нерационально, распределяя малыми блоками, фрагментируя её и, таким образом, уменьшая реально возможный используемый объём. Кроме того, многие задачи требуют хранения данных в одном большом блоке памяти – это может быть, к примеру, графический файл, не уместящийся в пределах сегмента (64 Кб). Использование рассмотренных нами алгоритмов для компрессии оперативной памяти резко увеличивает время выполнения программы, приводя к полной потере производительности последней. Самый простой выход в этом случае – не дробить оперативную память на мелкие фрагменты, а использовать один большой блок памяти для хранения данных. Примером ситуации, когда это бывает необходимо, может служить созданная нами программа проигрывания звуковых файлов. Параметром этой программы является имя достаточно большого (около 700 Кб) звукового файла, не помещающегося в ОЗУ. Однако количество обращений к диску (а, следовательно, и перерывов в работе программы) мы можем минимизировать, распределив всю доступную оперативную память как один блок под данные из файла, прочитать туда столько байт, сколько помещается, и воспроизвести; затем прочитать следующий такой большой фрагмент и т.п. Проблема заключается в реализации этой идеи – то, что легко сделать средствами языка Си, невозможно сделать стандартными библиотечными функциями языка Паскаль. Эта проблема была решена путём обращения непосредственно к функциям ДОС для работы с памятью, которые позволили освободить оперативную память, занятую Паскаль-программой, и распределить её как единый блок.

Во многих школах, оснащённых устаревшей техникой, в качестве видеоадаптера, как правило, выступает отечественный CGA-монитор МС-6105. Путём небольших изменений в аппа-

ратной части и соответствующего программного обеспечения этот монитор, тем не менее, может служить при наличии VGA-платы VGA-монитором. Однако приемлемое изображение этот монитор начинает отображать только после загрузки соответствующего драйвера, меняющего значения сигналов кадровой и строчной развёртки. Всё, что происходит ДО загрузки драйвера, остаётся вне пределов зрения пользователя машины с такой конфигурацией, а среди всего прочего это – возможность входа в программу установки параметров базовой системы ввода-вывода. Это приводит к необходимости решения проблемы чтения и записи данных в энергонезависимой памяти, хранящей настройки системы (CMOS). Зная структуру энергонезависимой памяти, мы можем осмысленно менять те её значения, которые отвечают за необходимые нам параметрами – дату, время, тип диска и т.п. – и всё это – программно. Наличие программ чтения и записи в энергонезависимую память, структура которой детально разбирается в предлагаемом, позволяет, кроме того, сохранять критически важные настройки BIOS в файле с возможностью их последующего восстановления в случае утраты, очищать энергонезависимую память с целью снятия забытых паролей и т.п. (некоторые вирусы, к примеру, могут хранить в энергонезависимой памяти свои служебные данные).

Информация в компьютере не только хранится и обрабатывается, но и подготавливается к визуализации графическими и текстовыми редакторами. Это, однако, не означает, что нельзя распечатать данные, порождаемые в программах – коды стандартного матричного принтера семейства Epson, формирующие самые разнообразные шрифты, достаточно известны. Гораздо более универсальным и эффективным способом получения твёрдой копии является ГРАФИЧЕСКАЯ ПЕЧАТЬ, и именно ей посвящена последняя часть рассматриваемого курса. В качестве демонстрации графической печати можно воспользоваться программой моделирования случайных трёхмерных поверхностей, написанной учеником Центрально-Городской гимназии (ныне студентом физико-математического факультета КГПУ) И. Каплуном. Поверхность, построенная в программе, преобразуется в градации серого, а затем, используя их, выводится на печать.

## **К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ЗНАНИЙ ШКОЛЬНИКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРОВ**

В.В. Корольский

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

В организации учебной деятельности учителей и школьников все большее значение приобретают технические средства контроля усвоения знаний учащимися. Качественное решение этой проблемы на современном уровне возможно только при помощи внедрения в учебный процесс компьютерной техники. Для этого необходима разработка соответствующего программного обеспечения и методики применения его для достижения целей учебного процесса.

При разработке контролирующих программ используют различные методики построения их алгоритмов. При этом исходят не только из технических возможностей имеющейся в наличии компьютерной техники, но и подготовленности к работе с этой техникой учителей и школьников.

Будем исходить из того, что учитель (пользователь) не имеет каких-либо специальных знаний для работы с компьютером. В связи с этим разрабатываемая контролирующая программа должна иметь максимум сервисных компонентов, исключающих какое-либо многозначное толкование действий при исполнении программы. Одним из вариантов такой программы может быть реализация следующего алгоритма. В первом блоке предусматривается формирование базы данных для опроса учащихся. Здесь же предусматривается и формирование блока ответов на предусматриваемые вопросы. При этом необходимо уйти от распространенных стереотипов, – когда задается один правильный и два или более неправильных ответа. Предлагается разделить неправильные ответы на два вида: 1 – неправильный; 2 – абсурдный. При абсурдном ответе опрос необходимо прекращать, чтобы избежать «гадания» с целью «попадания» в правильный ответ. Во втором блоке предусматривается загрузка базы данных в память компьютера с целью ее хранения и использования в дальнейшем, при необходимости возврата к данной учебной те-

ме (носители информации могут быть внешними и автономными). В третьем блоке формируется каждый раз новая комбинация задаваемых вопросов с целью предотвращения возможности зазубривания и «натаскивания» на комбинацию заведомо известных вопросов. При этом желательно предусмотреть с каждым последующим вопросом повышение его сложности – чем сложнее вопрос, тем выше балл за правильный ответ, тем быстрее можно закончить контроль усвоения знаний. В четвертом блоке необходимо реализовать диалог с учащимися, конечным итогом которого должна быть выдача компьютером анализа об уровне знаний аттестуемого и рекомендаций по более глубокому усвоению знаний. Пятый блок – вывод информации на средство отображения и загрузка в соответствующий файл с целью накопления данных о конкретном школьнике.

Данный алгоритм предусматривает выполнение следующих процедур:

- формирование базы данных по одной из тем учебного материала перед началом урока;
- непосредственную работу с учащимися с целью определения уровня знаний по данной теме до изложения материала следующей темы;
- выдача результата анализа учителю с целью корректировки урока для наиболее рационального использования учебного времени и возможностей учащихся;
- непосредственная работа с учащимися после изучения новой темы для определения уровня остаточных знаний;
- обработка и анализ полученного материала по эффективности учебной работы каждого учащегося класса.

Алгоритм может быть реализован на достаточно простом оборудовании. Мы исходим из следующих технических условий: при современном состоянии технического обеспечения школ крайне редко встречается компьютерная техника IBM совместимая, имеющая жесткий диск и объемную память; в большинстве школ основным оборудованием является компьютерная техника выпуска 1984-86 г.г.; программа должна быть, по возможности, малоемкой, с целью выделения максимального объема ОЗУ для хранения базы данных самой программы и оперативной информации может быть использована магнитная лента и обычный

магнитофон.

В качестве компьютера можно использовать «Электронику БК-0010», как наиболее удовлетворяющую технико-экономическим возможностям школ и поставленной задаче. Кроме этой марки компьютера могут быть использованы: «Электроника-60», «Электроника ДЗ-28», «Агат», «Искра-226», «ДВК-2», «Корвет», «УКНЦ» и т. п. Вся эта техника не только является наиболее распространенной в школах, но и может использовать алгоритмический язык «Бейсик», который пользуется популярностью из-за своей простоты и доступности и вполне отвечает условиям решения рассматриваемой задачи.

## ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ СОЦІОНІЧНОГО АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУ

А.М. Стрюк

м. Кривий Ріг, Криворізький технічний університет

Майже не залишилося сфер діяльності, де були б потрібні сили й здібності лише однієї людини – усюди ми зустрічаємося з роботою колективів. І на підприємстві, і в науковій організації, і в школі, і у вузі виникає потреба у функціонуванні співпрацюючої групи людей. Досліджуючи взаємостосунки в таких групах (їх називають малими соціальними групами), психологи та соціологи прийшли до висновку, що результативність роботи всієї групи значною мірою залежить від міжособистісних взаємостосунків між членами колективу. Так ефективність роботи психологічно урівноваженої групи буде значно вища, ніж групи з конфліктними передумовами, навіть якщо кваліфікація членів останньої вища.

Проблемою формування злагодженого колективу дослідники займаються давно. Вчені намагалися виділити типові особливості в психології людини. Теорій типів було складено дуже багато. Найбільш досконалими і сучасними можна вважати роботи К. Юнга, який виділив 16 типів і показав особливості взаємодії між ними, зазначивши своєрідність кожного типу та їх взаємодії між собою. Пізніше теорія Юнга була розвинута і виросла у окрему наукову галузь – соціоніку. Завдяки таким дослідникам, як А. Августиначуте, В. Гуленко, О. Слінько, А. Шиян та інші, на сьогодні існує багато наукових праць та теоретичних розробок про взаємодії між типами людей, чимало книг і статей присвячено особливостям взаємодії в робочих колективах, навчальних закладах тощо. Необхідність таких знань і потребу їх використання розуміє кожен керівник. Але спеціалістів, які б могли на кожному робочому місці провести доскональний соціонічний аналіз, визначити ролі у колективі кожного з його членів, надати корисні поради та спрогнозувати можливі моделі стосунків у групі, допомогти у формуванні колективу, команди тощо, на сьогодні небагато. Тому виникла потреба у створенні експертної системи, яка б, перетворивши

“пасивні” знання книг і статей у “активні”, стала б у нагоді при формуванні нових колективів та вирішенні проблем у вже ustalених.

На сьогодні робиться впевнена спроба створити таку систему на базі кафедри моделювання та програмного забезпечення Криворізького технічного університету.

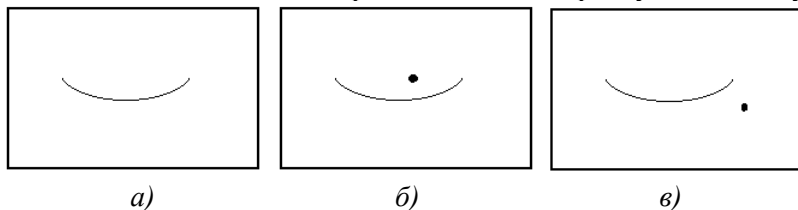
Створювана експертна система складається з двох частин:

- 1) визначення типів членів групи;
- 2) надання рекомендацій щодо формування колективу чи його кореляції.

Для визначення типу людини існує багато тестових методик. Зараз вони набувають все більшого поширення, використовуються на різних підприємствах і в деяких школах та вузах. Але наша програма крім тестових запитань використовує аналіз типу людини на підставі його психофізіологічної характеристики. Для визначення цієї характеристики програма використовує дослідження індивідуальних особливостей його почерку. Це зроблено з деяких причин. По-перше, отримання зразку почерку потребує значно менше часу, ніж робота з тестом. По-друге, використання лише тесту не дасть надійного результату, якщо людина використовує так звану “психологічну” маску, тобто хоче показати себе не такою, якою вона є насправді. В цей же час почерк людини має досить стійкі характеристики за якими можна визначити основні риси характеру або темпераменту людини. Наприклад, ми знаємо, що нахил почерку своєрідний майже у кожної людини, хоча у початкових класах школи всіх вчили нахилити літери однаково. Це безумовно свідчить про пов’язаність характеристик почерку з індивідуальними рисами людини, які можуть бути стійкими впродовж всього її життя.

Звичайно і від тестових методик не можна зовсім відмовитись, оскільки почерк людини дуже чутливий до її емоційного стану, стану здоров’я тощо. До того ж багато тестів, використаних в програмі, побудовані на непрямих запитаннях, які не дають змоги підслідному заздалегідь передбачувати вплив на результати тієї чи іншої відповіді. Це підвищує валідність тесту, так як відповіді на запитання неупереджені. Серед тестів є багато таких, у яких від людини вимагається допов-

нити якимсь чином малюнок. Ось, наприклад, тест, в якому від піддослідного вимагається просто поставити крапку на малюнку.



На малюнку *a)* ми бачимо початковий малюнок. На малюнку *б)* – крапку, поставлену першим піддослідним, *в)* – другим. Цей тест допомагає визначити стосунки між колективом та індивідом. Та, людина, що поставила крапку на малюнку *б)* тяжіє до роботи в колективі, і намагається бути як можна більше в центрі, робить спроби бути лідером. Другий же піддослідний показав, що він знаходиться на якійсь межі між прагненням до індивідуальної та колективної роботи. Лідерства він не прагне, і, навіть навпаки, колектив може значною мірою впливати на його поведінку.

Основною метою цих та інших тестів, а також психофізіологічних досліджень, є спроба виділити основні характеристики поведінки людини у суспільстві і зіставити їх з характеристиками соціонічних типів. Звичайно, не можна вважати, що всі типові розходження в характеристиці людини чітко виражені. Майже нема, наприклад, людини – абсолютного екстраверта чи інтроверта. Кожна з цих якостей проявляється в якомусь процентному відношенні, і, як окремий випадок, можна вважати майже однакове вираження у людини якихось якостей, наприклад, інтроверсії та екстраверсії, інтуїції та сенсорики або етики та логіки. Виходячи з цього, на практиці можливий випадок, коли людину не можна буде віднести до якогось одного типу, що, звичайно, набагато ускладнить як аналіз нахилів окремої людини, так і моделі взаємовідносин у колективі. Тому, виділяючи основні характеристики, а також визначаючи соціанічний тип людини, програма використовує систему коефіцієнтів достовірності. За їх допомогою в подальшому аналізі вже не окремої людини, а групи, програма зможе скласти найбільш чітку картину взаємовідносин у колективі.



Звичайно, обробку такої кількості інформації, представлену до того ж у досить різному вигляді, можна зробити лише за допомогою складної експертної системи. При дослідженні система повинна обробити всі тестові результати та їх коефіцієнтів достовірності, забезпечити урахування всіх психофізіологічних особливостей людини, здійснити пошук протиріч або ненадійних даних і, таким чином, забезпечити максимальну об'єктивність висновків. Програма побудована так, що дає змогу провести аналіз не використовуючи всі тести, а тільки самі необхідні з них. Але таке дослідження може дати лише поверхові результати і використовувати його можна лише в крайньому випадку, коли бракує часу для повного дослідження.

Не менш складною і важливою частиною програми є генерація рішень на підставі виділених типів членів даної групи. Аналізуючи схильності кожного члену групи та користуючись моделями міжтипових взаємовідносин, програма генерує наступні рішення:

1. Загальні рекомендації і характеристики кожному члену групи індивідуально, згідно з його типом. Тут будуть показані його нахили до того чи іншого виду роботи, тієї чи іншої манери спілкування тощо.

2. Формування оптимального колективу з членів групи або визначення імовірності безконфліктної співпраці між ними. Тут буде здійснюватись і прогнозування взаємовідносин між членами групи і розподілення ролей у колективі. Слід зазначити, що як окремих випадок програма розглядає групу з двох чоловік.

Виділяючи різні типи людей, психологія та соціоніка не поділяє їх на гарних і поганих. Але в колективі між різними типами виникають і різні стосунки. Одні типи співпрацюючи доповнюють один одного, а інші повністю нейтралізують. Таким чином завдання програми полягає в пошуку такої моделі стосунків у колективі, щоб досягти гармонічності у взаємодоповнюючих та нейтралізуючих зв'язках. Аналіз ускладнюється тим, що програма розглядає тип людини, як сукупність у різних пропорціях тих чи інших типів. В процесі аналізу групи може виникнути потреба доповнити колектив однією чи кількома особами певного типу, або навпаки, виключити когось з колективу. Програма повинна врахувати всі ці можливості. Та-

кож важливим моментом є розподілення ролей у колективі. Наприклад, в кожному колективі є і повинен бути формальний чи неформальний лідер і, бажано, тільки один. Схильність до лідерства залежить не тільки від типу людини, а й від типових особливостей членів всієї групи. Тому і в цьому питанні знову не обійтись без складного аналізу з широким використанням коефіцієнтів достовірності.

Слід зазначити що програма передбачає найширше своє застосування. Вона наділена механізмом навчання і легко адаптується для роботи і в школі, і в вузі, і на підприємстві. База знань може постійно поширюватися і поповнюватися самим користувачем, що надасть змогу мобільно враховувати всі нові дослідження в галузі соціоніки, конфліктології тощо.

Найбільш ефективним використання програми буде при роботі з психологом, який не повинен бути неодмінно фахівцем з соціоніки чи інтертипних відносин, але використовуючи механізм пояснення рішень програми, він зможе розширити і доповнити рішення, які надала експертна система, доповнити базу знань чи скорегувати її відповідно до особливостей місця застосування системи.

## ИНФОРМАЦИОННЫЙ КРИТЕРИЙ КАЧЕСТВА КОНТРОЛЯ

А.Д. Болычевцев, В.А. Добрыдень, Ю.А. Смолин,  
А.И. Федюшин

г. Харьков, Украинская инженерно-педагогическая академия

Контроль можно рассматривать как одну из разновидностей получения (извлечения, выработки) информации, а именно – ту, когда получаемая об интересующем нас (контролируемом) объекте информация представляет собой одно из значений двухэлементного множества, например, {“Годен”, “Не годен”}, {“Норма”, “Нет нормы”}, {“Да”, “Нет”}, {1, 0}, т.е. в результате контроля объект относят к одному из двух классов [1, 2].

Во многих практически важных приложениях математической моделью объекта контроля является контролируемый параметр, описываемый вещественной случайной величиной  $X$ . Конкретный контролируемый объект исчерпывающе описывается значением  $x$  контролируемого параметра, а класс «годных» объектов – некоторым подмножеством  $N$  множества всех возможных значений контролируемого параметра. Это подмножество называют *нормой* контролируемого параметра.

Объект *годен* (обладает требуемым качеством), если

$$x \in N \quad (1)$$

и *не годен* (не обладает требуемым качеством) в противном случае.

Итак, объект, поступающий на контроль, может быть «годным» либо «не годным».

Обозначим событие, состоящее в поступлении на контроль «годного» объекта, через  $V_g$ , а событие, состоящее в поступлении на контроль «не годного» объекта, через  $V_n$ . Очевидно, эти два события образуют полную группу событий с вероятностями, соответственно,

$$p_g P\{V_g\} = P\{x \in N\}, \quad p_n P\{V_n\} = P\{x \notin N\} = 1 - p_g. \quad (2)$$

Величину

$$H_d = -(p_g \log(p_g) + p_n \log(p_n)) \quad (3)$$

можно рассматривать как меру априорной неопределенности годности объекта (энтропию). Известно [3], что эта неопреде-

ленность максимальна в случае, когда  $p_g=p_n=0,5$ .

Событие, состоящее в том, что система контроля формирует результат «Годен», обозначим через  $K_g$ , а событие, состоящее в том, что она формирует результат «Не годен» – через  $K_n$ .

Из-за несовершенства методики контроля и используемых технических средств результат контроля может оказаться ошибочным.

При этом возможны ошибки двух видов:

1. на контроль поступил «годный» объект (событие  $V_g$ ), но система контроля сформировала результат «Не годен»;
2. на контроль поступил «не годный» объект (событие  $V_n$ ), но система контроля сформировала результат «Годен».

Условные вероятности

$$p_1=P\{K_n|V_g\}, \quad p_2=P\{K_g|V_n\} \quad (4)$$

этих ошибок характеризуют степень доверия к исходам контроля и служат показателями его качества. В математической статистике эти вероятности именуются, соответственно, вероятностями ошибок первого и второго рода [4, 5].

Получение результата контроля – даже результата, не обладающего абсолютной достоверностью, – может уменьшить неопределенность годности объекта. Это уменьшение можно трактовать как количество информации, получаемой в результате контроля.

Пусть на контроль поступил «годный» объект. В этом случае после проведения контроля мы имеем полную группу событий  $\{K_g; K_n\}$  с вероятностями  $1-p_1$  и  $p_1$  соответственно.

Энтропия  $H_g$  этой ситуации определяется формулой [4]

$$H_g=-(p_1\log(p_1)+(1-p_1)\log(1-p_1)). \quad (5)$$

Если же на контроль поступил «не годный» объект, то после проведения контроля мы имеем ту же полную группу  $\{K_g; K_n\}$  событий, но теперь – с вероятностями  $p_2$  и  $1-p_2$  соответственно.

В этом случае энтропия ситуации составит

$$H_n=-(p_2\log(p_2)+(1-p_2)\log(1-p_2)). \quad (6)$$

Поскольку вероятности двух рассмотренных ситуаций равны  $p_g$  и  $p_n$  соответственно, средняя (безусловная) энтропия  $H$  после получения результата контроля составит

$$H=p_gH_g+p_nH_n=$$

$$= p_g p_1 \log \frac{p_1}{1-p_1} + p_n p_2 \log \frac{p_2}{1-p_2} + p_g \log(1-p_1) + p_n \log(1-p_2) \quad (7)$$

Таким образом, количество информации, полученной в результате выполнения процедуры контроля, выразится формулой

$$I_k = H_d - H_p = p_g p_1 \log \frac{p_1}{1-p_1} + p_n p_2 \log \frac{p_2}{1-p_2} + p_g \log \frac{1-p_1}{p_g} + p_n \log \frac{1-p_2}{p_n} \quad (8)$$

В случае, когда отсутствуют естественные экономические или другие критерии эффективности контроля, величина  $I_k$  может служить информационным критерием качества контроля.

1. Большевцев А.Д., Шенброт И.М. Об определении понятий технического контроля // Измерительная техника. – 1984. – № 9. – С. 17 – 19.
2. Добрыдень В.А. Теоретико-множественная постановка задач извлечения информации. В сб.: Метрологія в електроніці. Праці 2-ї Міжнародної науково-технічної конференції, т. 1. – ДНВО “Метрологія”, Харків, 1997.
3. Яглом А.М., Яглом И.М. Вероятность и информация – М.: Физматгиз, 1960. – 315 с.
4. Нейман Ю. Вводный курс теории вероятностей и математической статистики. – М.: Наука, 1968. – 448 с.
5. Браунли К.А. Статистическая теория и методология в науке и технике. – М.: Наука, 1977. – 407 с.

## **МУЛЬТИМОДАЛЬНАЯ ЛОГИКА ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМАХ**

В.Г. Шерстюк, А.П. Бень, А.А. Дидык  
г. Херсон, Херсонский государственный технический университет

Важным аспектом в решении вопросов эффективного построения интеллектуальных обучающих систем является моделирование процесса обучения, в том числе динамики процесса изменения знаний обучаемого во времени, т.е. по ходу обучения. Ключевым моментом здесь является формирование адекватной и информативной модели формализации и представления знаний в интеллектуальной обучающей системе. Формализация знаний есть представление знаний в виде организованной модели предметной области, отражающей закономерности, существующие в предметной области, и позволяющей установить новые факты, не зафиксированные в ней на данный момент времени, но потенциально возможные в объективном мире. Необходимость учета динамики событий предопределяет наличие возможности оценки изменений, происходящих во времени.

Применение временной логики для решения подобных задач ранее неоднократно представлялось в различных публикациях. Например, в системах искусственного интеллекта она используется как формализм представления знаний. Для некоторых задач, подобных нашей, тем не менее, логики, оперирующие только одним модальным измерением времени, не предоставляют достаточной выразительной мощи. Для решения таких задач необходимо представить средства, которые позволили бы отражать свойства нескольких (различных) модальных измерений в рамках одного формализма. Логики, которые содержат более одного типа модальности, называют мультимодальными логиками. В данной статье рассматриваются вопросы построения и использования мультимодальной логики, которая содержит эпистемическую и временную модальности. Формируемая таким образом логика описывает дискретную линейную структуру времени с конечным прошлым и бесконечным будущим.

Семантика такой логики в целях преодоления свойственных всем мультимодальным логикам недостатков, может быть основана не на семантике возможных миров в смысле Крипке, а на структурах, называемых *эпистемическими моделями*. Эпистемическая модель, представляющая собой систему знаний и убеждений в  $i$ -й точке временной шкалы  $t$ , является парой.

Первый компонент пары есть множество высказываний. Высказывания выражаются в терминах некоторого внутреннего языка, в данной работе будем называть этот язык  $L$ . В общем случае, внутренний язык может быть системой правил, фреймов, семантическими либо прагматическими сетями либо еще чем-нибудь, но здесь примем, что  $L$  – логический язык (например, пропозициональный).

Таким образом, первым компонентом  $i$ -ой модели является множество  $L$ -формул, представляющих высказывания об  $i$ -х знаниях и убеждениях. Второй компонент – это отношение, которое установлено между двумя множествами  $L$ -формул. Это отношение называется *отношением расширения убеждений*. Пусть  $BE_i$  будет отношением для временной точки  $i$ . Тогда мы можем интерпретировать данное отношение как:

**если** в точке  $i$  есть уверенность в  $\Delta$

**и**  $(\Delta, \varphi) \in BE_i$

**то** в точке  $i$  есть уверенность также и в  $\varphi$

Теперь формально определим эпистемическую модель:

*Эпистемическая модель*  $b$  есть пара  $b = (\Delta, BE)$ , где:

–  $\Delta \subseteq \text{Form}(L)$

–  $BE$  есть исчисляемое непустое двоичное отношение между двумя множествами  $L$ -формул, которое должно удовлетворять следующим требованиям:

1) Рефлексивность:

Если  $(\Delta, \varphi) \in BE$ , тогда  $\forall \psi \in BE, (\Delta, \psi) \in BE$

2) Монотонность:

Если  $(\Delta, \varphi) \in BE, (\Delta', \psi) \in BE$  и  $\Delta \subseteq \Delta'$ , тогда  $(\Delta', \varphi) \in BE$

3) Транзитивность:

Если  $(\Delta, \varphi) \in BE, (\{\varphi\}, \psi) \in BE$ , тогда  $(\Delta, \psi) \in BE$

Далее определим функцию *bel*, которая принимает в качестве

аргумента некоторую эпистемическую модель и возвращает множество  $L$ -формул, представляющих множество знаний и убеждений этой модели:

$$bel((\Delta, BE)) = \{\varphi \mid (\Delta, \varphi) \in BE\}$$

Предположим, что  $b_i$  является эпистемической моделью, которая представляет систему знаний и убеждений в  $i$ -й точке временной шкалы. Тогда интерпретация понятия «убеждение» следующая:

- $\varphi \in bel(b_i)$  –  $i$  убежден в  $\varphi$
- $\varphi \notin bel(b_i)$  –  $i$  не убежден в  $\varphi$
- $\neg\varphi \in bel(b_i)$  –  $i$  убежден в  $\neg\varphi$
- $\neg\varphi \notin bel(b_i)$  –  $i$  не убежден в  $\neg\varphi$

$bel(s)$  описывают убеждения пользователя в момент времени, когда система находится в состоянии  $s$ , и возможность изменения этих убеждений в дальнейшем:

$$bel(s) = \{\varphi \in L \mid (M, s) \sim \varphi\}$$

Синтаксис соответствующей логики можно представить следующим образом.

Язык  $L$  содержит:

- множество  $L_p$  предикатных символов;
- стандартные логические связки  $\neg, \wedge, \vee, \Rightarrow, \Leftrightarrow$ ;
- темпоральные операторы будущего времени: унарные –  $\bigcirc, \diamond, \square$ , бинарные –  $\mathcal{U}$  и  $\mathcal{W}$ ;
- темпоральные операторы прошедшего времени: унарные –  $\odot, \bullet, \blacklozenge, \blacksquare$ , бинарные –  $\mathcal{S}$  и  $\mathcal{Z}$ ;
- кванторы  $\exists, \forall$  и скобки  $(, )$ .

Правильно построенные формулы (ППФ) образуются согласно следующих правил:

1. Если  $\{t_1, \dots, t_n\} \subset L_t$  и  $p$  – предикат арности  $n$ , тогда  $p\{t_1, \dots, t_n\}$  – ППФ.

2. Если  $A$  и  $B$  – ППФ, тогда следующие выражения являются ППФ:

$\neg A, A \wedge B, A \vee B, A \Rightarrow B, (A), \blacksquare A, \square A, \blacklozenge A, \diamond A, \bigcirc A, \odot A, \bullet A, A \mathcal{U} B, A \mathcal{S} B, A \mathcal{W} B, A \mathcal{Z} B$ ;

здесь использована следующая нотация операторов:

- |                                       |                               |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| $\blacksquare$ – необходимо в прошлом | $\mathcal{U}$ – “до”          |
| $\blacklozenge$ – возможно в прошлом  | $\mathcal{S}$ – “после”       |
| $\bullet$ – в прошлом (ослаблено)     | $\mathcal{W}$ – “возможно до” |



- – в прошлом (строго)                      Z – “возможно после”
- $\varphi \leftrightarrow \neg \bullet \neg \varphi$
- – необходимо в будущем
- ◇ – возможно в будущем
- – в будущем

3. Если  $A$  – ППФ и  $v \in L_v$ , то  $\exists vA$  и  $\forall vA$  – ППФ

4. Выполняются следующие правила:

$$\varphi_1 \Rightarrow \psi_1 \vee \phi$$

а) 
$$\frac{\varphi_2 \Rightarrow \psi_2 \vee \neg \phi}{\varphi_1 \wedge \varphi_2 \Rightarrow \psi_1 \vee \psi_2}$$

б) 
$$\frac{\bullet \varphi \Rightarrow \text{false}}{\text{true} \Rightarrow \neg \varphi}$$

в) 
$$\diamond \varphi \equiv \text{true} \mathcal{U} \varphi$$

г) 
$$\square \varphi \equiv \neg \diamond \neg \varphi$$

д) 
$$\varphi \mathcal{W} \psi \equiv \varphi \mathcal{U} \psi \vee \square \varphi$$

е) 
$$\bullet \varphi \equiv \neg \circ \neg \varphi$$

ж) 
$$\blacklozenge \varphi \equiv \text{true} S \psi$$

з) 
$$\blacksquare \varphi \equiv \neg \blacklozenge \neg \varphi$$

и) 
$$\varphi Z \psi \equiv \varphi S \psi \vee \blacksquare \varphi$$

к) 
$$\text{start} \equiv \bullet \text{false}$$

В качестве основы логического языка  $L$  взяты модальные системы вида  $KD45$  (или ослабленная  $S5$ -система) – **логика убеждений**, и  $KT5$  ( $S5$ -система) – **логика знаний**. Взаимосвязь этих систем может быть представлена в виде следующего набора аксиом и правил:

A1.  $B\varphi \leftrightarrow (\perp \rightarrow \varphi)$

A2.  $K\varphi \Rightarrow \varphi$

A3.  $B\varphi \Rightarrow \varphi$

A4.  $K\varphi \Rightarrow B\varphi$

A5.  $B\varphi \Rightarrow K(B\varphi)$

A6.  $K\varphi \Rightarrow K(K\varphi)$

A7.  $B\varphi \Rightarrow B(B\varphi)$

A8.  $\neg K\varphi \Rightarrow K(\neg K\varphi)$

A9.  $\neg B\varphi \Rightarrow B(\neg B\varphi)$

A10.  $K\varphi \wedge K(\varphi \Rightarrow \psi) \Rightarrow K\psi$

A11.  $B\varphi \wedge B(\varphi \Rightarrow \psi) \Rightarrow B\psi$

$$A12. (B\varphi) \wedge (\neg \bigcirc(B\neg\varphi)) \Rightarrow \bigcirc B\varphi$$

$$A13. B(\bigcirc\varphi) \Rightarrow \bigcirc B\varphi$$

$$A14. B(\diamond\varphi) \Rightarrow \diamond B\varphi$$

$$A15. B(\varphi \mathcal{U} \psi) \Rightarrow B(\diamond B\psi)$$

$$A16. B(\varphi \mathcal{U} \psi) \Rightarrow \diamond B\varphi$$

$$A17. B(\bigcirc\varphi) \Rightarrow B(\bigcirc B\varphi)$$

$$A18. B(\diamond\varphi) \Rightarrow B(\diamond B\varphi)$$

где  $K$  – модальный оператор знаний,  $B$  – модальный оператор убеждений.

Соединение временной и эпистемической модальностей в одной мультимодальной логике дает адекватные средства для представления неполных, динамически изменяющихся знаний в интеллектуальных обучающих системах. В частности, возможно представление прагматических знаний, имеющих большое значение для моделирования процесса обучения в интеллектуальных системах.

Значительные преимущества можно извлечь из дальнейшего наращивания числа модальных измерений, например, последующего комбинирования с логиками алетического и деонтического характера. Выразительная способность языков представления знаний, основанных на подобных формализмах, весьма высока, однако встают вопросы поиска эффективных средств вывода и обеспечения корректности многомодальных связей, использующих несколько модальных плоскостей в рамках одной формулы.

Актуальным вопросом дальнейшего развития указанного формализма является также введение интервальной оценки истинности в модальных плоскостях, причем такая оценка может основываться на различных трактовках современных неклассических теорий множеств, например нечетких, приближенных и т.д. Введение интервальных оценок многомодальных формул, с одной стороны, предоставляет возможность представления неполной, неточной, неопределенной и даже противоречивой информации в интеллектуальных системах, основанных на знаниях, с другой же стороны, соответствующие семантики логических исчислений могут предоставлять лишь частичные интерпретации соответствующих исчислений.

## Литература

1. M. Wooldridge and M. Fisher. A decision procedure for a temporal belief logic. Technical Report, Department of Computing, Manchester Metropolitan University, UK, 1994.
2. L. Catach. Normal multimodal logics. In Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence (AAAI'88), MN, 1988.
3. Cohen P.R., Levesque H.J. Intention is choice with commitment. *Artificial Intelligence*, 42:213–261, 1990.
4. Cohen P.R., Levesque H.J. Confirmation and joint action // Proc. 12th IJCAI, p. 951–957, Sydney, 1991.

## ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ТЕСТУ-ТРЕНІНГУ ДЛЯ НАВЧАННЯ РІШЕННЮ НЕСТАНДАРТНИХ ЗАДАЧ

В.В. Петров, Л.М. Солоха  
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

Тенденція до гуманізації системи освіти, на жаль, підміняється її гуманітаризацією, що, в свою чергу, веде до скорочення блоку природничих наук за рахунок збільшення блоку гуманітарних та суспільних. Нестача часу на засвоєння програмного матеріалу призводить до того, що вчителі математики ледве встигають навчити шаблонним методам розв'язання основних типів задач.

О.Ю. Орлянський у [1] наводить такий приклад: “Мій колега розповів про бесіду з юним ліцеїстом, який на запитання, чого ж він не визначив час із квадратного рівняння, відповів, що квадратне рівняння – це коли є  $x$ , а не  $t$ .” Коли дресирована ворона, почувши дзвоник, смикає дзьобом за мотузку й одержує у винагороду їжу, ми розуміємо, що це результат дресировки, і називаємо це умовним рефлексом. На жаль, розв'язання багатьох шкільних математичних задач може бути зведене до такого рефлексорного мислення. На нашу думку, алгоритмізація процесу розв'язування задач є позитивним явищем лише тоді, коли вона поєднується з навчанням учнів методів розв'язування нестандартних задач.

Наведемо ще один приклад. Під час тестування нами було поставлене таке питання: яка з двох точок,  $M(x)$  та  $N(2x)$ , розташована правіше? Результати опитування показують, що більшість спробували розв'язати цю задачу за відомим шаблоном: більше  $2x$  – тому, що воно в 2 рази більше за  $x$ . З 23 учнів 8 класу правильно відповів лише один, а з 80 студентів 1 та 3 курсів – 10. Зрозуміло, що ті, хто відповів неправильно, не змогли вийти за межі шаблону.

Суцільна алгоритмізація є характерною рисою сучасного стану шкільної математичної освіти. На навчання розв'язуванню нестандартних задач вчителям, як правило, не вистачає часу. Це зумовлює необхідність створення такої методики, що

інтенсифікує навчання розв'язуванню нестандартних задач.

Нами створено методiku навчання розв'язуванню нестандартних задач в курсі алгебри середньої школи, яка може виконувати як діагностичну, так і тренувальну функції.

На першому етапі учням пропонується письмово розв'язати декілька спеціально підібраних завдань (логічні задачі, задачі з параметрами, нестандартні задачі) без будь-яких попередніх умов та інструкцій, тобто він розв'язує завдання так, як би він це робив без спеціального навчання. На цьому етапі важливо з'ясувати, як учні розуміють такі завдання, продіагностувавши наявний рівень здатності розв'язувати нестандартні задачі.

На другому етапі учневі пропонується виконати нову серію завдань, але вже за допомогою комп'ютерного тесту-тренінгу.

*Тест* (з англійської *test* – перевірка, іспит) – це система завдань, складена з стандартних запитань та задач, призначена для діагностування рівня засвоєння базових понять, степені автоматизму навичок в застосуванні стандартних алгоритмів та процедур в розв'язуванні елементарних задач.

*Тест-тренінг* – це навчаючий тест, тобто така система завдань, яка спрямована на підведення до поняття, навчання певного методу тощо. Є. Федоров вказує на такі особливості системи завдань для тесту-тренінгу:

- чітка функціональна спрямованість;
- внутрішня єдність тестових завдань;
- повнота тренінгу;
- висока валідність.

Функції тесту-тренінгу:

- діагностична;
- диференціації навчання;
- неперервного контролю з метою керування процесом навчання й забезпечення заданого рівня розв'язування задач;
- поточного контролю умінь та навичок;
- періодичного контролю.

При систематичному використанні тесту-тренінгу в навчанні можливо розвивати внутрішній план розумових дій учнів.

Суттєвою особливістю комп'ютерного тесту-тренінгу є можливість самостійного навчання в поєднанні з самоконтролем.

Таку можливість надає інструментально-виконавча система навчання та тестування, розроблена О.П. Поліщуком [2]. У цій системі учень вивчає методи розв'язування задач та тестується. У режимі “Самотест” відбувається навчаюче тестування без занесення оцінки в журнал успішності. Учень в разі необхідності може запросити підказку, за яку оцінка дещо знижується. Загальна оцінка залежить від трьох параметрів: часу тестування, кількості використаних підказок та рівня складності тесту.

Апробація запропонованої методики у 7-х класах Довгинцівського гуманітарно-технічного ліцею показала, що кількість правильних відповідей після проходження курсу зростає. Учні не лише навчаються розв'язанню нестандартних задач, а й набувають навичок майбутніх дослідників.



#### Література:

1. Орлянський О.Ю. Фізика, книги і уява. // Фізика. – 2000. – №10, с. 1-2.
2. Поліщук О.П. Інструментально-виконавча система навчання та тестування. // Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в освітній діяльності: Збірник наукових праць. – Кривий Ріг: Видавничий відділ КДПУ, 1999. – С. 198-204.

## КОМП'ЮТЕРНЕ ТЕСТУВАННЯ РІВНЯ СФОРМОВАНOSTІ ІНТЕЛЕКТУ СТАРШОКЛАСНИКІВ

К.О. Мірошник, В.В. Ніколаєвська  
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

*Інтелект* – відносно стійка структура розумових здібностей індивіда. В ряді психологічних концепцій інтелект ототожнюють з системою розумових операцій, зі стилем і стратегією рішення проблем, з ефективністю індивідуального підходу до ситуації, яка потребує пізнавальної активності, з когнітивним стилем та ін. В сучасній психології найбільш розповсюдженим є розуміння інтелекту як біопсихічної адаптації до наявних обставин життя (В. Штерн, Ж. Піаже). Вивчення продуктивних творчих компонентів інтелекту було почато представниками гештальтпсихології (М. Вертхеймер, В. Калер), які розробили поняття інсайту.

На початку ХХ-го століття французькі психологи А. Біне і Т. Симонс запропонували визначати ступінь розумової обдарованості шляхом спеціальних жестів. Іншими роботами було покладено початок прагматичного трактування інтелекту як здібності справлятися з відповідними завданнями, ефективно включатися в соціокультурне життя, успішно пристосовуватися. При цьому пропонується уявлення про існування базових структур інтелекту, незалежних від культурних впливів.

З ціллю вдосконалення методики діагностики інтелекту були проведені різноманітні дослідження його структури. При цьому різними авторами виділяється різна кількість базових “факторів інтелекту”: від 1–2 до 120.

Жан Піаже сформулював ряд положень, що виражають його підхід до аналізу мислення, які пізніше були покладені в основу операціональної концепції інтелекту. В центрі концепції Ж. Піаже стоїть визначення природи інтелекту і вирішення проблеми співвідношення психології і логіки. Основні принципи цього підходу:

1. Інтелект визначається в контексті аналізу поведінки, тобто особливого обміну між зовнішнім світом і суб'єктом. Інтелект вводиться Піаже як визначена форма когнітивного аспекту по-

ведінки, функціональне призначення якого – структурне відношення між середою і організмом.

2. Інтелект, як і всі останні біологічні процеси і функції, має, за Піаже, адаптативну природу. Адаптація при цьому розуміється як рівновага між асиміляцією (або засвоєнням даного матеріалу існуючими схемами поведінки) і акомодациєю (або пристосуванням цих схем до визначеної ситуації). В інтелектуальному середовищі адаптація має специфічно функціональних характер.

3. Пізнання, здійснене інтелектом, не є статичною копією дійсності.

4. Інтелектуальна діяльність вироблена від матеріальних дій суб'єкта; її елементи – операції – являють собою інтеріоризовані дії, які тільки в тому випадку є операціями у власному розумінні слова, коли утворюють оборотні, стійкі і разом з тим рухливі цілісні структури.

5. Такі структури можуть істотно відрізнятись одна від одної як за ступенем зворотності і характеру рухливості, так і по відношенню до тієї чи іншої сфери об'єктів.

В концепції Піаже виявляються зв'язаними воедино гносеологічний, логічний і соціальний аспекти дослідження розвитку інтелекту.

*Психодіагностика* – галузь психології, яка розробляє методи виявлення індивідуальних особливостей і перспектив розвитку особистості. Психодіагностика почала складатися в XIX ст. (Дж. Кеттел, Ф. Гальтон, Г. Ебінгауз та ін.). Значний внесок у становлення психодіагностики зробив французький психолог А. Біне та його співпрацівники, розробивши методи діагностики рівня розумового розвитку дітей (школа розвитку інтелекту, 1905–1911).

Психодіагностика сьогодні – одна з основних форм практичного застосування професійних можливостей психологів. Методики психодіагностики зараз широко впроваджуються для професійного відбору кадрів, для контролю психічного розвитку особистості й оптимізації навчання, прогнозування поведінки, вивчення особистості в медичних і експериментальних цілях.

Психодіагностика має в своєму арсеналі багато методик, спеціалізованих за галузями застосування: аномалії – норма,



освітньо-вікові рівні, учбова, професійна, спортивна діяльність та ін. Методики можна розділити на 4 види: 1) тести; 2) анкети та “особистісні опитувальники”, що дозволяють виявити основні установки, відношення; 3) проєктивна техніка; 4) психофізіологічні методики, що слугують для діагностики індивідуальних проявів властивостей нервової системи, виявляють динамічні особливості психіки (темп, діяльність, легкість переключення та ін.).

*Тест* в психодіагностиці – стандартизований, часто обмежений за часом іспит, який передбачає встановлення якісних і кількісних індивідуально-психологічних відмінностей. Тест – основний інструмент психодіагностичного обстеження, за допомогою якого здійснюється психологічний діагноз. Тести інтелекту – тести загальних здібностей. Вони являють собою сукупність методик, утворених в межах об’єктивного діагностичного підходу. Передбачені для вимірювання рівня інтелектуального розвитку, вони є найбільш поширеними у психодіагностиці.

Будь-яка психодіагностична методика повинна відповідати вимогам *точності*, надійності і головне валідності.

*Надійність* – характеристика методики, що відображає точність психодіагностичних вимірювань, а також стійкість результатів тесту до дії сторонніх випадкових факторів.

*Валідність* – комплексна характеристика методики, що включає дані про область обстежуваних явищ та репрезентативності діагностичної процедури по відношенню до них.

Практична ефективність діагностичних засобів залежить від їхнього змістовного зв’язку з фундаментальними психологічними дослідженнями, а також від використання відповідних засобів аналізу, оцінки та вимірювання явищ, які діагностуються.

*Загальні тести* – це тести, які призначені для визначення загального рівня здібностей. В них використовуються словесний, цифровий і графічний матеріал у сполученні з різними способами формулювання і подання завдань.

У контексті обговорюваного питання за Г. Айзенком інтерес становить проблема альтернативних відповідей. Справа в тому, що для частини задач можливі два, три і більше рішень. Цікаво відмітити, що це питання мало розроблялося наукою, хоча ви-

никло одночасно зі створенням перших інтелектуальних тестів. Тестове завдання може бути подане двома способами. Перший спосіб полягає в тому, що дається завдання і пропонуються декілька рішень. Причому всі рішення, крім одного, хибні. Навіть за такого способу подання завдань робиться декілька пропозицій, про які не говориться уголос, але які є очевидними. Одне з таких мовчазних припущень полягає в тому, що у процесі рішення повинна бути використана вся інформація, що міститься в умові задачі. Рішенню, яке враховує всю цю інформацію, слід надати перевагу над тими рішеннями, які беруть до уваги лише її частину. Рішення такого типу не викликають суперечностей, якщо той, хто їх уклав, не проявив неохайності або ж коректор не прогледів випадкової помилки. Однак існує другий тип завдань, при якому піддослідному не дають неправильних розв'язків, а пропонують самостійно знайти вірну відповідь. Такі завдання називаються “відкритими”. Існує декілька ступенів “відкритості”, крайнім випадком є завдання, для якого єдиного розв'язку взагалі не існує, і від піддослідного чекають, щоб він за відведений час дав максимальну кількість розв'язків.

Діагностика інтелектуального розвитку особистості – громіздка і важка праця. Реальною допомогою у вирішенні цієї проблеми є застосування комп'ютерних методик. Використання засобів обчислювальної техніки для тестування інтелекту має такі переваги:

- анонімність;
- можливість тренінгу;
- варіативність тестування (випадковий вибір);
- обмеження часу (автоматизоване);
- тест розглядається як розважальна гра;
- аналіз та результат здійснюються спеціальною комп'ютерною програмою.

Для комп'ютерного тестування рівня сформованості інтелекту старшокласників нами було обрано тест Равена. Цей тест містить набір завдань, за допомогою яких виявляють інтелектуальні здібності дітей від 5 років та дорослих до 35 років.

Перший варіант шкали Равена описаний в 1936 р., кінцевий – в 1956 р. В процесі рішення тестових завдань проявляються

три психічні процеси: увага, мислення та сприймання.

Шкала має 60 задач, розділених на 5 наборів по 12 задач. В кожному наборі рішення першої задачі очевидне. Наступні задачі поступово ускладнюються. Також ускладнюються задачі від серії до серії. Шкалу складено так, що включається весь діапазон інтелектуального розвитку з того часу, коли дитина вже здатна знайти відсутній компонент, необхідний для закінчення даного зразка.

Як правило, час дослідження не обмежується: реєструється час виконання всієї шкали. Піддослідний працює в зручному для нього темпі. Кожну з п'яти серій складено за певним принципом. Завдання полягає в доповненні основного зображення одним з наведених в кожній таблиці фрагментів. Виконання завдання потребує від піддослідного ретельного аналізу структури основного зображення і знаходження таких самих компонентів в одному з фрагментів.

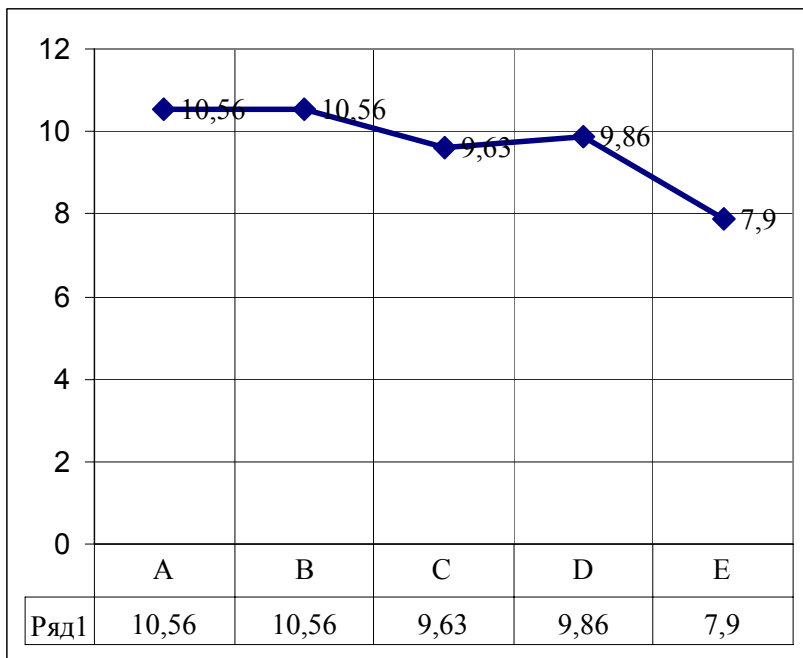
В серії А використано принцип неперервності, цілісності структури. Серію В побудовано за принципом аналогії між парами фігур. Серію С побудовано за принципом прогресивних змін у фігурах матриць в горизонтальному та вертикальному напрямках. Серію D – за принципом перегруповання фігур матриці, яке відбувається в горизонтальному та вертикальному напрямках. Серію E побудовано за принципом розкладання фігур основного зображення на окремі елементи з наступним їх комбінуванням.

Обробка результатів тесту досить проста: за кожне вірне рішення піддослідний отримує один бал. Згідно із сумою вірних рішень інтелект можна виразити за допомогою відсоткової шкали.

*Оцінювання результатів за тестом Равена*

Ступінь	Оцінка результатів	Зауваження
I	Вищий	Якщо результат 95% та вище
II	Добрий (вище середнього)	Результат від 75% до 95%
III	Трохи вище середнього	Від 60% до 75%
IV	Середній	Від 25% до 60%
V	Нижче середнього	Від 5% до 25%
VI	Низький	Від 0% до 5%

Комп'ютерне діагностування за тестом Равена проводилось на базі Довгинцівської педагогічної гімназії з учнями 8 класу (13–14 років). В тестуванні брали участь 30 старшокласників. Було одержано такі результати: середній бал – 45,83%, середній відсотковий результат – 80,66%. Графічну інтерпретацію результатів тестування подано нижче.



Загальний висновок: результат інтелектуального розвитку гімназистів трохи вище за середній.

#### Література:

1. Айзенк Г. Проверьте свои индивидуальные способности. – Рига: Виеда, 1992. – 176 с.
2. Пиаже Ж. Избранные психологические труды. – М.: Международная педагогическая академия, 1994. – 680 с.
3. Дружинин В.Н. Психология общих способностей. – СПб.: Питер Ком, 1999. – 368 с.

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ТА УМІННЯ TUTOR-WINDOWS

М.А. Бондаренко

м. Харків, Українська інженерно-педагогічна академія

Протягом останніх років в навчальному процесі триває інтенсивний пошук шляхів підвищення його ефективності. Цей процес складний та багатофакторний. Важливе місце в цьому займають питання застосування електронно-обчислювальної техніки. Для забезпечення активної роботи навчаючих велике значення має контроль якості процесу навчання. Його виконують автоматизовані контролюючі системи (АКС), які забезпечують постійний контакт з навчаючими в режимі діалогу. Досвід навчання з застосуванням таких систем повністю підтвердив цей важливий для підвищення ефективності знань факт.

В цьому році на кафедрі інформатики та комп'ютерних технологій Української інженерно-педагогічної академії розроблена АКС TUTOR-WINDOWS, яка відповідає вимогам навчальної програми з дисципліни “Інформатика та обчислювальна техніка”.

АКС TUTOR-WINDOWS працює на персональних комп'ютерах останнього покоління в операційному середовищі WINDOWS. Вона включає в себе програмну оболонку та текстові модулі з різних тем дисципліни ІОТ. До текстових модулів включено не тільки базу знань, але й базу умінь студентів. Система працює з різними типами діалогу: вибір із меню, з вибірково-контролюючою відповіддю та з відповіддю “так-ні”. Контроль може бути без обмежень часу відповіді, а також з обмеженням часу відповіді. Цей фактор керується викладачем. Контролююча система працює з текстовим редактором WORD, та системою ACCESS.

Бази знань та умінь вміщують до 25-30 запитань. Це число запитань може бути більшим, але з практичної точки зору ця кількість є оптимальною.

Головне меню контролюючої системи включає режими: навчання, контроль, вибір теми контролю, оцінка знань та умінь. В режимі “Контроль” кожен кадр вміщує номер запитання, за-

гальну кількість запитань, зміст запитання, номера відповідей (не більше п'яти), оцінку відповіді, шлях виходу із даного кадру. В режимі "Оцінка" передбачено вивід на принтер протоколу опитування. Сюди входить прізвище екзаменованого, навчальну групу, кількість запитань, кількість правильних відповідей, оцінка за відповіді. База знань та уміння АКС TUTOR-WINDOWS складається з трьох розділів, відповідно семестрам вивчення дисципліни ІОТ.

Угадування відповідей та повтор вибірки запитання із бази даних система не дозволяє. Вибірка працює використовуючи нормальний закон розподілу випадкових величин. Порядок номерів відповідей також змінюється. Оцінка відповіді залежить від ваги відповіді яка надається кожній відповіді при вводі бази знань та уміння в пам'ять комп'ютера.

АКС використовується при вивченні різних дисциплін в самостійній роботі, при заліках та захистах лабораторних робіт.

## **СТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНО-КОНТРОЛЮЮЧИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ ТА БІОХІМІЇ НА МОВІ ДІНА**

Л.О. Ковальчук, В.Я. Янчак

м. Львів, Львівський економічний бізнес-коледж,  
м. Львів, Львівський національний університет ім. І. Франка

Розроблення програмного забезпечення для навчальних цілей можливе за допомогою універсальних мов програмування, авторських систем та спеціалізованих мов програмування. Кожний спосіб має свої недоліки та переваги. Розвинуті універсальні мови програмування дають змогу написати довільну програму, однак з огляду на їхню універсальність не вдається врахувати особливості предметної області. Авторські системи допомагають легко створювати навчальне програмне забезпечення, однак заздалегідь визначеними типами сценаріїв. Спеціалізована мова програмування орієнтується на більш вузьку галузь – у нашому випадку програмоване навчання, тому в ній враховується методика програмованого навчання.

Нами розроблено спеціалізовану мову програмування – ДІНА. Назва ДІНА створена з перших складів слів Діалог та НАвчання.

Формалізація методики індивідуального навчання сприяла створенню принципів програмованого навчання в той час, коли про застосування комп'ютерів у навчанні не можна було і мріяти. Основні принципи програмованого навчання такі:

1. Навчальний матеріал подається невеличкими порціями.
2. Після кожної порції інформації дається одне або декілька питань, які перевіряють засвоєння поданої порції.
3. Залежно від отриманої відповіді відбувається перехід до подальшої порції інформації, або подається додаткова порція і обирається спосіб вивчення матеріалу.

Принципи програмованого навчання відповідають сократівському методу навчання, який коротко можна охарактеризувати так: запитання – відповідь – запитання. На основі цих принципів складено чимало програмованих посібників та підручників. Робота з програмованим посібником вимагає по-

етапного слідування за пропонованими пунктами залежно від обраної відповіді на поставлені питання і дуже втомлює користувача підручника. Само собою напрошується використання комп'ютера для керування переходом від однієї порції матеріалу до іншої залежно від відповіді користувача. Мова ДІНА орієнтована на розроблення комп'ютерних засобів навчання, побудованих за принципами програмованого навчання. Використання мови з іншою метою недоцільне.

Однією з перших вдалих діалогових програм, розроблених для навчання за принципами програмованого навчання, є мова системи COURSWRITER, відома в нашій країні під назвою АОС-ВУЗ, СПОК та іншими. На відміну від широко розповсюджених мов високого рівня в мові COURSWRITER відсутні:

1. Структури типу FOR, WHILE, REPEAT, IF THEN ELSE, CASE.
2. Повноцінні імена змінних.
3. Процедури в розумінні мов Qbasic, Паскаль, Фортран.

Недостатньо розвинуті структурні засоби не дають змоги розташовувати один і той самий навчальний матеріал у різній послідовності, залежно від задумок автора програми, немає ніяких засобів, які б певною мірою автоматизували організацію подачі навчального матеріалу.

Мова ДІНА побудована на основі мови COURSWRITER. Низка операторів ДІНА запозичені з мови COURSWRITER, однак кількість операторів збільшена у три рази порівняно з мовою COURSWRITER. Мова ДІНА містить необхідні засоби структурного програмування, яких так не вистачає в мові COURSWRITER. Віконний інтерфейс не вимагає окремих зусиль для проектування автором програми. Всі оператори мають українську мнемоніку, для позначень змінних можна використовувати українські букви та багато іншого.

В мові ДІНА поєднуються кращі властивості мови пакета COURSWRITER та мов програмування високого рівня. Різниця між мовами ДІНА і COURSWRITER така сама, як між Фортраном і Бейсіком. Фактично створено нову мову, більш багату на засоби розроблення діалогових програм для навчання.

Інтерпретатор і редактор мови ДІНА створені на мові Паскаль у середовищі DOS. Завдяки цьому програми, написані на



мові ДІНА, можна використовувати на застарілих версіях ІВМ сумісних комп'ютерів, яких є чимало на Україні.

Поданий нижче приклад діалогової програми на мові ДІНА ілюструє найпростіші засоби організації навчального діалогу, де користувач відповідає на питання, поставлене комп'ютером, набором відповіді на клавіатурі.

Приклад програми на мові ДІНА	Цей самий приклад на мові BASIC (без організації вікон)
СП Скільки буде 2 x 2?	10 CLS
ВР 4	20 PRINT "Скільки буде 2*2?"
РП Правильно!	30 INPUT W\$
ФЛ 5	40 IF W\$<>"4" THEN GOTO 90
РП Ви помилились, дайте іншу відповідь.	50 PRINT "Правильно!"
НЕО Не зрозумів Вас!	60 IF INKEY\$="" THEN GOTO 70
** Прощу дати іншу відповідь	70 GOTO 140
СП ....	80 IF W\$<>"5" THEN GOTO 120
	90 PRINT "Ви помилились, дайте іншу відповідь."
	100 GOTO 40
	110 PRINT "Не зрозумів Вас!"
	120 PRINT "Прощу дати іншу відповідь."
	130 GOTO 40
	140.....

- Оператор СП – Спитати. Він формує вікно питань і виводить у нього текст з поля операндів.
- Оператор ВР – Вірно. Перед оператором ВР неявно встановлено точку очікування (вводу) відповіді. Після вводу відповіді користувачем оператор ВР порівнює відповідь з еталоном вірної відповіді. Якщо відповідь та еталон однакові, то запускається наступний оператор РП та передається керування на наступний оператор СП.
- Оператор РП – Репліка виводить текст з поля операндів у вікно реплік на екран.
- Оператор ФЛ – Фальш вказує, що еталон в полі операндів є еталоном невірної відповіді. Якщо відповідь та еталон однакові, то запускається наступний оператор РП та передається

керування на точку очікування відповіді.

- Оператор НЕО – Неозначено. Спрацьовує, коли не відбулись порівняння в попередніх операторах. Виводить текст з поля операндів та з поля оператора продовження (\*\*\*) і передає керування на точку очікування відповіді.

Наведемо декілька можливих прикладів діалогу користувача з комп'ютером:

*Комп'ютер:* Скільки буде 2 x 2?

*Користувач:* 4

*Комп'ютер:* Правильно!

*Комп'ютер:* Скільки буде 2 x 2?

*Користувач:* 5

*Комп'ютер:* Ви помилились, дайте іншу відповідь.

*Користувач:* 12

*Комп'ютер:* Не зрозумів Вас!

Прошу дати іншу відповідь.

*Користувач:* 4

*Комп'ютер:* Правильно!

*Комп'ютер:* Скільки буде 2 x 2?

*Користувач:* 45

*Комп'ютер:* Не зрозумів Вас!

Прошу дати іншу відповідь.

*Користувач:* Не знаю.

*Комп'ютер:* Не зрозумів Вас!

Прошу дати іншу відповідь.

*Користувач:* Не знаю.

*Комп'ютер:* Не зрозумів Вас!

Прошу дати іншу відповідь.

Останній приклад діалогу показує, що діалог користувача з комп'ютером не завжди відповідає задумкам автора програми. В даному випадку, коли користувач не знає вірної відповіді, діалог зациклюється. В мові ДІНА передбачено декілька способів обійти зациклення діалогу. Можна наприклад, замість оператора СП, використати оператор ГР (група), який сформує меню з еталонів вірної та невірних відповідей. А можна поставити оператор НС (наступний), який після певної кількості невдалих спроб ви-

дасть вірну відповідь.

З прикладу видно, що діалогові програми на мові ДІНА коротші, в принципі не вимагають операторів переходу, тексти подаються без лапок, мнемоніка операторів українська. Як показує досвід автора мови, складання діалогових навчальних програм на мові ДІНА вимагає у 3–5 разів менше часу, ніж на інших мовах програмування високого рівня.

На мові ДІНА створено біля сотні навчальних, контролюючих програм та тренувальних програм. Ми зупинимось на програмах з органічної хімії. Тут підлагоджувався такий важливий аспект створення навчальних програм, як взаємодія спеціалістів різних напрямків. Один з авторів – математик, автор мови ДІНА, виступає у ролі програміста. Другий автор – викладач біології та хімії. На початковому етапі необхідно було знайти спільну мову, бо автори спочатку не дуже добре розуміли один одного. Перша програма, створена в пакеті АОС-ВУЗ на машинах Єдиної Серії, моделювала передачу генетичних ознак випадковим чином. Тоді було створено і контролюючу програму з біології. Випробування тих програм дало необхідний досвід, як для програміста, так і для біолога. Зрозуміли були обмеженості пакета АОС-ВУЗ, труднощі організації навчального процесу в умовах завантаженості дисплейного класу та інше. Між іншим, тоді було зроблено висновки, що найкращі результати досягаються студентами, якщо підготувати відповідні методичні розробки та роздати їх заздалегідь.

Сучасні персональні ЕОМ дозволяють ефективно втілювати різноманітні засоби індивідуалізації, активізації, оптимізації та інтенсифікації навчальної роботи студентів. З цією метою нами розроблено і впроваджено у навчальний процес технологію, що ґрунтується на комп'ютеризації самостійної роботи студентів при вивченні хімічних дисциплін у коледжі. Вона включає:

- 1) створення комп'ютерних навчальних посібників у системі ДІНА;
- 2) їх застосування при підготовці студентів до семінарських, практичних та лабораторних занять;
- 3) розробку методичних рекомендацій щодо самостійного вивчення студентами основних хімічних понять і явищ, розв'язування розрахункових хімічних задач тощо.

Створені комп'ютерні посібники для опрацювання студентами ряду тем з органічної хімії та біохімії, наприклад, з розділу “Вуглеводи”, мають деревовидну структуру: складаються з параграфів, підпараграфів. Теоретичний матеріал подається блоками. Після самостійного опрацювання блоку інформації студентам пропонуються для виконання тренувальні вправи та контрольні завдання проблемного і розрахункового характеру, що мають фахове – хіміко-технологічне спрямування.

Значна увага приділяється застосуванню комп'ютерів у самостійній роботі студентів при підготовці до семінарських, практичних і лабораторних занять з органічної хімії та біохімії. Зокрема, в методичній розробці до лабораторної роботи з теми “Біохімія ліпідів” з'ясовується суть методів визначення фізико-хімічних констант жирів, наводиться довідник їх параметрів у вигляді таблиць, пропонуються алгоритми визначення фізико-хімічних показників у жирах і жировмісних продуктах харчування. На закріплення студентам пропонується самостійно розв'язати проблемно-розрахункові задачі, провести математичну обробку результатів лабораторних досліджень із даної теми з використанням запропонованого інструментарію.

Розроблено також методичні рекомендації до самостійного опрацювання студентами основних хімічних понять і явищ з курсів органічної хімії, біохімії та розв'язування розрахункових хімічних задач з використанням ПЕОМ. Так, наприклад, під час вивчення класифікації та номенклатури органічних сполук студенти за рекомендаціями викладачів знайомляться з основними принципами класифікації цих сполук, їх номенклатурою, з поняттям ізомерії та її типами. Після опрацювання основної навчальної інформації студенти самостійно виконують тренувальні вправи порівняльного та узагальнюючого характеру. З метою корекції знань і вмінь студентам пропонується виконання низки тестових завдань.

Можливості вибору кожним студентом індивідуального режиму роботи, діалогова форма спілкування з комп'ютером за допомогою зручних і зрозумілих інтерфейсів програм (меню, підказка, порада тощо), гнучкість зворотного зв'язку, динаміка і забарвлення екранного зображення навчальної інформації сприяють, як свідчить практика, швидкому і ефективному за-

своєнню студентами навчального матеріалу під час самостійної роботи за розробленими нами комп'ютерними посібниками з органічної хімії та біохімії. Важливим у роботі викладача над створенням таких комп'ютерних посібників є добір навчальної інформації, передусім, коли йдеться про розробку навчально-контрольних програм. Їх зміст, форма та послідовність висвітлення завдань, зокрема для самоконтролю повинні забезпечувати жваве, цікаве і творче спілкування студента з комп'ютером, розвивати їх пізнавальну самостійність, ініціативу, творчу активність і допитливість.

Поява сучасного покоління персональних комп'ютерів з потужними мультимедійними засобами дає небачені можливості для створення навчаючих програм. На нашу думку, зараз безпосереднє перенесення мови ДНА під ОС Windows недоцільно. Мабуть краще використовувати для розробки навчаючих програм мову JAVA. Використовуючи наявні аплети, та розробляючи нові аплети, що будуть відображати по суті об'єкти мови ДНА, можна створювати значно швидше та ефективніше навчаючі програми. Використання мови JAVA сприяє також дистанційному навчанню – ми автоматично отримуємо html файли, які є основними у WWW. Обіцяна розробниками JAVA незалежність від платформи дозволить легко переносити програми на комп'ютери різних систем. Ймовірний перехід навчальних закладів України на безкоштовну операційну систему Linux дозволить зберегти розроблене програмне забезпечення.

#### Література

1. Ковальчук Л.О., Янчак В.Я. Методичні вказівки до застосування комп'ютерної техніки в біології і хімії для слухачів ФПК. – Львів: ЛДУ, 1989. – 24 с.
2. Ковальчук Л.О., Ковальчук О.Б., Янчак В.Я. Методичні вказівки до вивчення теми “Вуглеводи” в курсах органічної хімії та біохімії з використанням ПЕОМ /Для слухачів ФПК, викладачів та студентів вищих навчальних закладів І-ІІ рівнів акредитації. – Львів: ЛДУ ім. І.Франка, 1997. – 38 с.
3. Ковальчук Л.О., Ковальчук О.Б., Янчак В.Я. Методичні вказівки до виконання лабораторно-практичних робіт з органічної хімії та біохімії (з використанням персональних ЕОМ). – Львів: ЛДУ ім. І.Франка, 1999. – 36 с.

## БАГАТОПРОФІЛЬНА КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ЛІНІЙНОГО ТА ЦИКЛІЧНОГО ТЕСТУВАННЯ

В.В. Міхеєв, Г.М. Міхеєва  
м. Житомир, Житомирський державний педагогічний  
університет ім. І.Франка

Однією з основних функцій застосування сучасної інформаційної технології в освіті є використання комп'ютера як засобу контролю, під яким переважно розуміють завдання, що пропонуються респондентам з метою виявлення результатів навчання відповідно до поставлених цілей.

Основний недолік переважної більшості існуючих контролюючих комп'ютерних програм полягає в неможливості адаптувати такі програми до потреб вчителя чи викладача, враховуючи конкретну специфіку викладання курсу та матеріалу, вікові і психічні особливості учнів або студентів.

Розробка ж педагогічних програмних засобів контролюючого типу конкретно до профілю навчальної дисципліни чи певної теми курсу, на наш погляд, не може бути визнана найбільш прийнятним варіантом, оскільки вимагає при створенні таких ППЗ навичок досвідченого програміста, великих технічних затрат часу, глибоких спеціальних знань з тієї чи іншої галузі освіти чи науки, а головне, не може, знову ж, варіюватися відповідно до конкретних цілей контролю та потреб користувача.

Тому виникає необхідність у створенні комп'ютерних оболонок, що дозволяють малодосвідченому користувачеві наповнити їх змістом, що буде відповідати його потребам і враховувати особливості конкретної методики викладання.

Засоби контролю прийнято класифікувати на завдання вільного вибору відповіді (питання і задачі) та тести, що в свою чергу поділяються на тести на пригадування і доповнення та вибірккові (альтернативні, перехресного і множинного вибору).

Оскільки самостійне створення на комп'ютері завдань вільного вибору відповіді буде вимагати від звичайного викладача знань щодо експертних систем, то за основу при створенні

комп'ютерних контролюючих оболонок, зрозуміло, слід вибрати тести.

Саме тести в переважній більшості становлять сучасну основу комп'ютеризації процесу контролю результатів навчання.

Створена на кафедрі математики та інформатики Житомирського державного педагогічного університету ім. І.Франка багатопрофільна комп'ютерна система містить два основних блоки: блок створення та редагування тестів і суто блок тестування.

Основна вимога, що ставилася авторами при розробці програми, – це орієнтація на пересічного користувача, тобто створення такого комп'ютерного середовища, яке дозволяло б зосередитися на створенні профільних тестів при мінімальних знаннях користувача з комп'ютерної технології. Тому компонування тестів не потребує значних зусиль і виконує суто технічні функції.

Основні функції:

- ✓ Тестування
  - вибір зазначеного або випадкового варіанта тестів;
  - вибір зазначеної кількості випадкових тестів;
  - введення відповіді у вигляді номера і (або) тексту;
  - контроль часу тестування за вибором;
  - можливість використання супровідних малюнків;
  - можливість використання супровідних звукових файлів;
  - можливість використання відео (.AVI) файлів;
  - можливість виведення правильних відповідей і пояснень у випадку помилки респондента;
  - повний контроль правопису текстової відповіді респондента або перевірка тільки опорних термінів і понять;
  - ведення протоколу тестування;
  - кількісний і якісний аналіз результатів тестування;
  - запис результатів тестування;
  - статистична і графічна ілюстрація результатів;
    - журнал результатів тестування респондентів;
  - підтримка принтера.

- ✓ Створення та редагування тестів
  - можливість вибору шрифту, кольорів фона і символів створюваних тестів;
  - різноманітні можливості вибору виду створюваних тестів;
  - умонтований текстовий редактор;
  - можливість вставки в тести супровідних малюнків;
  - умонтований графічний редактор;
  - можливість вставки в тести супровідних звукових (.WAV) файлів;
  - можливість вставки в тести відео (.AVI) файлів;
  - можливість вставки в тести супровідних файлів теорії і пояснень (.HLP);
  - можливість організації циклів і розгалужень в залежності від відповіді респондента;
  - можливість встановлення часу відповіді індивідуально на кожний тест;
  - можливість підключення додаткових інструментальних і прикладних програм WINDOWS;
  - підтримка OLE протоколу;
  - різноманітні засоби редагування, видалення і копіювання тестів;
  - можливість використання умонтованих конвертерів тексту і графіки;
  - умонтована таблиця додаткових символів шрифту;
  - можливість редагування внутрішнього шрифту програми;
  - контекстна і глобальна допомога.

Багатопрофільна система лінійного та циклічного тестування була перевірена на заняттях в ЖДПУ ім. І.Франка та в навчальних закладах м. Житомира з матеріалу курсів математики, інформатики, біології (створені відповідні тести) і показала свою ефективність.



## ФОРМИРОВАНИЕ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ СРЕДСТВАМИ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Е.А. Белоножко

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический  
университет

Любая наука настолько  
серьёзна, что сделать её  
интересной не только  
можно, но и нужно.

*Блез Паскаль*

Проблема формирования познавательной самостоятельности как важной характеристики творческой личности особенно актуальна в наши дни, когда происходят радикальные изменения во всех сферах жизни. Изучение школьной практики позволяет говорить о противоречиях между творческой природой учебно-познавательной деятельности и репродуктивным характером обучения; ростом объёма актуальной информации и старыми способами её усвоения; интеллектуализацией труда и недостаточным уровнем познавательной самостоятельности обучаемых.

Разрешение возникших противоречий предполагает выявление причин низкого уровня познавательной самостоятельности школьников и поиск путей устранения их в процессе организации школьного обучения. Доказано, что современный процесс обучения должен строиться на основе целостного подхода, который позволяет не только рассматривать учебные дисциплины как одну из сторон окружающей действительности, но и использовать их содержание, формы и методы в совершенствовании качеств личности обучаемого.

Имеющая место жёсткая регламентация в организации учебно-познавательной деятельности учащихся, подход к ним как объекту воздействия со стороны учителя, формализм в его действиях значительно снижают творческий потенциал учебного труда школьников, тормозят их активность и познавательную самостоятельность. Школа не всегда успешно учит своих воспи-

танников самостоятельно рассуждать, искать выход из проблемных ситуаций, принимать собственные решения и следовать в соответствии с принятыми решениями. Именно этим объясняется низкий уровень самостоятельности мышления, несформированность общеучебных умений и навыков, неспособность учащихся организовать собственными силами самостоятельную познавательную деятельность, и как следствие этого – недостаточный уровень их познавательной самостоятельности при овладении школьной программой в целом и по отдельным учебным предметам в частности.

Изучение научной литературы по исследуемой проблеме и анализ состояния её в школьной практике позволяют говорить о необходимости дальнейших поисков путей оптимального её решения с учётом изменившихся условий в современном обществе.

В своём исследовании мы исходили из того, что познавательная самостоятельность является интегративным качеством, характеризующимся готовностью школьника собственными усилиями, без помощи учителя решать познавательные задачи, продвигаться в овладении новыми знаниями, рациональными способами умственной деятельности, творчески использовать ранее полученные знания в нестандартных ситуациях, проявлять активность и инициативность в познавательной деятельности.

Структура этого сложного качества представляет собой совокупность трёх компонентов:

- личностного (готовность к учебно-познавательной деятельности);
- деятельностного (реализация познавательного процесса и управление им);
- компонентов внешних проявлений (стремление к достижению результатов).

В своём развитии познавательная самостоятельность проходит три уровня: низкий, средний и высокий, которые различаются между собой степенью выраженности основных характеристик этого сложного личностного качества.

В исследовании мы исходили из предположения о том, что успех формирования познавательной самостоятельности школьников возможен при совокупности дидактических условий, если обеспечить комплексный подход к реализации учебного процес-

са, использовать современную технологию, стимулировать познавательный потенциал учащихся посредством создания ситуации успеха и свободы выбора при решении учебно-воспитательных задач.

Взяв в основу эти теоретические положения, мы исходили из того, что результативность формирования познавательной самостоятельности предполагает изучение её уровня на начало опытной работы.

Можно по-разному оценивать сложившееся положение, успехи и трудности информатизации школьного образования. Однако нельзя не замечать её положительного влияния на развитие общества и личности в частности. Нельзя также не признать, что тот решительный шаг к массовой информатизации школьного образования, который был сделан пятнадцать лет назад, был, без сомнения, правильным.

Информатизация в обществе сегодня приобрела такие темпы, что школа просто обязана адекватно реагировать на происходящие процессы. В противном случае общество в недалёком будущем будет отброшено далеко назад.

В настоящее время, когда появились реальные возможности широкого применения НИТ в учебно-воспитательном процессе, актуальными становятся разработка и внедрение учебных пакетов прикладных программ, которые можно использовать при изучении широкого спектра школьных дисциплин. На этом пути встречается ряд трудностей: недостаточное количество компьютеров в учебных заведениях, методик и опыта. Но уже сегодня при желании и некоторых организационных усилиях возможно частичное решение этих проблем и внедрение НИТ. Этот опыт до сих пор имеет эпизодический характер и его расширение нужно считать очень актуальным.

Так, в СШ №87 г. Кривого Рога, начиная с этого года, практически используются прикладные программы на уроках математики, химии и рисования. Это достаточно простые в использовании программы. Базируются они на современных методиках обучения по действующим учебникам и охватывают весь учебный материал по той или иной теме.

Так, например, программа для 6-го класса по теме «Уравнения. Числовые и буквенные выражения» позволяет формировать

знания, умения и навыки, необходимые при решении задач. Ученики приобретают эти умения методом проб и ошибок.

Главное меню этой программы имеет вид:

*Тренировка*

*Контроль*

*Статистика*

*Выход*

Режим «Тренировка» предусматривает решение примеров, трудность которых постепенно возрастает. Состоит из такого меню:

*Тренировка 1.*

*Тренировка 2.*

...

*Тренировка i.*

*Выход.*

Каждый тип тренировки имеет свои особенности. Тренировка  $i$ -го типа даёт  $N_i$  примеров сложности. В случае допущения учеником ошибки программа просит повторить ответ и увеличивается количество примеров той же сложности на  $P_i$ . Чем меньше число  $i$ , тем большее значение принимает  $N_i$  и  $P_i$ . Если  $i$  принимает максимальное значение, то  $N_i=1$ , а  $P_i=0$ . Следующее – меню уровня:

*Уровень 1.*

*Уровень 2.*

...

*Уровень k.*

*Выход.*

Программа построена так, что Уровень 1 доступен практически каждому, а максимальный уровень достаточно сложен даже для хорошо подготовленных детей. Это обеспечивает не только посильную самостоятельность, но и глубокую дифференциацию в процессе обучения.

Режим контроль содержит меню уроков:

*Урок 1.*

*Урок 2.*

...

*Урок j.*

Здесь критерии оценок основываются на количестве ошибок. Каждая ошибка снижает оценку на один балл. С учётом того, что критерии выставления оценок известны и имеется возможность

просмотра протокола работы ученика с помощью режима «Статистика», учитель может объективно оценить работу ученика.

Определённое количество уроков, охватывающих все уровни сложности, даёт возможность осуществить индивидуальный подход к каждому ученику, обеспечить усвоение и закрепление темы, а также развивает навыки самостоятельной работы учащихся.

Обязательным требованием к программированию сообщений является постоянное поддержание доброго, положительного тона машинных комментариев. Такой тон призван создать и закрепить доброжелательную обстановку, которая способствует формированию познавательной самостоятельности школьников посредством создания ситуации успеха и свободы выбора.

Использование таких программ полностью оправдано, поскольку на протяжении всего года можно наблюдать высокий уровень внимания и заинтересованности к учёбе со стороны учащихся; объём выполненных заданий намного превышает объём выполненных заданий на обычных уроках; самостоятельная работа характеризуется высокой активностью и индивидуальной ответственностью каждого ученика.

Таким образом, формирование познавательной самостоятельности как устойчивого качества личности школьника происходит успешно лишь в том случае, если учебный процесс служит не только источником информации, но и развивает у учащихся потребность в новых знаниях, обеспечивает условия для активных и самостоятельных действий в решении познавательных задач, предоставляет свободу выбора в способах достижения учебных целей.

Степень сформированности познавательной самостоятельности школьника определяется тем, насколько широкие возможности содержит дидактическая система для проявления им самостоятельности и активности в решении учебно-познавательных задач.

В результате работы на компьютере у учащихся развивается самостоятельность мышления с элементами творчества, умение самостоятельно находить истину. Компьютерное обучение – это один из способов, который содействует ускорению процесса формирования самостоятельной личности.

# МЕТОДИЧНА СИСТЕМА ВИВЧЕННЯ ТЕОРІЇ МНОГОЧЛЕНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ

О.В. Бич

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

Теорія многочленів у шкільному курсі математики вивчається у рамках функціональної змістово-методичної лінії, лінії тотожних перетворень виразів та лінії рівнянь і нерівностей. Це пов'язано, перш за все, з існуванням у математиці двох точок зору на поняття многочлена: алгебраїчної та функціональної.

Історично поняття многочлена виникло в елементарній алгебрі у зв'язку з переходом від рівнянь першого степеня з одним невідомим до квадратного рівняння, а потім і до деяких окремих типів рівнянь третього та четвертого степеня. Розв'язок теорії многочленів був пов'язаний із спробами пошуку загальних методів розв'язування рівнянь вищих степенів. При цьому намітилися два підходи до побудови теорії многочленів – функціональний та алгебраїчний. У рамках цих підходів порізно розглядається вираз  $a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$  та трактується операції додавання та множення многочленів.

Якщо під значенням символу  $x$  у виразі  $a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$  розуміти деяке конкретне число, що береться з тієї ж множини, якій належать коефіцієнти  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  (наприклад, множини дійсних чисел) і операції додавання та множення розглядати як операції над числами, то під виразом  $a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$  треба розуміти функцію  $f(x)$ , яка задана на даній множині.

Функціональна точка зору на многочлен характерна для математичного аналізу. Для алгебри таке розуміння не зовсім зручне і не завжди можливе. Це обумовлено тим, що многочлени мають велике значення у теорії кілець і полів, та існують скінченні кільця та поля, над якими многочлени недоцільно розглядати як неперервні функції. Тому при алгебраїчному підході до побудови теорії многочленів у математиці спочатку дають означення многочлена, яке пов'язане з поняттям кільця многочленів над полем, обґрунтовують існування такого кільця, його

єдність з точністю до ізоморфізму, доводять, що в такому кільці елементи можна подати у вигляді  $a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$ , де  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ , належать числовому полю, над яким розглядають кільце многочленів.

Ці два підходи, що склалися у математичній науці, знайшли відображення і у шкільній математиці у відповідній методичній обробці. Так, вивчення тотожних перетворень многочленів, розклад многочлена на множники, правила виконання дій над многочленами є реалізацією алгебраїчного підходу, а подання многочлена як функції дійсної змінної, визначення значень виразів при заданому значенні аргументу, знаходження проміжків знакосталості, монотонності є реалізацією функціонального підходу до вивчення теорії многочленів. Для шкільної алгебри мають значення обидва підходи. У одних випадках доводиться зосереджувати увагу на алгебраїчній стороні питання, в інших інтерес викликає функціональна сторона.

Програмою з математики для шкіл та класів природничо-математичного профілю передбачено вивчення питань теорії подільності многочленів (ділення з остачею, теорема Безу, схема Горнера та ін.). Це дозволяє при вивченні теорії многочленів використовувати аналогію з множиною цілих чисел, яка заснована на структурній однотипності множини многочленів та множини цілих чисел. Запропонована методична система вивчення теорії многочленів передбачає використання цієї аналогії.

Зокрема, підготовка до вивчення елементів теорії подільності многочленів (X кл.) включає узагальнення відповідних знань та вмінь учнів за курс неповної середньої школи. При цьому увага зосереджується на таких питаннях:

- означення поняття многочлена, степеня многочлена, кореня многочлена, поняття многочлена нульового степеня, нульового многочлена;
- виконання операцій над многочленами;
- елементи теорії подільності цілих чисел.

Різний рівень сформованості у учнів необхідних для подальшого вивчення теорії многочленів навичок та вмінь обумовлює диференційований підхід до навчального процесу. Він виражається у варіативному виборі завдань, дозуванні допомоги з боку вчителя, своєчасному контролі і корекції знань та вмінь

учнів. Підвищенню ефективності навчальної діяльності школярів сприяє застосування сучасних обчислювальних та навчальних програмних засобів.

Використання комп'ютерної підтримки забезпечує прискорення проведення обчислень, підвищення ефективності навчальної діяльності, сприяє реалізації міжпредметних зв'язків математики та інформатики. Для корекції навичок та вмінь учнів доцільно використовувати навчальні програми: “додавання многочленів”, “множення многочлена на одночлен”, “множення многочленів”. Це пов'язано з тим, що формування вмінь виконувати дії над многочленами ґрунтується на розв'язанні великої кількості однотипних завдань. Проте психологічні дослідження доводять, що явне виділення алгоритмічних приписів, що застосовуються до певного класу задач більш ефективно ніж розв'язання великого числа однотипних задач цього класу. Тому доцільно ознайомити учнів з основними видами алгоритмів, які використовуються при вивченні теорії многочленів, а також навчити їх не тільки працювати з існуючими програмними засобами а й складати програми для розв'язування математичних задач з цієї теми. При вивченні многочленів учні працюють з двома видами алгоритмів: навчальними (не машинними) та машинними. Перші орієнтовані на виконавця-людину, другі – на комп'ютер. Для запису немашинних алгоритмів використовують словесний опис та мову блок-схем та мови програмування відомі учням.

Розв'язування задачі на основі алгоритмізації включає наступні етапи:

- 1) виділення основних кроків розв'язування задачі;
- 2) складання алгоритмів у словесній формі;
- 3) переклад алгоритму на мову блок-схем;
- 4) переклад алгоритму з мови блок-схем на мову програмування.

Так, наприклад, при розв'язанні конкретних завдань на додавання многочленів увага учнів акцентується на основних діях, які доводиться виконувати. Цим реалізується перший етап розв'язання задач алгоритмічним методом – виділяються основні кроки розв'язування. Далі при провідній ролі вчителя складається алгоритм у словесній формі: 1) початок алгоритму; 2) введення двох многочленів; 3) обробка даних – додавання ко-



ефіцієнтів, які стоять на однакових місцях; 4) виведення результату – суми многочленів; 5) кінець алгоритму.

Наступним кроком є запис алгоритму у вигляді блок-схеми. При цьому особливу увагу потрібно приділити знаходженню тих відмінностей, які необхідно внести у зв'язку з переходом до використання його комп'ютером. У прикладі, що розглядається вхідними та вихідними даними є многочлени. Для комп'ютера це одновимірні масиви коефіцієнтів многочленів. Обробка даних полягає у додаванні коефіцієнтів, які стоять на однакових місцях. Так як при цьому багатократно повторюється обчислення суми для різних номерів коефіцієнтів, то виникає необхідність використання алгоритму циклічної структури. Останнім етапом є запис алгоритму на відомій учням мові програмування. Складену таким чином програму можна використовувати при розв'язанні великої кількості стандартних вправ.

Використання при вивченні теорії многочленів програмних засобів та складених учнями алгоритмів і в режимі тренажеру і в режимі контролю дозволяє:

- 1) економити навчальний час учнів за рахунок виключення з їх діяльності громіздких операцій обчислювального характеру;
- 2) забезпечити тренінг типових навичок та умінь учнів;
- 3) диференціювати та індивідуалізувати навчальний процес.

## ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ ФУНКЦІЙ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ МАТЕМАТИКИ

С.Г. Грищенко

м. Кривий Ріг, Довгинцівський гуманітарно-технічний ліцей

Сприятливим матеріалом для впровадження нових інформаційних технологій у шкільний курс математики є функціональна лінія курсу алгебри. Ця змістово-методична лінія пронизує увесь шкільний курс алгебри (6–11 кл.); її пропедевтика починається у початковій школі. Підвищенню ефективності вивчення функцій у шкільному курсі математики сприяє використання належних програмних педагогічних засобів (комп'ютерна графіка). Причому, на наш погляд при побудові методичної системи вивчення функцій у шкільній математиці доцільно йти не від методичних цілей навчання, не від аналізу та ролі ППЗ у практиці навчання, а від наявних програмних засобів. На цей час розроблено достатню кількість програм, які забезпечують комп'ютерну підтримку вивчення функціональної лінії у шкільному курсі алгебри. Це перш за все, розроблені в Україні під керівництвом академіка АПН України М.І. Жалдака програми GRAN1, DERIVE, EUREKA, а також програми Mathematika, MathLab тощо. Деякі з цих програм використовувались нами при викладанні теми “Функції та їх графіки” у ДГТЛ м. Кривого Рогу.

Використання цих програмних засобів дозволяє вчителю повною мірою реалізувати такі загальнодидактичні принципи навчання, як наочність, доступність, послідовність, диференціація та індивідуалізація навчального процесу.

Зупинимось більш детально на реалізації принципу наочності. Відомо, що наочність сприяє утворенню чітких і точних образів сприйняття та уявлення, переходу від сприйняття конкретних об'єктів до сприйняття абстрактних понять про них. Правильний добір засобів наочності забезпечує усвідомлене сприйняття, сприяє підвищенню пізнавального інтересу, активізації мислення. Великі графічні можливості сучасних комп'ютерів, інтерактивні програми, що використовують ма-

шинну графіку, дозволяють забезпечити наочно-образну графічну інформацію у поєднанні з знаково-символьною, особливо притаманною математиці. В.В. Давидов зазначав, що “там, де змістом навчання виступають зовнішні властивості речей, принцип наочності себе виправдовує. Але там, де змістом навчання стають взаємозв’язки та відношення, там наочності не достатньо. Тут вступає в силу принцип моделювання” [1]. Отже вищим ступенем принципу наочності, його розвитком та узагальненням, пов’язаним з принциповими змінами у всіх складових ланках навчального процесу є принцип моделювання.

Моделювання сприяє переходу від пояснювально-споглядального типу навчального процесу до нового активно творчого типу. Поняття моделювання як принципу навчання вносить суттєві зміни у форми та методи організації навчального процесу. Моделювання ефективно використовується для формування у учнів загальних розумових дій, сприяє формуванню у них науково-теоретичного мислення, ілюструє математичний підхід до вивчення реальних явищ та процесів. Широке використання поняття та принципу математичного моделювання у різних галузях науки висуває певні вимоги до математичної підготовки учнів. Школярів доцільно якомога раніше ознайомити з процесом математичного моделювання, термін “математична модель” повинен увійти до словникового запасу сучасного школяра. Навчити учнів математичному моделюванню можна тільки у процесі активної діяльності, коли школярі будуть самі створювати нескладні моделі, або досліджувати запропоновані їм математичні моделі при розв’язуванні різноманітніших задач. Використання зазначених програм дозволяє повною мірою реалізувати даний підхід.

Методична система вивчення функціональної лінії шкільного курсу алгебри з використанням програм такого типу забезпечує активну діяльність учнів, що сприяє підвищенню мотиваційної насиченості навчального процесу, розвиває образне мислення та просторову уяву школярів, дозволяє досить глибоко проникнути в сутність досліджуваної проблеми, сприяє засвоєванню міцних знань, навичок та вмій, знижує ймовірність формального їх засвоєння, формує творче мислення школярів.

Застосування нових інформаційних технологій при вивченні

функціональної лінії шкільного курсу алгебри дозволяє використати такі продуктивні властивості комп'ютера:

- комп'ютер як найбільш адекватний засіб навчання, який сприяє інтенсифікації та активізації навчального процесу (навчальні програми, гіпертекстові системи);
- комп'ютер як засіб контролю на тренувальному етапі навчального процесу (програми-тренажери, програмні засоби для самоконтролю рівня навчальної підготовки);
- здатність комп'ютера до побудови унаочнюючих графічних зображень (демонстраційні програми).

Вивчення функцій з опорою на використання зазначених програмних засобів дає можливість вчителю інтенсифікувати спілкування між ним та учнями, створюючи для кожного учня найбільш адекватний його можливостям темп просування у навчанні. Учні, працюючи з програмами типу GRAN1, мають під рукою інструмент для вивчення широкого кола математичних понять та закономірностей, який дозволяє швидко та якісно виконати необхідні обчислення, та графічні побудови, випробувати різні методи розв'язування конкретної задачі, вносити певні зміни в досліджуваний процес або явище, всебічно вивчаючи його властивості.

#### Література:

1. Давыдов В.В. Виды общения в обучении. – М.: Педагогика, 1972. – 423 с.
2. Жалдак М.І. Комп'ютер на уроках математики. – К.: Техніка, 1987. – 303 с.
3. Слепкань З.И. Психолого-педагогические основы обучения математике. Методическое пособие. – К.: Радянська школа, 1983. – 192 с.
4. Фридман Л.Ф. Психолого-педагогические основы обучения математике в школе. – М.: Просвещение, 1983. – 158 с.

## ФОРМУВАННЯ ГРАФІЧНОЇ КУЛЬТУРИ УЧНІВ НА УРОКАХ АЛГЕБРИ ЗАСОБАМИ ІТ

Д.М. Євстігнєєва

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

На сьогоднішній день комп'ютер допомагає людині у багатьох сферах діяльності: науково-дослідницькій, виробничій, в сфері обслуговування і, за бажанням людини, робить відпочинок більш цікавим та різноманітним. Комп'ютеризація навчання є невід'ємною частиною учбового процесу, тому для вчителя математики комп'ютер повинен стати “правою рукою”.

Традиційно, у вузах на вступних іспитах з математики в білети включають такі завдання: побудувати графік функції, знайти область визначення функції, знайти точки перетину графіків функцій і т. ін. Саме тому вміння будувати графіки функцій, а після побудови графіка описувати властивості самої функції, повинні доходити до автоматизму. Не кожен учитель математики ставить на уроці таку мету, як формування графічної культури учнів. Як правило, головним для нього є викладання теоретичного матеріалу і навчання учнів виконанню простих практичних завдань. В темі “Графіки функцій” цього вкрай мало. Необхідно на кожному уроці з вивчення функцій формувати графічну культуру учнів. Потрібно спочатку навчити їх швидко та якісно будувати графіки елементарних функцій, а потім прищепити навички побудови графіків функцій в залежності від параметрів (або коефіцієнтів). Саме в цьому полягає актуальність вибраної теми.

З 7-го класу, згідно програми вивчення алгебри, учні починають знайомитися з поняттям функції та вивчають функції виду

$$y=kx, y=ax+b, y=\frac{k}{x}, \text{ де } x - \text{ незалежна змінна; } k, a, b - \text{ параметри}$$

(довільні дійсні числа) і  $k \neq 0$ . Суттєвою особливістю при дослідженні функцій є перевага наочно-графічного підходу, а аналітичне дослідження має обмежений характер. Як правило, при поясненні теми “Функції” вчитель підбирає функцію з конкретними параметрами, будує її графік, перелічує властивості

функції і узагальнює їх для всіх можливих значень параметрів. Розвиток функціонального мислення є однією з методичних цілей навчання і він не може здійснюватися задовільно при дослідженні функції з єдиним значенням параметрів. Функція є абстрактним поняттям, і тому учням важко уявити, як при зміні параметра зміниться вигляд графіка функції. Тому вчителю доводиться будувати на дошці якомога більше графіків з різними значеннями параметра. Але ж він не в змозі дослідити багато цих значень, враховуючи обмеженість часу уроку, індивідуальні особливості і запити учнів. Можливість розв'язання цієї дидактичної проблеми засобами нових інформаційних технологій спонукала автора до розробки комп'ютерної програми побудови графіків функцій у залежності від параметрів.

Пропонована програма розрахована на учнів 7–9-х класів з поглибленим вивченням математики. Вона систематизує знання учнів з теми “Функції”, дозволяє будувати графіки функцій з параметрами, які підбирає сам учень. У такий спосіб учні переконуються, як зі зміною хоча б одного з параметрів змінюється графік функції. Вони аналізують, порівнюють та запам'ятовують вигляд графіка при змінах параметра.

Програма має дружній інтерфейс користувача. Послідовність кроків, яку програма пропонує виконати учням, є найбільш зручною та зрозумілою. Наприклад, щоб побудувати графік функції, потрібно в пункті меню “Функція” вибрати назву тієї функції, з якою бажають працювати. За допомогою “миші” та клавіатури забезпечується діалог з програмою:

1. Введіть відрізок, на якому розглядається функція, введіть параметри. Якщо готово – натисніть кнопку “Ok”.
2. На екрані побудується графік функції. На цій самій координатній площині поруч із щойно отриманим графіком учні можуть побудувати ще один, але із іншими значеннями параметрів і зробити відповідні висновки. Для цього потрібно натиснути кнопку “Побудувати”, змінити параметри і підтвердити це натисненням на кнопку “Ok”.
3. Просуваючись крок за кроком, діти робитимуть висновки. Наявність кнопки “Стерти” дає можливість учням не

“забруднювати” цей малюнок нескінченною кількістю графіків.

У міру подальшого вивчення шкільного курсу алгебри учні зустрінуться з більш складними функціями, з більшою кількістю параметрів, наприклад, функціями такого виду:

$$y=-(x+2), y=2(x-1)^2+3, y=\frac{1}{2}x^2-3, y=3\sqrt{x-5}+3.$$

В програмі передбачено можливість перетворення графіків функцій. Тому навички, набуті при побудові та перетворенні графіків функцій, які вивчалися в 7–9-му класах, забезпечать можливість швидше й ефективніше будувати графіки складних функцій. Для цього надаються алгоритми розв’язання таких задач і приклади їх розв’язування. Також в програмі подано систематизований теоретичний матеріал, необхідний для побудови графіків функцій з параметрами.

Крім того, програма забезпечує режим перевірки отриманих знань з теми за відповідними тестами. Це допомагає вчителю в роботі, бо значно економить час для вивчення наступних тем.

Досвід експлуатації показав, що програма прискорює процес навчання та надає йому більшої ефективності. Її можна застосовувати:

- як методичний посібник для вчителів;
- для систематизації знань учнів 7–9-х класів з теми “Функції”;
- для учнів звичайних та спеціалізованих середніх загальноосвітніх закладів;
- для старшокласників, що готуються до вступних іспитів.

Програма розроблена в середовищі Delphi 4 і може працювати на комп’ютерах з операційною системою Windows.

## ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ МАТЕМАТИКИ В СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ

М.С. Жуков, О.Г. Пугач, О.О. Постоєнко  
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

Нещодавно, закінчивши школу, людина вступала в світ, що змінювався досить повільно. Але теперішнє і майбутнє покоління учнів потребують освіти, яка підготує їх до того, з чим вони зіткнуться за межами школи. Ось чому система освіти повинна враховувати і відповідним чином використовувати нові технічні досягнення.

Широке впровадження в навчальний процес сучасних комп'ютерних технологій відкриває широкі перспективи щодо гуманізації освітнього процесу, поглиблення та розширення теоретичної бази знань, надання результатам навчання практичного значення, активізації пізнавальної діяльності, врахування вікових особливостей і життєвого досвіду, індивідуальних нахилів, здібностей учнів.

Складність та абстрактність предмету математики часто знижує якість засвоєння його учнями. Ще Блез Паскаль зазначав: “Предмет математики є таким серйозним, що зробити його цікавим не тільки можна, а й треба”. Тому на уроках математики комп'ютер із його графічними можливостями повинен знайти найбільш широке використання.

Не потрібно, однак, вважати, що використання комп'ютера завжди принесе найкращі результати у засвоєнні учнями матеріалу. Можливо, більшу частину шкільного курсу математики доцільно вивчати без використання комп'ютерних технологій. Але існують теми, в яких цілком доцільним є використання комп'ютера. До таких тем слід віднести тему “Побудова перерізів багатогранників”, при вивченні якої можуть бути ефективно використані графічні можливості комп'ютера.

Ця тема є фактично необмеженою для творчості вчителя. Декілька головних і багато часткових методів побудови перерізів розкривають широкі можливості для створення навчальної програми, яка забезпечить учня всім необхідним для виконання



вказаної побудови.

В роботі розкривається лише один з основних методів – метод сліду січної площини. Програма забезпечує два режими роботи – навчаючий та контролюючий. Кожний з них має три рівні складності. Особливістю програми є те, що вона може бути використана як у звичайних класах, так і у класах із поглибленим вивченням математики (для таких класів призначений третій – поглиблений рівень).

У навчаючому режимі програма створює середовище, в якому учня будуть мов би “вводити за руку”. Тут вказується кожен наступний крок. Цим формуватиметься в учня логіка побудови перерізів різних багатогранників.

У контролюючому режимі учні мають повну свободу дій і будують переріз на свій розсуд. Програма проконтролює якість результату, запропонує при бажанні подивитися хід розв’язку або спробувати ще раз (при незадовільному результаті).

Чим відрізняються між собою рівні складності? Перший рівень формує вміння трьох елементарних дій. Наприклад, як побудувати точку перетину прямої й площини. Цим рівнем не треба нехтувати, оскільки він є фундаментом вірних побудов у майбутньому.

Другий рівень призначений для загальноосвітніх шкіл.

Третій рівень є найцікавішим і рекомендується для класів із поглибленим вивченням математики та математичних гуртків. Середовище програми забезпечує основні засоби для побудови: відрізка, променя і прямої по двох точках, координати яких генеруються натискуванням кнопок миші та відповідної реєстрової клавіші клавіатури. Передбачена також побудова паралельних прямих до даної прямої.

Однією з основних дій є знаходження точки перетину допоміжних прямих, які проводять при побудові перерізів. Для цього використовується метод розв’язання рівнянь, які тотожні функціям, що задають ці прями. Сукупність цих операцій разом із системою елементів управління, які є в ОС Windows 95, та контекстно чутливих підказок забезпечують побудову перерізу. Причому, вся рутинна робота перекладається на комп’ютер, а учень виступає в ролі “архітектора”. У такий спосіб розвивається кмітливість вищого порядку, яка полягає в умінні застосовувати

ідеї методу.

Розглянемо, наприклад, як потрібно побудувати переріз п'ятикутної призми площиною, що проходить через три задані точки  $K$ ,  $L$ ,  $M$  (див. рис. 1).

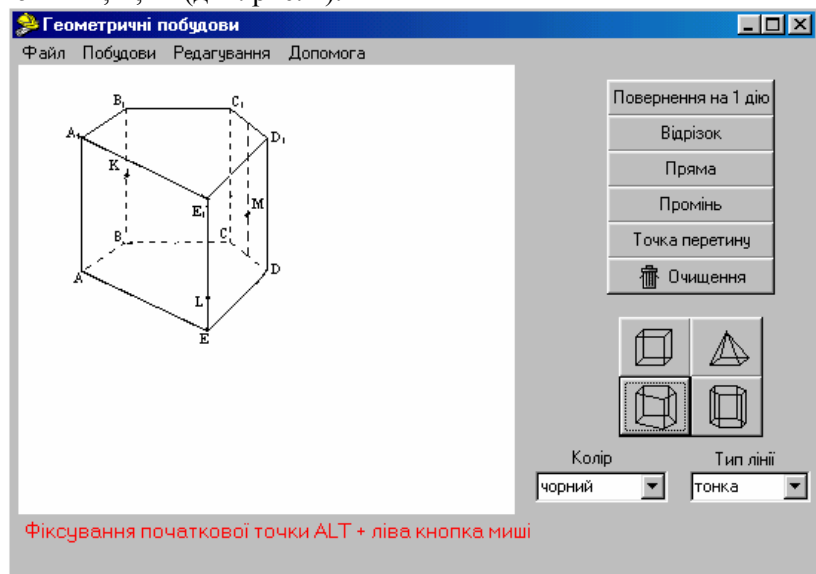


Рис.1. Завдання для побудови перерізу

Спочатку потрібно побудувати слід січної площини. Для цього знаходимо дві точки, що належать сліду. Як це зробити? Проводимо промінь  $KL$ :

1. натискаємо на кнопку “Промінь”;
2. фіксуємо початкову точку  $K$ . Для цього ставимо вказівник миші на цю точку і натискаємо на клавішу  $Alt$  і ліву кнопку миші.
3. потім фіксуємо точку  $L$ , але тепер натискаємо на клавішу  $Ctrl$  і ліву кнопку миші.

Якщо зробити фіксацію точок в іншому порядку, то промінь буде виходити з точки  $L$ .

Аналогічно будуємо промінь  $BE$ . Після цього визначаємо точку їх перетину  $F$ :

1. натискаємо на кнопку “Точка перетину”; відкриється вікно для введення інформації;
2. в режимі діалогу вказуємо точки відрізків, що належать про-

меням (К-L та В-Е);

- після цього програма пропонує вказати бажане місце біля точки перетину для її позначення. Це передбачено з метою спрощення програми, щоб уникнути виведення символу позначення на елемент побудови.

Подібним чином знаходимо точку Q перетину променів К-L і В-Е. Тепер проводимо пряму F-Q. Виконується така ж послідовність дій, як і при побудові променів, але цьому передую натискання на кнопку “Пряма” (див. рис. 2).

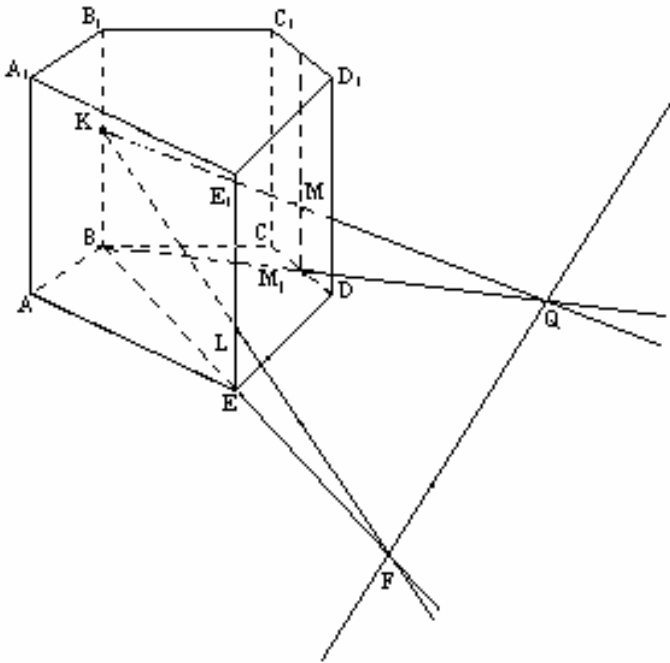


Рис. 2

Продовжуємо роботу для знаходження вершин перерізу. Після цього виділяємо сторони перерізу:

- вибираємо потрібний тип лінії та її колір (за бажанням);
- наводимо сторони перерізу обраною лінією, натискаючи на кнопку “Відрізок”.

Результат побудови перерізу демонструється на рис. 3.

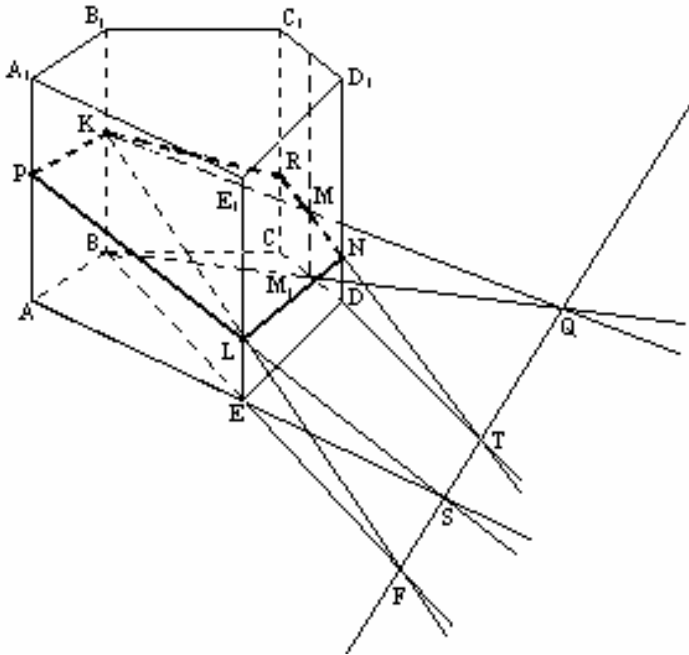


Рис. 3. Останній крок побудови перерізу призми

Аналогічне середовище буде і при побудові інших многогранників.

Таким чином, розроблена програма забезпечує учня та вчителя зручними засобами для засвоєння матеріалу та перевірки якості отриманих знань. Навчальна програма розроблена в середовищі Delphi 4 і розрахована для роботи на ПЕОМ з ОС Windows 95.

Ця робота розкриває лише частку всієї теми. У майбутньому вона повинна ще забезпечити підтримку значної бази даних, в якій вчитель буде формувати різні варіанти завдань як для навчання, так і для контролю.

## РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАСОБІВ НАОЧНОСТІ НА УРОКАХ ГЕОМЕТРІЇ

І.М. Поліщук

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

Я.А. Коменський писав: "...Все, що тільки можна, давати для сприймання чуттям, а саме: видиме – для сприймання зором, чутне – слухом, запахи – нюхом, доступне дотикові – через дотик. Якщо будь-які предмети відразу можна сприйняти кількома чуттями, нехай вони відразу сприймаються кількома чуттями..."

Швейцарський педагог Песталоцці доводив, що наочне навчання має:

- 1) усунути безладність у спостереженнях предметів;
- 2) розмежувати різне в уявленнях;
- 3) об'єднати спільне в уявленнях;
- 4) сприяти формуванню в учнів понять.

К.Д. Ушинський відмічав, що наочність вимагає сама природа людини.

Одним з головних факторів, які впливають на результати навчання учнів, є наочність як засіб засвоєння знань, а також попередня підготовка учнів. Протягом довгої історії наочного навчання змінювався зміст поняття "наочність".

Раніше з цим терміном завжди пов'язували безпосереднє спостереження предметів і явищ, що вивчалися. На сучасному етапі розвитку психолого-педагогічної науки розрізняють поняття "наочність", "засоби наочності" та "прийоми наочності".

Під наочністю розуміють представлення істотного в плані сприйняття, під засобами наочності – конкретні предмети і знаково-символьні засоби, що використовуються для виділення істотного в плані сприйняття. Прийоми наочності – це способи виділення істотного в представленому матеріалі.

Водночас те, що сприймається через почуття на графічній моделі (многогранники, тіла обертання), може бути високоабстрактним за змістом.

Виділяють два ступені наочності: конкретний (на рівні явищ) і абстрактний (на рівні загального). Конкретна наочність

полягає в живому спостереженні реальних об'єктів. Абстрактна наочність характеризує вираження логічного знання і сприяє прискоренню мислення людини.

Наочність у процесі засвоєння знань виконує дві основні функції. Перша спрямована на розширення чуттєвого досвіду, друга – на розкриття суті процесів і явищ, що вивчаються.

Функції наочності у навчанні вивчались психологами і педагогами.

1. Л.В. Занков вивчав співвідношення наочності і слова у процесі навчання:

а) при вивченні зовнішніх властивостей предмета учні можуть самі здобути знання, безпосередньо розглядаючи предмет чи його зображення;

б) при усвідомленні учнями зв'язків чи відношень між властивостями предметів і явищ наочність служить опорою для усвідомлення цих зв'язків і відношень.

Слово вчителя в цьому випадку спрямовує учнів на осмислення усвідомлення ними цих зв'язків і відношень.

2. В.В. Давидов вважав, що бездумне використання непромірно великої кількості наочних засобів затримує розвиток абстрактного мислення учнів.

3. О.В. Скрипченко вважав, що наочність – це не тільки предмети і різнокольорові зображення предметів, ситуацій, але і схеми, формули, алгебраїчні вирази тощо. Наочність – це опора для опанування змістом навчального матеріалу. Без наочності неможливо доброякісно засвоїти навчальний матеріал. Проте ніяка наочність і технічні засоби не підвищують якість знань, якщо предмети, малюнки, діафільми, кінокартини, діючі моделі не вплітатимуться в логіку уроку, не доповнюватимуться живим словом учителя, не стануть основою для самостійної діяльності учнів. Зосередження учня на деталях явища є дуже важливим для розвитку спостережливості засвоєння знань; проте зосередження учня на деталях предмета інколи може:

а) відволікати учня від суттєвого, структури учбового матеріалу;

б) створити труднощі абстрагування від несуттєвого;

в) викликати асоціації, які уводять від цілі.

Одним з видів наочності є знаково-символьна наочність, що реалізує другу функцію наочності. Ефективність використання саме цього виду наочності зумовлена високим рівнем абстракції математичних понять.

Під знаково-символьною наочністю розуміють таку наочність, яка відображає структуру і функцію процесу заміщення, кодування інформації, моделює абстрактні залежності за своїм зовнішнім виглядом і конкретними особливостями через умовно-символьну форму. Виділяють чотири групи засобів знаково-символьної наочності: функціональну (графіки формули рівняння), логіко-генетичну (графи граф-комплекси), причинно-наслідкову (схеми таблиці), схематизовану (малюнки діаграми ескізи карти плани) [2].

Традиційним є використання на уроках математики малюнків, діаграм, схем, таблиць. Ефективність такої роботи значно підвищується, якщо вчитель організовує активну діяльність учнів, використовуючи засоби знаково-символьної наочності. Нами виділені різні типи пізнавальних завдань, доцільність використання яких підтвердила практика роботи в школі. Зокрема, вивчення геометрії неможливо уявити без малюнків. При роботі з малюнками завдання можуть бути такими:

1. За готовим малюнком.

1.1. Розпізнавання об'єктів за їх зображенням (розпізнати поняття; малюнок до теореми; за малюнком сформулювати умову задачі або визначити її тип).

1.2. На основі аналізу декількох малюнків зробити узагальнюючий висновок (висунути гіпотезу).

2. Самостійне виконання малюнка.

2.1. Зобразити геометричну фігуру за її суттєвими ознаками.

2.2. Виконати малюнок до теореми.

2.3. Зробити малюнок до задачі.

Діаграми як засіб знаково-символьної наочності доцільно використовувати на уроках математики з метою узагальнення і систематизації знань, усвідомлення учнями взаємозв'язків між поняттями, що вивчаються. Однак використання діаграм у процесі навчання математики буде ефективним лише у тому випадку, коли учні вмітять їх "читати", розумітимуть суть

взаємозв'язків, що відображені на діаграмах. У цьому плані необхідна підготовча робота вчителя з учнями.

Досвід роботи в школі дозволив виділити такі особливості використання діаграм на уроках математики: 1) роботу з діаграмами необхідно починати на найпростіших прикладах; поняття, що розглядаються, повинні бути добре засвоєні учнями; 2) ускладнення роботи з діаграмами може йти шляхом збільшення кількості понять, що розглядаються, і підвищення рівня самостійності виконання учнями завдань.

При роботі з діаграмами активізувати діяльність учнів можна за допомогою таких завдань:

1. Доповнити зображення елементами, яких не вистачає.
2. Виключити зайві елементи.
3. Замінити окремі елементи зображення.
4. Скоригувати місце окремих елементів.

Одним з традиційних засобів знаково-символьної наочності є таблиці. Їх особливостями є велика інформативність, а також наочність і статичність представленої інформації. З метою узагальнення знань учнів, засвоєння понять в системі, ефективним є використання систематизуючих таблиць. Таблиці такого типу можуть заповнювати самі учні під керівництвом вчителя математики. Це можна робити поступово, протягом декількох уроків або після вивчення цілого розділу. До кожної таблиці вчитель може запропонувати систему питань, що сприяють усвідомленню учнями взаємозв'язків між поняттями. Систематизуючі таблиці доцільно використовувати з тем “Аксиоми шкільного курсу геометрії”, “Трикутники”, “Чотирикутники”, “Перетворення площин”, “Вектори”, “Площі та об'єми” тощо.

Застосування засобів нових інформаційних технологій навчання на уроках геометрії приводить до підвищення рівня знань учнів, дає можливість зробити процес розв'язання багатьох математичних задач більш швидким, позбавити учнів від рутинних обчислень, акцентувати їхню увагу на творчому аспекті процесу розв'язання. Одним з таких засобів є програма GRAN1 [1. С. 3–12].

Опишемо деякі можливості використання цього програмного засобу на уроках планіметрії.



Нехай перед нами стоїть задача: “Побудувати трикутник за основами його висот”.

Засобами GRAN1 побудуємо спочатку трикутник, вершинами якого є задані основи висот. Виберемо одну з вершин і продовжимо через неї сторони трикутника, для яких ця вершина є спільною. Відкладемо на продовженні кожної сторони дожину іншої, і з’єднаємо так одержані точки. Отримаємо трикутник, рівний даному. До кожної із сторін, протилежних вибраній вершині, побудуємо серединні перпендикуляри. Точка їх перетину визначає центр кола, що проходить через кінці сторін трикутників, протилежних вибраній вершині, а вибрана вершина лежить на діаметрі кола. Кінці цього діаметра визначають дві вершини шуканого трикутника. Провівши прямі через кінці діаметра і вказані точки на колі, одержимо третю вершину трикутника, як точку перетину цих прямих. Легко бачити, що так побудований трикутник є розв’язком задачі, оскільки в результаті вказаних побудов отримано два прямокутних трикутники із спільною гіпотенузою – діаметром таким чином побудованого кола. Можна показати, що якщо є два прямокутні трикутники із спільною гіпотенузою, і вершини яких лежать по один бік від гіпотенузи, то пряма, що проходить через точки перетину катетів та їх продовжень, перпендикулярна до гіпотенузи. Очевидно, висоти побудованого у такий спосіб трикутника, є бісектрисами кутів трикутника, вершинами якого є основи висот.

Зауважимо, що перш ніж виконувати ті чи інші побудови чи обчислення за допомогою комп’ютера (чи інших засобів), необхідно встановити, які саме побудови чи обчислення необхідно виконувати, щоб отримати розв’язок задачі. Для цього, у свою чергу, потрібно ретельно проаналізувати задачу. Після з’ясування методу розв’язування задачі та його обґрунтування можна приступати до відшукування розв’язку – виконання відповідних побудов, обчислень тощо. Засоби діяльності, до яких належить і комп’ютер, є лише засобами, що в структурі діяльності займають цілком певне місце і відіграють відповідну роль. Тому не варто приписувати комп’ютеру невластиві йому характеристики типу “комп’ютер мислить”, “веде діалог з учнями”, “управляє навчальною діяльністю учнів” і т.п.; насправді діяльністю учня управляє вчитель.

Таким чином, викладання планіметрії мусить бути пройняте наочністю. Значну допомогу у вирішенні виникаючих проблем може надати використання комп'ютера у поєднанні із сучасними педагогічними програмними засобами, до яких, зокрема, належить пакет GRAN1.

#### Література.

1. Жалдак М.І. Нові інформаційні технології навчання геометрії / Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наук. праць / К.: Комп'ютер у школі та сім'ї, 1998. – 231 с.
2. Розуменко А. Знаково-символьна наочність як засіб засвоєння геометричних знань // Математика в школі. – 1999. – № 2. – С. 26–28.

## ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ ШКІЛЬНОГО КУРСУ МАТЕМАТИКИ

О.О. Устименко, О.П. Поручинська  
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

Під новими інформаційними технологіями навчання (НІТН) розуміють такі технології, які в навчальному процесі використовують засоби інформатизації навчання (насамперед, – комп'ютер).

Комп'ютер як засіб навчання використовується близько 40 років. За цей час значною мірою змінилися його функції, дидактичні можливості, підвищилися і психолого-педагогічні вимоги до нього. Принципових змін зазнали й наші уявлення про комп'ютерну навчаючу систему, її сутність, функції, можливості.

Можна виділити дві генерації комп'ютерних навчаючих систем. Для систем першої генерації характерна наявність однієї навчаючої програми, що управляє учбовою діяльністю, до якої інколи додавалися програми адаптації та програми, що реалізували інтерфейс користувача.

Щодо типу взаємодії учня з комп'ютером у відповідній літературі [2, 3, 4] виділяють два типи систем навчання. Перший тип характеризується безпосередньою взаємодією учня з комп'ютером, який визначає те завдання, що пред'являється учню, оцінює правильність і в разі потреби надає необхідну допомогу. Навчання тут відбувається, як правило, без вчителя. Його допомога потрібна лише тоді, коли виникає непередбачена ситуація, з якою комп'ютер не може впоратися через недосконалість навчаючої програми.

Другий тип характеризується тим, що з комп'ютером взаємодіє не учень, а педагог. Комп'ютер допомагає педагогу здійснювати навчальний процес. Наприклад, він видає результати виконання учнями контрольних завдань з урахуванням помилок, витраченого часу. Ці результати можуть накопичуватися та оброблятися. Комп'ютер може порівнювати показники різних учнів за певними критеріями, видавати рекомендації про

доцільність використання тих чи інших учбових задач, підказок тощо. Навчаючі системи, які реалізують другий тип навчання, відносять до допоміжних. Такі системи виконують також і функції накопичення та обробки інформації.

Найбільшого поширення сьогодні набули системи, які забезпечують безпосередню взаємодію з учнем. Найчастіше виділяють такі їх типи: а) тренувальні; б) контролюючі; в) імітаційно-моделюючі. Крім того, інколи як окремі типи виділяються такі: системи проблемного навчання, ігрові, тестуючі, опитувальні.

Тренувальні програми призначені переважно для закріплення вмій та навичок, вони використовуються, як правило, після засвоєння учнями теоретичного матеріалу для відпрацювання певних навичок.

В імітаційно-моделюючих програмах як основний засіб навчання використовується імітація та педагогічне моделювання.

Програми проблемного навчання побудовані в основному на ідеях і принципах когнітивної психології, в них здійснюється непряме управління діяльністю учня. Це значить, що пред'являються різноманітні учбові задачі, проблеми, і учнів спонукають розв'язувати їх шляхом спроб та помилок.

Зустрічаються й інші підходи до класифікації навчаючих програм. Так, деякі автори пропонують виділити три типи програм. До першого типу вони відносять програми, в яких, крім пред'явлення учбового матеріалу, здійснюється контроль за його засвоєнням. Програми другого типу дозволяють учневі самому ставити запитання, а запитання, які ставить комп'ютер, можуть змінюватися залежно від навчальних цілей. Програми цього типу забезпечують закріплення учбового матеріалу, а також надають учню необхідну інформацію. До програм третього типу автори відносять ті, що містять елементи експертних систем.

У останні роки значно розширюється коло учбових предметів, де використовується комп'ютер. Якщо на початку він використовувався перш за все у професійних учбових курсах, головним чином пов'язаних із програмуванням та фізико-математичним циклом, то зараз він використовується при викладанні практично всіх навчальних предметів. Комп'ютер увійшов у життя всіх без винятку учбових закладів, починаючи від вузів і

закінчуючи дошкільними закладами. Чітко проявляється тенденція зниження віку учнів, які використовують комп'ютер. Розширюються галузі використання комп'ютера у роботі з дітьми з відхиленнями в розумовому розвитку і з фізичними вадами.

НІТН значно впливають на зміст навчання. Це, перш за все, проявляється у тому, що вони по-новому ставлять питання про доступність знань. Вже сьогодні видно: багато з того, що раніше вважалось доступним лише фахівцям, в принципі можна зробити доступним і учням; що завдяки комп'ютеру можна значно розширити і поглибити зміст навчання, доступний для учнів всіх вікових груп. Це досягається, насамперед, завдяки:

- колосальним можливостям комп'ютера у наочному поданні змісту завдяки поєднанню різних форм подання інформації;
- наданню учням можливості користування значним обсягом інформації;
- використанню комп'ютерних засобів, що реалізують ідеї штучного інтелекту, зокрема експертних систем;
- широкому використанню ігрових форм навчання.

НІТН дозволяють будувати процес навчання у такий спосіб, що:

- у зміст навчання включається вивчення стратегії розв'язання задач, в тому числі і творчих;
- забезпечується засвоєння учнями своєї власної діяльності;
- зміст професійного навчання будується з урахуванням реальних виробничих процесів.

Ці можливості проявляються особливо чітко при використанні інтелектуальних навчаючих систем.

При вивченні математики практично необхідні знання, і особливо уміння й навички, що краще засвоюються при розв'язуванні різних задач і вправ.

Інструментом, що дає можливість ефективно з'єднувати традиційні й новітні методи вивчення математики, є такий: на уроках новий матеріал подається спочатку в традиційній формі, розглядаються стандартні методи розв'язування задач, а потім пропонуються методи розв'язування задач, що дуже важко чи зовсім неможливо розв'язати стандартними безмашинними методами. Це є своєрідним логічним переходом до вивчення методів

розв'язування такого типу задач на комп'ютері. Учні переконуються в тому, що за допомогою комп'ютера вирішити такі задачі досить просто. Далі учні самостійно розв'язують за допомогою комп'ютера запропоновану їм систему задач відповідного змісту і здобувають необхідні уміння й навички розв'язання таких задач, а також переконуються в ефективності застосування новітніх комп'ютерних методів. При цьому увага учнів акцентується на доцільності вибору того чи іншого педагогічного програмного засобу, зокрема GRAN1, для розв'язання тієї чи іншої конкретної задачі.

Застосування комп'ютерів і нових інформаційних технологій дає можливість зробити процес розв'язання багатьох математичних задач більш швидким, позбавити учнів від рутинних обчислень, акцентувати їхню увагу на творчому аспекті процесу розв'язання.

Найбільш вдалим педагогічним програмним засобом, який можна використовувати у процесі навчання планіметрії учнів 7-9 класів є програма GRAN1, деякі приклади використання якої розглядаються далі [1].

**ЗАДАЧА 1.** Дано рівнобедрений трикутник. Побудувати його до рівностороннього чотирикутника.

**РОЗВ'ЯЗУВАННЯ.** Спочатку виконаємо побудову заданого рівнобедреного трикутника. Спосіб побудови визначається тим, як задано цей трикутник: координатами вершин, довжинами сторін, довжинами основи та висоти тощо. Далі побудуємо серединний перпендикуляр до основи трикутника і знайдемо висоту основи. Після цього виконаємо паралельне перенесення висоти трикутника таким чином, щоб кінець висоти, що збігався з вершиною трикутника, збігся із серединою основи. Для цього вибираємо послуги програми GRAN1: "Операції", "Перетворення ламаної", "Паралельне перенесення", "Старе та нове положення точки з екрана". Вільний кінець отриманого в результаті паралельного перенесення відрізка і буде шуканою четвертою вершиною майбутнього чотирикутника. Залишиться побудувати замкнену ламану за визначеними чотирма вершинами або побудувати незамкнену ламану, провівши її через дві вершини при основі трикутника й знайдену четверту вершину. Чотирикутник побудовано.

ЗАДАЧА 2. Побудувати зірку Давида та знайти її площу.

РОЗВ'ЯЗУВАННЯ. Починаємо розв'язування задачі з виконання наступних дій: "Опції", "Встановити масштаб", "Масштаб користувача", встановлюємо відповідний масштаб. Використовуючи опції "Об'єкт", "Коло", " $(X0: Y0)$  з екрана і R з клавіатури", провести коло, у яке буде вписано фігуру. Використовуючи опції "Нова ламана", "Ламана незамкнена", "Таблиця з екрана", провести вертикальний діаметр цього кола, орієнтуючись на розмітку координатної площини. Тим же радіусом провести друге коло з центром у верхній точці перетину першого кола і його вертикального діаметра. Точки перетину першого і другого кіл та нижня точка перетину вертикального діаметра будуть вершинами трикутника, який потрібно побудувати з використанням опцій: "Нова ламана", "Замкнена ламана", "Таблиця з екрана". Потім видалити допоміжні побудови, залишивши на екрані перше коло та утворений рівносторонній трикутник. Після цього з вершин біля горизонтальної сторони провести два кола, радіуси яких дорівнюють радіусу першого кола. На точках перетину першого кола і проведених кіл, як на вершинах, побудувати трикутник як замкнену ламану.

Потім потрібно видалити всі побудови, крім трикутників, і побудувати замкнену ламану за точками перетину трикутників, обійшовши їх після виконання послідовності команд: "Об'єкт", "Нова ламана", "Замкнена ламана", "Таблиця з екрана". Після видалення трикутників на екрані залишається тільки зірка Давида – фігура, яку й потрібно побудувати. Залишилося знайти площу фігури.

Установимо активною функцію, що описує фігуру, і виконаємо дії: "Інтеграл", "Площа многокутника". Потім внутрішня область многокутника, площа якої обчислюється, заштриховується і на екрані з'являється обчислене значення площі.

Використання програми GRAN1 допомагає активізувати навчально-пізнавальну діяльність учнів. Використовуючи в навчальному процесі програму GRAN1, можна досягти таких цілей:

- учні навчаються роботі на комп'ютері;
- учні закріплюють практичні навички і вміння побудови планіметричних об'єктів;
- економиться час побудови об'єктів;

- учитель має можливість контролювати виконання завдання на кожному окремому етапі кожним учнем.

Таким чином, під час розв'язування задач планіметрії в умовах нових інформаційних технологій навчання на якісно новому рівні формується культура розумової праці, важливі загально-трудова вміння: планувати свою роботу, раціонально її виконувати, критично зіставляти початковий стан роботи з реальним процесом її виконання.

#### Література:

1. Архипова Т.Л. Комп'ютерні технології на уроках геометрії // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 1999. – №4. С. 31–33.
2. Жалдак М.І. Комп'ютер на уроках математики. – К.: Техніка, 1997. – 303 с.
3. Машбиц Е.И. Компьютеризация обучения: проблемы и перспективы. – М: Знание, 1986. – 80 с.
4. Основи нових технологій навчання: Посібник для вчителів / Авт. кол. за ред. Ю.І. Машбиця. – К.: ІЗМН, 1997. – 219 с.



## ВИНАХІДНИЦЬКІ ЗАДАЧІ В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ

О.В. Дейнеко

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

Практика показує, що формальне засвоєння знань з будь-якого предмету, тим паче з фізики, великої користі людині не приносить. Під час навчання учень ще не може розв'язати звичайні текстові задачі, особливо ті, що потребують лише підстановки наведених в умовах значень фізичних величин у відповідну формулу і наступних математичних операцій з ними. Такі задачі мало відрізняються від математичних і можуть розв'язуватися формально, без глибокого усвідомлення змісту описаних в умові фізичних явищ та процесів.

Життя тим часом вимагає від колишнього учня або ж студента сформованого фізичного мислення і особливого підходу до розв'язку реальних фізико-технічних задач, особливо – творчих, розв'язок яких потребує відповідної уяви і творчого мислення.

Очевидно, що розвивати ці якості можна лише засобами розв'язування творчих задач, до яких належать винахідницькі задачі.

Для повноти уявлення про винахідницькі задачі розглянемо спочатку, що таке винахід.

*Винаходом* визнається новий або той, що має суттєві відмінності, технічний розв'язок задачі в будь-якій галузі народного господарства, соціально-культурного будівництва чи оборони країни, що дає позитивний ефект.

*Об'єктом винаходу* може бути: новий пристрій, спосіб, речовина, а також використання раніше відомих пристроїв, способів, і речовин в новому призначенні. До пристроїв як об'єктів винаходу відносяться, наприклад, машини, агрегати, апарати, прилади, верстати, автомати й автоматичні лінії, різні деталі.

Під *способом* у винахідницькій справі розуміють новий процес використання взаємопов'язаних дій над матеріальним об'єктом і за допомогою матеріальних об'єктів, що дає позитивний ефект. Прикладами таких винаходів можуть бути

діагностування та лікування захворювань людей і тварин, способи складання виробів, обладнання.

*Речовина як об'єкт винаходу* – це те нове, яке має істотні відмінності, штучно отримане матеріальне утворення, що є сполученням взаємопов'язаних елементів, інгредієнтів, при виробництві і (або) використанні якого досягається позитивний ефект. Це речовини, що отримуються фізико-хімічними перетвореннями або ж хімічним шляхом.

*Винаходи на використання* характеризуються новим відношенням відомого пристрою, способу чи речовини до інших об'єктів, що дає можливість використовувати його за нетрадиційним для нього призначенням.

Аналіз значної кількості винаходів дозволяє дійти висновку про те, що більшість з них не вимагали від їх авторів знань, які б виходили за межі шкільного курсу фізики. Це означає, що певна частина винахідницьких задач (саме їх розв'язки і привели до винаходів) буде посильною для розв'язку учнями середніх шкіл, (особливо старшокласниками) і студентами відповідних спеціальностей вищих учбових закладів. А хто із учнів чи студентів не хотів би випробувати себе в такій творчій діяльності, як винахідництво?

Досвід доводить, що інтерес до такої діяльності в учнів досить великий. Не так вже й рідко учні пропонують досить оригінальні технічні розв'язки, тобто стають авторами винаходів. До того ж розв'язок винахідницьких задач дозволяє учням пізнати дійсну ціну знанням з фізики, що позитивно впливає на формування у них мотивів навчання.

Винахідницькі задачі можна застосовувати на різних етапах опрацювання навчального матеріалу. За допомогою таких задач можна, зокрема, створювати проблемні ситуації на початку вивчення нового матеріалу. Вони ж дозволяють закріпити щойно засвоєні знання, організувати повторення матеріалу. Включення їх до текстів контрольних робіт з наступним аналізом розв'язків дозволяє визначати рівень розвитку творчих здібностей учнів. Винахідницькі задачі збагачують зміст різноманітних вікторин і конкурсів, без них важко уявити позакласну роботу з фізики, діяльність гуртків винахідників і раціоналізаторів, фізико-технічних гуртків і т.ін.

Для розв'язання винахідницької задачі завжди використовуються певні фізичні явища та ефекти. Характерною особливістю таких задач є те, що вони можуть мати значну кількість різних розв'язків, які не виключають один одного. Тому ні учням, ні вчителю не слід “замикатись” лише на відомих розв'язках: набагато більше користі буде від пошуку нових, оригінальних розв'язків, які можуть привести до винаходів.

Нами було створено навчальну програму для початкового ознайомлення старшокласників з технологією розв'язання винахідницьких задач. Наведені в програмі задачі складені на основі описаних у літературі винаходів, матеріалів журналів “Винахідник і раціоналізатор”, “Наука і життя”, “Юний технік” і ін.

Вище згадувалося, що винахідницькі задачі можна застосовувати на різних етапах опрацювання навчального матеріалу. При цьому слід мати на увазі, що вибір кожної конкретної задачі для використання в учбовій діяльності повинен, перш за все, визначатись дидактичною метою заняття та дидактичними можливостями самої задачі. Разом з тим кожна задача повинна бути складовою частиною деякої системи задач, спрямованої на досягнення відповідної цілі заняття.

Перефразуючи Цицерона, можна сказати, що для того, щоб користуватись премудрістю, необхідно ще оволодіти нею. Для “опанування премудрості” розв'язування винахідницьких задач ми пропонуємо на допомогу вчителю нашу програму. Її метою є ознайомлення учнів з теорією розв'язку винахідницьких задач (ТРВЗ) і алгоритмом розв'язку винахідницьких задач (АРВЗ) та навчити використовувати цей алгоритм.

За допомогою складеного спеціалістами в галузі ТРВЗ та доповненого нами покажчика фізичних явищ та ефектів пошук можливих варіантів технічних розв'язків задач до деякої міри спрощується.

Вираз “до деякої міри спрощується” було вжито не випадково. Ідеальним є такий стан справ, коли можна скласти покажчик, звертання до якого гарантовано приводить до винаходу. Тоді після вводу такого покажчика до комп'ютера будь-який користувач одразу перетворюється на винахідника.

Але в дійсності все набагато складніше. Крім згаданого вище

показчика фізичних явищ та ефектів, давно розроблені різні засоби і алгоритми розв'язування винахідницьких задач. При цьому беруться до уваги закономірності розвитку технічних систем, застосовуються методи усунення технічних протиріч і стереотипів мислення, що склалися (психологічної інерції), але останнє слово все ж таки залишається за творчою особистістю, яка володіє не лише знаннями з фізики та суміжних з нею дисциплін, але й творчою уявою. Творча діяльність не є слідуванням відпрацьованим правилам, або ж, за висловом Бернарда Шоу: “Золоте правило полягає в тому, щоб не мати золотих правил”.

Згадана вище програма передбачає сумісну роботу як з комп'ютером, так і з учителем. В першу чергу учні ознайомлюються з ТРВЗ і АРВЗ. Далі для прикладу наводиться розв'язок двох винахідницьких задач з поясненням кожного кроку розв'язання відповідно до АРВЗ.

При розв'язуванні будь-якої винахідницької задачі необхідно знати фізичні явища та ефекти, а також мати уявлення про функції, які вони можуть виконувати. Як правило, одна й та сама функція може бути виконана за допомогою різних ефектів і явищ. Найкраще це можна пояснити на конкретних прикладах.

Пропонуємо це робити у такий спосіб: учневі на його вибір пропонується декілька функцій, які вимагається виконати. Обираючи одну з них, учень знову постає перед вибором: йому пропонуються ті явища та ефекти, за допомогою яких можна виконати обрану ним функцію. Обираючи на свій розсуд будь-який ефект, учень дістає можливість ознайомитися із задачею та тим її розв'язком, де використовується обраний ефект. Після цього учень за власним бажанням може повернутися до будь-якого пункту меню. Якщо він знову повертається до меню “Явища та ефекти”, то може обрати наступне явище та ознайомитись вже з іншою задачею, в розв'язку якої виконується та сама функція, але вже у інший спосіб і т.ін.

Після завершення роботи з програмою учневі пропонується повний показчик та умови задач для самостійного опрацювання. Частина показчика наведено у Додатку.

Сподіваємося, що наша програма зацікавить вчителів фізики і приверне їх увагу до винахідницьких задач.

<i>Функції, що вимагаються</i>	<i>Фізичні явища та ефекти</i>
Індикація положення тіла	Оптичні явища, електромагнітна індукція, ефект Доплера, п'єзоелектричний ефект, ...
Управління переміщенням тіла	Теплове розширення тіл, резонанс, магнітострикція, ...
Вимірювання незначних переміщень	Теплове розширення тіл, оптичні явища., ...
Вимірювання розмірів тіл	Вимірювання власної частоти коливань, виштовхувальна сила, ...
Контролювання стану і властивостей поверхні тіл	Випромінювання, відбиття світла, магнітне поле, люмінесценція, ...
Підвищення температури тіл	Електромагнітна індукція, вихрові струми, електронне нагрівання, проходження електричного струму, ...
Управління рухом рідини і газу	Ефект Бернуллі, хвильовий рух, капілярність, ...
Розділення сумішей	Дифузія, електрофорез, електро- і магнітосепарація, сила Архімеда, ...
Акумуляування енергії	Явище інерції, пружні деформації, потенціальна енергія тіла в гравітаційному і зарядженого тіла в електричному полях, коливання, ...
Регулювання дії сили, отримання значних сил	Явище інерції, теплове розширення тіл, зміна агрегатних станів речовини, дія полів, пружні деформації, ...
Очищення поверхні	Взаємодія зарядів, взаємодія провідників зі струмом, зміна агрегатних станів, ...

## АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРА ТА УЧНІВ

М.І. Задорожній

с. Новоюлівка, Новоюлівська середня загальноосвітня школа

Нові інформаційні технології навчання передбачають використання учнями комп'ютерної техніки. На цьому шляху є по крайній мірі дві проблеми, які зараз в загальноосвітніх школах вирішити дуже складно: це забезпечення сучасною комп'ютерною технікою, через недостатню кількість коштів, та санітарні норми використання ПК, які обмежують час роботи учнів з комп'ютером.

З іншого боку, потреба в інформаційних технологіях постійно зростає. І вчителі, і учні вже багато років працюють в умовах все зростаючого інформаційного перевантаження. Тому інформаційні технології навчання, крім створення програмних засобів для ПК, повинні передбачувати і створення традиційних друкованих навчально-методичних посібників для учнів та вчителів.

Одним з таких посібників і є алгоритм розв'язування фізичних задач. Вивчення структури та послідовності дій, необхідних для розв'язування фізичних задач, дало можливість створити перший варіант комп'ютерної програми, яка розв'язує текстові фізичні задачі.

В основу алгоритму цієї програми покладено дії, які виконуються учнями при розв'язуванні фізичної задачі, тобто створено комп'ютерну модель цього процесу.

В табл. 1 показано копію екрану першого варіанту програми. Слід зауважити також, що ця робота виконувалась в 1994 році на мові програмування BASICD і ПК "Електроніка МС".

Ця програма досить впевнено визначає з тексту задачі список фізичних величин, але саме розв'язування задачі програмувалось для кожної комбінації формул окремо. Але при цьому цінним в цій програмі є визначення рівня складності задач за єдиними вимогами та коефіцієнта складності задачі в балах, що залежать від кількості та рівня складності тих кроків, які необхідно виконати для розв'язування задачі.

## Таблиця 1. Перший варіант програми

Меню: 1.Доп 2Чит 3ВиБ 4Рзв 5Анл 6ДрТ 7ДрВ 8ДрР 9ДрА 0.ЗпП  
Q.Вих Р.ЗпД

38. Дерев'яний брусок довжиною 15 см шириною 7 см і товщиною 45 мм має вагу 3.6 Н Визначити густину деревини ?

Довжина  $l = 15 \text{ см} = .15 \text{ м}$

Ширина  $b = 7 \text{ см} = .07 \text{ м}$

Висота  $h = 45 \text{ мм} = .045 \text{ м}$

Вага  $P = 3.6 \text{ Н}$

Густина  $\rho = ?$

$g = 9.8 \text{ Н/кг}$

$P = m \cdot g$   $\rho = m/V$   $m = \rho \cdot V$   $V = S \cdot h$   $S = b \cdot l$   $P = \rho \cdot b \cdot l \cdot h \cdot g$   $\rho = P / (b \cdot l \cdot h \cdot g)$

$\rho = 3.6 \text{ Н} / (.07 \text{ м} * .15 \text{ м} * .045 \text{ м} * 9.8 \text{ Н/кг}) =$

$777.4538 \text{ кг/м}^3 = 777 \text{ кг/м}^3$

Відповідь: Густина  $\rho = 777 \text{ кг/м}^3$  Рівень 3 19 балів

Аналіз задачі:

Фізика 7 клас Тема 2 Взаємодія тіл. Вага тіла.  $P = m \cdot g$

Рівень 0 (0.5 бала) A1= 6 A2= 4 A3= 5 A4= 0

Рівень 1 (1 бал) A5= 3 A6= 1 A8= 1 A10= 1

Рівень 2 (1.5 бали) A11= 1

Рівень 3 (2 бала) A13= 2

Складність задачі визначалася за кроками алгоритму:

A1 Запис величини

A2 Запис формули

A3 Виконання арифметичних дій

A4 Визначення величини за одиницею вимірювання

A5 Перетворення одиниць вимірювання

A6 Перетворення формул

(A7 Умова задачі з малюнком)

A8 Використання табличних даних

(A9 Значення величин в текстовій формі)

A10 Виконання дій на мікрокалькуляторі

A11 Використання кількох формул

(A12 Виконання малюнку до задачі)

A13 Використання формул з математики

Більш детальне вивчення структури алгоритму розв'язування фізичних задач та використання власної модульної системи програмування на BASICD дало можливість створити третій варіант програми, для якої вхідними та вихідними даними є текстові файли.

В табл.2 і 3 показано частину файлів даних та задач, а в табл.4 – файл розв'язків, який створюється програмою.

## Таблиця 2. Файл даних

!Фізика 11 клас Тема 1 Електромагнітна індукція.  
\*Магнітний потік  $\Phi = B \cdot S$   $B = \Phi / S$   $S = \Phi / B$   
\*Магнітний потік  $\Phi = L \cdot I$   $L = \Phi / I$   $I = \Phi / L$   
\*Проміжок часу  $dt = t_2 - t_1$   $t_2 = t_1 + dt$   $t_1 = t_2 - dt$   
\*Зміна магнітного потоку  $d\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$   $\Phi_1 = \Phi_2 - d\Phi$   $\Phi_2 = \Phi_1 + d\Phi$   
# $\Phi$  Магнітний потік. магнітний магнітного потоку 1 Вб 0.001 мВ 1Е-6 мкВб  
#В Магнітна індукція. магнітна магнітну магнітного поля індукцію індукції індукцією 1 Тл 0.001 мТл 1Е-6 мкТл  
#S Площа витка. площа площу площею 1 м<sup>2</sup> 0.01 дм<sup>2</sup> 1Е-4 см<sup>2</sup>  
#L Індуктивність. індуктивність індуктивністю 1 Гн .001 мГн

Програма, крім двох текстових файлів: файлу даних і задач, не використовує ніяких інших даних для розв'язування задач, тобто вона містить тільки загальний алгоритм розв'язування фізичних задач. В результаті виконання програми одержується вихідний текстовий файл розв'язків.

## Таблиця 3. Файл задач

# Визначити магнітний потік котушки площею 12 см<sup>2</sup>, якщо в ній створюється магнітне поле з індукцією 150 мТл ?  
# Яку магнітну індукцію має магнітне поле, що створе в котушці площею 250 см<sup>2</sup> магнітний потік 24 мВб ?  
#Визначити індуктивність котушки площею 6 см<sup>2</sup>, що створе магнітне поле з індукцією 50 мТл коли через неї проходить струм 1.2 А ?  
#Знайдіть зміну магнітного потоку в котушці, якщо магнітний потік змінився від .25 Вб до .7 Вб ?

Проаналізуємо, наприклад, алгоритм розв'язування третьої задачі з табл.4 та визначимо її рівень і коефіцієнт складності Для її розв'язування використовуються кроки, що перелічені нижче. Якщо відповідно до табл.5 за кожен крок нульового рівня встановити 0,5, першого - 1, другого - 2, третього - 3 бали то ця задача має коефіцієнт складності 14,5 балів і другий рівень складності.

- |   |                     |
|---|---------------------|
| 1. Визначення величин за повною назвою      | $0.5 \cdot 3 = 1.5$ |
| 2. Визначення величин з невідомим значенням | $0.5 \cdot 1 = 0.5$ |
| 3. Вибір формул                             | $0.5 \cdot 2 = 1$   |
| 4. Перетворення формул                      | $1 \cdot 1 = 1$     |
| 5. Підстановка формул                       | $2 \cdot 1 = 2$     |
| 6. Перетворення величин в основні одиниці   | $1 \cdot 2 = 2$     |
| 7. Підстановка значень величин у формулу    | $0.5 \cdot 3 = 1.5$ |



- |  |                     |
|--|---------------------|
| 8. Обчислення з калькулятором                | $1 \cdot 2 = 2$     |
| 9. Визначення одиниці вимірювання результату | $0.5 \cdot 1 = 0.5$ |
| ( 10. Перетворення в зручний вигляд )        | $2 \cdot 1 = 2$     |
| ( 11. Відповідь $L = 25$ мкГн )              | $0.5 \cdot 1 = 0.5$ |

#### Таблиця 4. Файл розв'язків

# Визначити магнітний потік котушки площею  $12 \text{ см}^2$ , якщо в ній створюється магнітне поле з індукцією  $150 \text{ мТл}$  ?

Площа витка  $S = 12 \text{ см}^2 = .0012 \text{ м}^2$

Магнітна індукція  $B = 150 \text{ мТл} = .15 \text{ Тл}$

Магнітний потік  $\Phi$  - ?

Магнітний потік  $\Phi = B \cdot S$

$\Phi = (.15 \cdot .0012) = .00018 \text{ Вб}$

# Яку магнітну індукцію має магнітне поле, що створює в котушці площею  $250 \text{ см}^2$  магнітний потік  $24 \text{ мВб}$  ?

Площа витка  $S = 250 \text{ см}^2 = .025 \text{ м}^2$

Магнітний потік  $\Phi = 24 \text{ мВб} = .024 \text{ Вб}$

Магнітна індукція  $B$  - ?

Магнітний потік  $\Phi = B \cdot S$   $B = \Phi / S$

$B = (.024 / .025) = .96 \text{ Тл}$

# Визначити індуктивність котушки площею  $6 \text{ см}^2$ , що створює магнітне поле з індукцією  $50 \text{ мТл}$  коли через неї проходить струм  $1.2 \text{ А}$  ?

Площа витка  $S = 6 \text{ см}^2 = .0006 \text{ м}^2$

Магнітна індукція  $B = 50 \text{ мТл} = .05 \text{ Тл}$

Сила струму  $I = 1.2 \text{ А}$

Індуктивність  $L$  - ?

Магнітний потік  $\Phi = L \cdot I$   $L = \Phi / I$

Магнітний потік  $\Phi = B \cdot S$

$L = (B \cdot S) / I$

$L = (.05 \cdot .0006) / 1.2 = (.00003 / 1.2) = .000025 \text{ Гн}$

# Знайдіть зміну магнітного потоку в котушці, якщо магнітний потік змінився від  $.25 \text{ Вб}$  до  $.7 \text{ Вб}$  ?

Магнітний потік  $\Phi_1 = .25 \text{ Вб}$

Магнітний потік  $\Phi_2 = .7 \text{ Вб}$

Зміна магнітного потоку  $d\Phi$  - ?

Зміна магнітного потоку  $d\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$

$d\Phi = (.7 - .25) = .45 \text{ Вб}$

Робота над комп'ютерним моделюванням процесу розв'язування фізичних задач учнями дала можливість застосувати принципи та технології комп'ютерного програмування для глибокого і повного вивчення цього процесу та створити нову інформаційну технологію розв'язування фізичних задач, призначену для учнів. Цю технологію від традиційної методики розв'язування фізичних задач відрізняє системність і повнота алгоритму. Вона охоплює всі типи фізичних задач, що розв'язуються в школі. Для вивчення цієї технології

підготовлено навчальний посібник для учнів та тематичний план для вчителя.

*Таблиця 5. Алгоритм розв'язування фізичних задач*

Рівень 0	Рівень 1	Рівень 2	Рівень 3
----- I етап: Явища -----			
1.Явища за текстом			
2.Властивості тіл або явищ		3.Явище за графіком	
		4.Виконання малюнка	
			5.Явище за рівнянням
----- II етап: Величини -----			
6.Повна назва			
7.Величини за одиницями		8.Величини за текстом	
		9.Величини за малюнком	
			10.Величини за графіком
			11.Величини за рівнянням
			12.Співвідношення величин
13.Невідомі значення			
----- III етап: Формули -----			
14.Вибір формул			
15.Перетворення формул		16.Формули з індексами	
		17.Підстановка формул	
			18.Алгебраїчні дії
			19.Розв'язування рівнянь
----- IV етап: Вимірювання -----			
20.Вимірювальні засоби			
21.Непрямі вимірювання		22.Схема вимірювання	
23.Результати вимірювань		24.Формула похибок	
----- V етап: Обчислення -----			
25.Основні одиниці			
26.Фізичні константи			
27.Табличні величини		28.Дії з одиницями	
		29.Дії з векторами	
		30.Обчислення відносної похибки	
31.Підстановка значень			
32.Усні обчислення			
33.Обчислення з калькулятором		34.Обчислення у стандартному запису	
		35.Обчислення тригонометричних функцій	
36.Округлення значень		37.Обчислення абсолютної похибки	
38.Одиниця результату			
		39.Зручний вигляд	
		40.Побудова графіків	
----- VI етап: Відповідь -----			
41.Явище-результат			
42.Значення невідомих		43.Аналіз варіантів	
.....			

Навчальний посібник для учнів 7-11 класів містить опис алгоритму розв'язування фізичних задач, який можна застосовувати для розв'язування різних типів фізичних задач: якісних, на доведення, розрахункових, графічних, експериментальних – табл.6.

Цей алгоритм складається з 6 етапів та більше 40 різних за призначенням та складністю кроків, які найчастіше зустрічаються при розв'язуванні фізичних задач. Для кожного з цих кроків подано означення та приклади використання.

Використання цього алгоритму сприятиме більш глибокому розумінню явищ природи, які описуються в фізичних задачах, їх властивостей та законів, забезпечить гарантований шлях до правильного розв'язку задачі.

Робота над алгоритмом виявила нетрадиційний напрям інформаційних технологій навчання – вивчення структури навчальної інформації та алгоритмів навчальної діяльності учнів, застосовуючи принципи та закони інформатики, з метою розрахунку навчального процесу та його елементів. Ця технологія дає можливість розрахувати тексти будь-яких навчально-методичних посібників та документів з точністю до одного слова. Тобто використання комп'ютера в цій технології не є кінцевим етапом. Комп'ютер – це лише ефективний засіб для моделювання, дослідження та розрахунку навчального процесу для учнів.

Так, по-перше, алгоритм розв'язування фізичних задач може бути використаний для створення комп'ютерних програм, які складають, розв'язують задачі, визначають їх складність, підбирають задачі для розв'язування індивідуально для кожного учня.

*Таблиця 6. Типи фізичних задач*

	Якісні задачі	Задачі на доведення	Графічні задачі	Розрахункові задачі	Експериментальні задачі
I етап	Явища	+	+	+	+
II етап	Величини		+	+	+
III етап	Формули		+	+	+
IV етап	Вимірювання				+
V етап	Обчислення		+	+	+
VI етап	Відповідь	+	+	+	+

По-друге, алгоритм дає чітку відповідь на запитання – чому падає інтерес до фізики та знижується рівень знань учнів в загальноосвітніх школах – однією з причин є перевантаження надто складними задачами, у яких за складними математичними розрахунками втрачається фізичний зміст задач.

По-третє, цей алгоритм може бути частиною більш складної системи – комп'ютерної бази знань, яка з відповідним програмним забезпеченням може створювати всі друковані матеріали, необхідні вчителю для організації навчального процесу: програма, календарно-тематичний план, план-конспект уроків; дидактичні матеріали, навчальні посібники, інструкції до лабораторних робіт для учнів; тексти завдань для заліків, контрольних робіт, екзаменів для контролю знань учнів.

І нарешті, ця технологія може бути застосована до будь-якого навчального предмету, тобто вона дає можливість створити глобальну комп'ютерну базу знань для середньої школи, яка забезпечить єдині принципи та умови навчання учнів з усіх навчальних предметів.

#### Література:

1. Задорожній М.І. Новий зміст фізичної освіти // Педагогічна газета “Джерело”. – Дніпропетровськ, 1997. – №24(121) від 25 грудня. – 8 с. – с. 5.

2. Задорожній М.І. Інформаційні технології навчання в загальноосвітній школі // Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в освітній діяльності. – Кривий Ріг: Видавничий відділ КДПУ, 1999. – 249 с. – с. 158-168.

3. Задорожній М.І. Фізика. Астрономія. 7 клас. Повторення та задачі // Обласний каталог педагогічних технологій “Освітня спадщина Придніпров'я”. – Дніпропетровськ: Поліграфіст, 1998. – 54 с. – с. 28.

4. Задорожній М.І. Алгоритм розв'язування фізичних задач // Обласний каталог педагогічних технологій “Освітня спадщина Придніпров'я”. – Дніпропетровськ, 1999. – 44 с. – с. 23.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ

Н.С. Осина, Т.П. Кузьмич

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический  
университет

Мысленные рассуждения произведены бывают  
из надежных и много раз повторенных опытов.

М.В. Ломоносов

Физика – наука экспериментальная, а эксперимент всегда служит критерием истинности любой теории.

Первый шаг для установления закономерностей физических явлений состоит в наблюдении. Для выяснения закономерностей какого-либо физического явления надо уметь выделять наиболее важные его элементы и по возможности изменять условия, в которых протекает явление, то есть переходить от простого наблюдения к *эксперименту*.

Сообщаем учащимся, что *эксперимент* – это необходимая часть всего процесса научного познания, который в целом схематически можно представить состоящей из трех основных частей:

1. *Восприятия*, то есть первичного изучения исследуемого явления при помощи наблюдения.

2. *Обобщения*, то есть создания гипотезы, связывающей отдельные результаты наблюдений между собой и с ранее известными факторами и устанавливающей между ними определенные соотношения (в физике – преимущественно количественные).

3. *Проверка истинности гипотезы на практике* или опыте в реальных условиях, то есть уже с учетом всех отброшенных ранее второстепенных обстоятельств. В случае положительного ответа эта проверка возводит гипотезу в ранг теории и устанавливаемые ею соотношения – в ранг законов.

Далее подчеркиваем, что физический эксперимент играет важную роль; прежде чем использовать на практике изученные физикой явления, их следует проверить в тех контекстных усло-

виях, в которых они будут протекать, с тем, чтобы учесть возможные влияния обыкновенно многочисленных побочных факторов.

Особое внимание обращаем на то, что в большинстве случаев при физических исследованиях приходится иметь дело с тремя последовательными операциями: *установкой приборов, наблюдением и отсчетом.*

*Установка приборов* требует их правильного размещения, при котором должны быть приняты во внимание те или иные внешние и внутренние обстоятельства и условия измерения.

Второй операцией является *наблюдение*, которое по характеру своему может быть весьма разнообразным; иногда, например, нужно заметить момент исчезновения какого-нибудь физического явления – электрического тока в цепи, звукового впечатления и т.д. – или момент достижения максимальной температуры в некоторой системе. Когда это достигнуто, следует *отчет*, а из результатов отчетов определяется измеряемая величина.

Напоминаем далее: измерить физическую величину – это значит с использованием специальных технических средств (средств измерения) найти опытным путем значение физической величины, а также степень ее приближения к истинному значению, которое в принципе неизвестно. При измерении любой физической величины невозможно определить истинное значение величины каждое измерение требует оценки точности полученного результата. Из-за несовершенства измерительных приборов, которыми мы пользуемся, и несовершенства наших органов чувств все измерения можно делать только с известной степенью точности; поэтому результаты измерений дают нам не истинное значение измеряемой величины, а лишь приближенное.

Основываясь на знаниях учащихся о точности и погрешностях измерений, полученных на уроках математики, указываем, что *точность измерения* определяется той наименьшей частью единицы меры, до которой с уверенностью в правильности результата можно произвести измерения. Степень точности измерений зависит от употребляемых приборов и от общих методов измерений, и был бы совершенно напрасной тратой времени в данных условиях перейти за этот предел точности. Обыкновенно приходится довольствоваться точностью в 0,1% измеряемой ве-

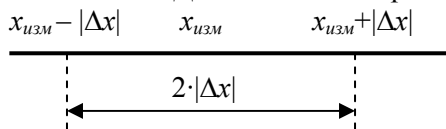
личины. В некоторых случаях можно достичь значительно большей точности, в других же случаях точность в 0,1% почти недостижима.

Отсюда следует, что прежде, чем приступить к измерениям, необходимо предварительно определить пределы точности, которые могут быть получены с данными приборами. Это достигается внимательным изучением приборов, определением точности каждого из них в отдельности и общей точности данного метода измерений.

Производя вычисления на основании результатов измерений, нет никакого смысла вести вычисления дальше того предела точности, который обеспечивается точностью непосредственно измерявшихся величин, а не показаниями вычислительного инструмента, как это зачастую имеет место в школьной практике.

Поэтому процесс любого измерения только тогда считается полностью законченным, когда указаны *абсолютная и относительная погрешности* результата измерений.

1. Модуль *абсолютной погрешности* измерения  $|\Delta x|$  позволяет указать интервал, внутри которого находится истинное значение измеряемой величины. Длина этого интервала  $2 \cdot |\Delta x|$ :



Другими словами, *абсолютная погрешность* показывает, на сколько истинное значение измеряемой величины может отличаться от результата измерения.

2. Качество измерения характеризует *относительная погрешность*

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x_{изм}},$$

которая показывает, во сколько раз модуль абсолютной погрешности  $|\Delta x|$  меньше измеряемой величины  $x_{изм}$ . Обычно относительную погрешность выражают в процентах:

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x_{изм}} \cdot 100\%.$$

3. При измерении известных величин (постоянных или табличных данных) признаком достоверности полученного результата является принадлежность известного значения интервалу  $[x_{изм} \pm |\Delta x|]$ .

Если при измерении известных величин оценка погрешностей не производилась, то в выводе следует сравнить полученное значение с табличным. В этом случае относительная погрешность находится по формуле:

$$\varepsilon = \left| \frac{x_{изм} - x_{табл}}{x_{табл}} \right| \cdot 100\%.$$

4. Дополнительно сообщаем ученикам, что по виду измерения погрешности могут быть *прямыми*, *косвенными* и *совместными*.

Измерения, в которых результат находится непосредственно в процессе считывания со шкалы прибора, называются *прямыми*.

Измерения, в которых результат определяется на основе расчетов, называются *косвенными*.

Измерения двух или нескольких неоднородных величин функциональной зависимости между ними, называются *совместными*.

5. Для учеников, посещающих факультативные занятия, специально указываем, что для повышения точности окончательного результата, всякое физическое измерение необходимо делать не один, а несколько раз при одинаковых условиях, т.к. при измерениях и отсчетах мы всегда совершаем более или менее значительные ошибки (погрешности). Эти ошибки могут происходить по трем причинам, а потому делятся на три группы: случайные, систематические и промахи.

*Систематические* погрешности обусловлены неисправностями измерительных приборов, ошибочностью самого метода измерений или какими-нибудь упущениями со стороны наблюдателя. Часто причиной систематических погрешностей является отклонение равновесного положения указателя прибора от нулевой шкалы. К систематическим можно отнести и неизбежные погрешности средств измерения. У каждого прибора эту погрешность можно найти, но на заводе-изготовителе определяют максимальную погрешность для всех приборов данного типа. Она обозначается  $\Delta x$ . Ее смысл состоит в том, что если стрелка



прибора совпадает с меткой  $x$  шкалы, то истинное значение измеряемой величины принадлежит интервалу  $[x \pm \Delta]$ .

Что же касается *случайных* ошибок, то они вызываются не точностью отсчетов, которую совершенно произвольно может внести всякий экспериментатор. Причины их кроются как в несовершенстве наших органов чувств, так и во многих других обстоятельствах, сопровождающих измерения, которые заранее нельзя учесть. Случайные ошибки подчиняются законам вероятности, а это значит, что если при каком-нибудь измерении результат получится больше истинного, то при одном из последующих измерений столь же вероятно может получиться результат меньше истинного. Совершенно очевидно в таком случае, что многократное повторение одного и того же измерения уменьшит влияние этих случайных ошибок, так как нет основания считать отклонение от истинного значения в одну сторону более вероятным, чем в другую. За результат измерения принимают среднее арифметическое результатов отдельных измерений.

Если проведено  $n$  измерений и получены числовые значения  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , то результат измерения принимается

$$x_{cp} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

При увеличении количества опытов  $n$  в серии среднее арифметическое результатов стремится к истинному значению.

Среднее арифметическое не совпадает с истинным значением измеряемой величины, чтобы найти погрешность рассчитывают *среднюю абсолютную погрешность*.

$$\begin{aligned} \Delta x_1 &= |x_1 - x_{cp}| \\ \Delta x_2 &= |x_2 - x_{cp}| \\ &\dots \\ \Delta x_n &= |x_n - x_{cp}| \\ \Delta x_{cp} &= \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_n}{n} \end{aligned}$$

Так как измерения проводят с помощью приборов имеющих погрешность, то погрешность измерения  $\Delta = \Delta_{случ} + \Delta_{приб}$ . Уменьшение случайной погрешности, с увеличением количеств измерений позволяет считать, что при достаточно большом количестве измерения погрешность стремится к погрешности прибора

$\Delta_{\text{приб}}$ . Ее смысл состоит в том, что если стрелка прибора совпадает с меткой  $x_0$  шкалы, то истинное значение измеряемой величины принадлежит интервалу  $[x_0 \pm \Delta_{\text{приб}}]$ .

*Промехи* – это погрешности, которые существенно превышают систематические, случайные погрешности. Причинами промахов обычно являются ошибки наблюдателя, неисправность средств измерения. Если условие проведения опытов позволяет, никогда не следует ограничиваться одним измерением. Промехи обычно возникает при проведении одного опыта.

Предметом особого обсуждения на занятиях является *графическое представление итогов эксперимента*.

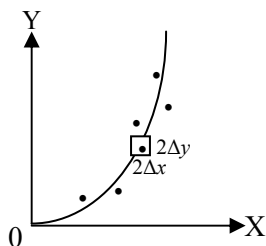
Часто итоги экспериментов представляют графики.

В результате измерений величин  $x$  и  $y$  мы не получаем точку, а область со сторонами  $2\Delta x$  и  $2\Delta y$ . Поэтому проводить линию графика надо через эти области. График проводят плавно.

В физическом эксперименте много времени у учащихся занимают вычисления искомых величин на калькуляторе, при этом они выполняют одни и те же математические операции несколько раз. Для того чтобы избежать много раз повторяющихся ошибок при вычислениях и для экономии времени учителя и учащихся на уроке, мы предлагаем использовать для обработки экспериментальных данных электронные таблицы.

Сегодня задачи, связанные с выполнением математических расчетов, являются одной из важных областей применения средств ЭВТ. Созданы специальные программные средства, обеспечивающие быстрое и надежное выполнение расчетов, например, электронные таблицы, которые могут обрабатывать огромные объемы данных за доли секунды.

Приступая к компьютерной обработке результатов эксперимента, рассказываем школьникам, что название этих программ связано с таблицей, находящейся в памяти компьютера – электронной таблицей. Так же, как и обычная таблица, она состоит из ячеек. Каждая ячейка имеет свой адрес, состоящий из номера столбца и номера строки, на пересечении которых она находится.



ся. Современные электронные таблицы позволяют работать с огромным количеством – миллионами – ячеек и обрабатывать очень большие объемы информации. Именно поэтому электронные таблицы называют еще табличными процессорами. Благодаря появлению этого вида программного обеспечения, персональные компьютеры стали более широко использоваться в различных учебных учреждениях. С помощью ЭТ можно составлять таблицы и графики лабораторных работ, исследовать режимы протекания процессов экспериментов, быстро и оптимально решать поставленные задачи и многое другое.

Каждая таблица в лабораторной работе должна иметь свое название, например, «Таблица результатов эксперимента», «Таблица вычисления погрешностей» и др. Под названием размещается сама таблица. Она должна иметь в первой строке, в каждой ячейке обозначение физической величины, а также единицы ее измерения. Для того, чтобы учащиеся знали в каком столбце таблицы находятся определенные величины (например,  $N$ ;  $l$ , м;  $t$ , с;  $g$ , м/с<sup>2</sup> и др.).

Пользуясь данной методикой можно достичь значительной экономии времени на уроке: учитель быстро и легко сможет проверить правильность результатов лабораторной работы, а ученики убеждаются в том, что электронные таблицы являются удобным средством для обработки экспериментальных данных и им, как правило, нравится такая форма подготовки отчетов.

Кроме того, такая методика способствует развитию межпредметных связей, а именно математики, информатики, физики.

#### *Дополнение. Измерение жесткости пружины*

Таблица результатов измерений и вычислений

<i>N</i>	<i>m</i> , кг	<i>mg</i> , Н	<i>x</i> , м	<i>k</i> , Н/м
1	0,1	0,98	0,025	39,20
2	0,2	1,96	0,055	35,64
3	0,1	0,98	0,025	39,20
4	0,3	2,94	0,075	42,00
5	0,2	1,96	0,05	39,20
6	0,2	1,96	0,05	39,20

### Вычисление погрешностей

$k_{cp}, \text{Н/м}$	$\Delta k, \text{Н/м}$	$(\Delta k)_{cp}, \text{Н/м}$	$\Delta k, \%$
	0,13		
	3,43		
39,07	0,13	1,14	2,9
	2,93		
	0,13		
	0,13		

**Окончательный результат:**

$$\mathbf{39,07 - 0,14 \leq k \leq 39,07 + 0,14}$$

### Литература

1. Зарецкая И.Т., Колодяжный Б.Г. Информатика. – Х.: Факт, К.: Гала, 1998.
2. Практикум по физике в средней школе / Под ред. В.А. Бурова, Ю.И. Дика. – М.: Просвещение, 1987.
3. Физический практикум для классов с углубленным изучением физики / Под ред. Ю.И. Дика, О.Ф. Кабардина. – М.: Просвещение, 1993.
4. Ван Клив Д. 200 экспериментов. – М.: Аст-пресс, 1995.

# ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ТАБЛИЦЬ НА УРОКАХ ФІЗИКИ

І.О. Теплицький

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

Сучасний стан засобів електронно-обчислювальної техніки та відповідного програмного забезпечення, а також чималий досвід психолого-педагогічних досліджень останнього десятиліття дозволяють стверджувати, що шкільна фізика належить до тих навчальних дисциплін, де використання нових інформаційних технологій є цілком виправданим і необхідним. Аналіз педагогічних програмних засобів показує, що більшість з них повністю або частково являють собою програмно реалізовані заміни реальних об'єктів (процесів, явищ), які дозволяють всебічно відобразити найбільш суттєві властивості досліджуваних явищ, тобто є комп'ютерними моделями. Спектр таких моделей простягається від найпростіших, що ґрунтуються на добре відомих закономірностях шкільного курсу фізики, і аж до складних імітаційних математичних моделей.

Систематичне використання інформаційних технологій на уроках фізики ми реалізуємо за такими напрямками:

- √ підготовка звіту про лабораторну роботу або висновків за результатами демонстраційного (рідше фронтального) експерименту на уроці;
- √ дослідження залежностей між фізичними величинами, що характеризують певні явища, на основі математичних записів відповідних законів (математичних моделей);
- √ робота зі спеціалізованими програмними засобами при вивченні або закріпленні нового матеріалу, а також при повторенні теми, розділу або усього курсу;
- √ вивчення систематичного факультативного курсу основ комп'ютерного моделювання.

У рамках даної статті ми зупинимося на перших двох пунктах.

## ***1.1. Підготовка звіту про лабораторну роботу.***

У переважній більшості розрахункових лабораторних робіт при підготовці звіту учням, насамперед, необхідно опрацювати

результати вимірювань: 1) виконати відповідні обчислення та 2) оцінити похибки. Цілком зручним та природним щодо сприйняття учнями середовищем для такої роботи є електронні таблиці.

Для прикладу розглянемо лабораторну роботу 9 класу. Відповідну таблицю подано на рис. 1.

	A	B	C	D	E
<b>1</b>	<i>Визначення прискорення вільного</i>				
<b>2</b>	<i>падіння за допомогою маятника</i>				
<b>3</b>	<i>N</i>	<i>t, c</i>	<i>l, м</i>	<i>g, м/с<sup>2</sup></i>	<i>T, c</i>
<b>4</b>	30	57	0,92	10,05	1,90
<b>5</b>	30	60	0,99	9,76	2,00
<b>6</b>	30	63	1,08	9,66	2,10
<b>7</b>	30	66	1,20	9,78	2,20
<b>8</b>	30	68	1,30	9,98	2,27
<b>9</b>	30	69	1,37	10,21	2,30
<b>10</b>					
<b>11</b>	<i>Обчислення похибок</i>				
<b>12</b>	<i>g<sub>ср</sub></i>	<i>Δg,</i>	<i>Δg<sub>ср</sub></i>	<i>δg</i>	
<b>13</b>	<i>м/с<sup>2</sup></i>	<i>м/с<sup>2</sup></i>	<i>м/с<sup>2</sup></i>	<i>%</i>	
<b>14</b>		0,14			
<b>15</b>		0,15			
<b>16</b>	9,91	0,25	0,15	1,5	
<b>17</b>		0,13			
<b>18</b>		0,07			
<b>19</b>	<i>Остаточнo:</i>				
<b>20</b>	<i>9,76 ≤ g ≤ 10,05 (м/с<sup>2</sup>)</i>				

Рис. 1. Таблична частина звіту.

### *Коментарі.*

1. Числові значення величин у стовпчиках C, D і E округлюємо до двох десяткових знаків згідно з ціною поділки мірної стрічки (0,01 м).

2. У комірці A4–A9, B4–B9 та C4–C9 приміщуються результати вимірювань, одержані учнями при виконанні лабораторної роботи.

3. Вміст решти комірок подано нижче:

<i>комірка</i>	<i>формула</i>
D4	$= (2 * 3,14 * A7 / B7)^2 * C7$
E4	$= B7 / A7$
A16	$= СРЗНАЧ(D7:D12)$
B14	$= ABS(\$A\$19 - D7)$
C16	$= СРЗНАЧ(B17:B22)$
D16	$= C19 / A19 * 100$

4. Формули у комітках D4, E4 та B14 підлягають копіюванню у стовпчик.

5. Обчислення періоду  $T$  коливань у кожному досліді не є обов'язковим, але його наявність дозволяє одержати графік залежності періоду від довжини підвісу  $l$ , що може стати приводом для додаткового обговорення.

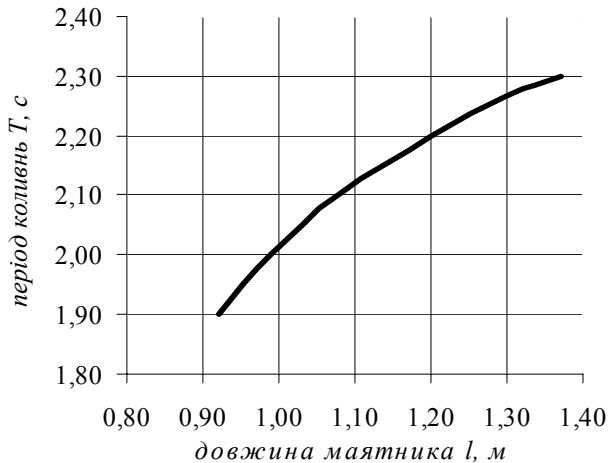


Рис. 2. Графік залежності періоду коливань від довжини підвісу.

5. На увагу заслуговує виведення кінцевого результату (комітки A20–E20):

<i>комірка</i>	<i>вміст</i>
A19	Остаточнo, (текст)
B20	A16–C16 (формула)
C20	$\leq g \leq$ (текст)
D20	A16+C16 (формула)
E20	$m/c^2$ (текст)

Таке виведення забезпечує автоматичну корекцію кінцевого

результату при будь-якій зміні вхідних даних.

### 1.2. Опрацювання результатів демонстраційного експерименту.

З цією метою заздалегідь готується електронна таблиця, в якій заповнюються текстами й формулами всі комірки за винятком тих, куди повинні потрапити результати вимірювань при виконанні дослідів під час демонстрації. Приклад такої таблиці наведено на рис. 5.

	A	B	C	D
1.	<b>Закон Бойля-Маріотта</b>			
2.	№	Об'єм $V$ ,	Тиск $p$ ,	$p \times V$ ,
3.	дослідів	умовн. од.	ат	умовн. од.
4.	1	10	1,00	10,00
5.	2	9	1,10	9,90
6.	3	8	1,20	9,60
7.	4	7	1,40	9,80
8.	5	6	1,65	9,90
9.	6	5	1,95	9,75
10.				
11.	<i>Оцінка похибок</i>			
12.	$(p \times V)_{cp}$	$\Delta(p \times V)$	$\Delta(p \times V)_{cp}$	$\delta(p \times V)$
13.		0,18		
14.		0,08		
15.	9,83	0,23	0,11	1%
16.		0,03		
17.		0,07		
18.		0,07		
19.	<b>Остаточна:</b>			
20.	$(p \times V) =$	<b>9,83</b>	$\pm$	<b>0,11</b>

Рис. 5. Таблиця результатів вимірювань і обчислень при вивченні закону Бойля-Маріотта.

#### Коментарі.

1. При демонстраційному експерименті було використано стандартне обладнання: металевий циліндр із гофрованими стінками та демонстраційний манометр.

2. Комірки В4–В9 та С4–С9 заповнюються даними під час виконання дослідів.



3. Вміст решти комірок:

комірка	формула
D4	=C4*B4
A15	=CPЗНАЧ(D4:D9)
B13	=ABS(\$A\$15-D4)
C15	=CPЗНАЧ(B14:B18)
D15	=C15/A15 (з опцією %)

4. Формули з комірок D4 та B13 копіювати у решту комірок стовпчиків D і B відповідно.

За даними комірок B4–B9 та C4–C9 будується графік залежності тиску від об'єму при сталій температурі (мал. 6).

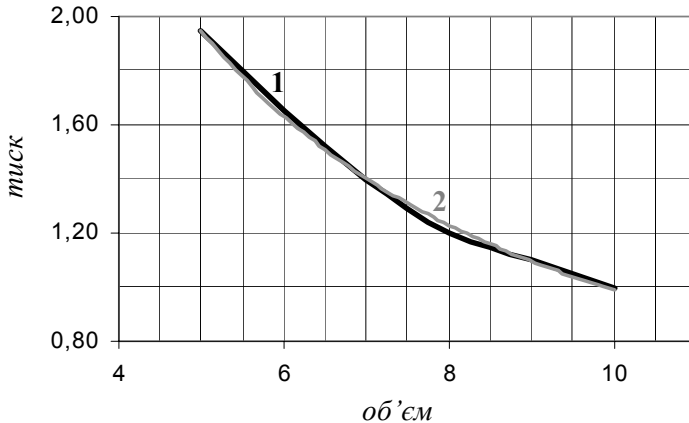


Рис. 6. Залежність тиску від об'єму при сталій температурі. 1 – за даними дослідів; 2 – апроксимація степеневою функцією.

## **2. Дослідження залежностей між фізичними величинами на основі математичних записів відповідних законів.**

Одним із зручних способів дослідження функціональних залежностей між змінними є подання цієї залежності у графічному вигляді. Електронні таблиці дозволяють легко будувати такі графіки (при необхідності можна одночасно побудувати декілька графіків функцій від одного аргументу). Зрозуміло, що коли залежність має простий вигляд, такої потреби може й не бути, але у шкільному курсі фізики подекуди трапляються і досить складні функції, що призводить до появи проблем, пов'язаних зі спробою докладного аналітичного дослідження їх поведінки. При-

кладом може бути залежність амплітуди сили струму  $I_0$  від частоти вимушених коливань  $\nu$  в колі змінного струму з активним, індуктивним та ємнісним опорами:

$$I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(2\pi\nu L - \frac{1}{2\pi\nu C}\right)^2}}$$

Оскільки на момент вивчення кіл змінного струму учні ще не здатні виконати повне аналітичне дослідження функції  $I_0=I_0(\nu)$ , яке до того ж потребує чимало часу, то ми пропонуємо виконати таку роботу в електронних таблицях (мал. 3) із наступною графічною інтерпретацією.

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
<b>1</b>	<b>Електричний резонанс</b>						
<b>2</b>	$\nu$ ,	$X_L$ ,	$X_C$ ,	$Z$ ,	$I_0=U_0/Z$ ,		
<b>3</b>	$\Gamma\zeta$	$\text{Ом}$	$\text{Ом}$	$\text{Ом}$	$\text{мА}$	Дано:	
<b>4</b>	25	118	455	337	44	$U, B =$	15
<b>5</b>	30	141	379	238	63	$R, \text{Ом} =$	10
<b>6</b>	35	165	325	160	93	$L, \Gamma\text{H} =$	0,75
<b>7</b>	40	188	284	96	155	$C, \Phi =$	1,40E-05
<b>8</b>	45	212	253	42	357	$\nu, \Gamma\zeta =$	25
<b>9</b>	50	236	227	13	1170	$\Delta\nu, \Gamma\zeta =$	5
<b>10</b>	55	259	207	53	282		
<b>11</b>	60	283	190	94	160		
<b>12</b>	65	306	175	132	114		
<b>13</b>	70	330	162	168	90		
<b>14</b>	75	353	152	202	74		
<b>15</b>	80	377	142	235	64		
<b>16</b>	85	400	134	267	56		
<b>17</b>	90	424	126	298	50		
<b>18</b>	95	447	120	328	46		
<b>19</b>	100	471	114	357	42		
<b>20</b>	105	495	108	386	39		
<b>21</b>	110	518	103	415	36		
<b>22</b>	115	542	99	443	34		
<b>23</b>	120	565	95	471	32		

Рис. 3. Таблиця даних для дослідження кола змінного струму та подальшої побудови резонансної кривої.

Коментарі.

1. Вміст комірок

комірки	формули / числа
A4	=G\$8
A5	=A4+G\$9
B4	=2*3,14*A4*G\$6
C4	=1/(2*3,14*A4*G\$7)
D4	=КОРЕНЬ(G\$5^2+(B4-C4)^2)
E4	=G\$4/D4*1000

2. Формули з комірок A5, B4, C4, D4, E4 копіювати до кінця стовпчика.

3. Для одночасної побудови всіх чотирьох графіків  $X_L=X_L(\nu)$ ,  $X_C=X_C(\nu)$ ,  $Z=Z(\nu)$  та  $I_0=I_0(\nu)$ , виділити всі заповнені комірки у стовпчиках A, B, C, D, E. Якщо потрібна змістовна легенда, виділення слід починати з рядка 1, інакше – із рядка 4.

4. Шуканий графік наведено на рис. 4.

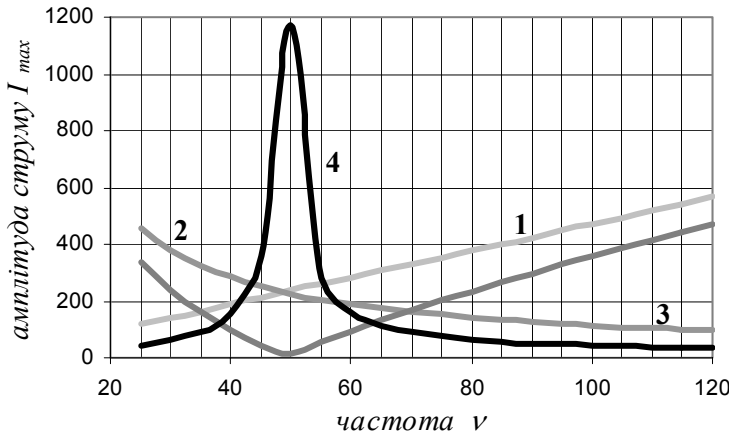


Рис. 4. Побудова резонансної кривої:

- 1)  $X_L=2\pi\nu L$ ; 2)  $X_C=1/(2\pi\nu C)$ ; 3)  $Z=(R^2+(X_L - X_C)^2)^{1/2}$ ; 4)  $I_0=U_0/Z$ .

З рис. 4 добре видно, що при  $\nu=50$  Гц

- а)  $X_L=X_C$ ; б)  $Z=Z_{min}$ ; в)  $I=I_{max}$ .

Зрозуміло, що попередній теоретичний аналіз цих висновків є необхідним, проте можливість графічного зображення суттєво сприяє більш глибокому їх розумінню.

Отже, використання такого стандартного середовища, яким є

електронні таблиці, відкриває при вивченні фізики додаткові можливості візуального й чисельного аналізу процесів, що досліджуються або вивчаються. Впровадження НІТН забезпечує підсилення дидактичного принципу наочності у сучасному його розумінні як єдності предметно-образної й абстрактної дії.

#### Література:

1. Бугаєнко Г.О., Триус Ю.В., Яриніч Ю.О. Лінійні динамічні системи і їх комп'ютерне моделювання / У зб. наук. праць: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання./Редкол. – К.: «Комп'ютер у школі та сім'ї». – 1998.- С. 62–70.
2. Верлань А.Ф., Апатова Н.В. Інформатика: Підручник для уч. 10–11 кл. серед. загальноосв. шк. – К.: Квazar-Мікро, 1998. – 197 с.
3. Жалдак М.І. Яким бути шкільному курсу «Основи інформатики» // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 1998.– № 1.
4. Разумовский В.Г. Преподавание физики в условиях гуманизации образования // Педагогика. – 1998. – № 6. – С. 102–111.
5. Разумовский В.Г. ЭВМ и школа: Научно-педагогическое обеспечение // Сов. педагогика. – 1985. – № 9. – С. 12–16.
6. Теплицький І.О. Використання електронних таблиць у комп'ютерному моделюванні // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 1999. – № 2. С.27–32.
7. Теплицький І.О. Фізичні моделі в курсі «Основи комп'ютерного моделювання» // Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в освітній діяльності: Збірник наукових праць. – Кривий Ріг: Видавничий відділ КДПУ, 1999. – С. 46–54.

## НОВІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ПРИРОДНИЧИХ ФАКУЛЬТЕТАХ

Н.В. Грищенко

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

Мине п'ять років і вчорашні випускники шкіл, що вступили до педагогічного університету, повернуться у школи, ліцеї та гімназії у новій ролі – ролі вчителя. Чим зустрине їх школа? За час, який вони проведуть у стінах університету, нові інформаційні технології навчання (НІТН) зроблять великий крок вперед, надійно вбудуються в існуючі дидактичні системи різних навчальних предметів. Складно буде навіть уявити, що колись використання комп'ютерів і НІТН на уроках з будь-якого, окрім інформатики, предмету вважалось чимось надзвичайним, особливим. Комп'ютер стане повсякденним помічником кожного вчителя в різних видах його професійної діяльності. Тому ми вважаємо, що студенти всіх спеціальностей педагогічного університету повинні оволодіти знаннями, вміннями і навичками, необхідними для раціонального використання сучасних інформаційних технологій.

Не менш важливим, на наш погляд, є формування основ інформаційної культури. Академік АПН України М.І. Жалдак з цього приводу пише: “Майбутній розвиток інфоноосфери, усіх її складових, узгодження процесів, що в ній відбуваються, з гуманістичними ідеалами всебічного розвитку особистості значною мірою залежать від рівня і розвитку інформаційної культури як суспільства в цілому, так і кожної людини зокрема.” [1]

Враховуючи все вищезгадане, здається очевидною необхідність вивчення студентами курсу “Основи інформатики” з “користувацьким ухилом”. Здається, в наш час розроблено достатню кількість програмного забезпечення, яке в змозі задовольнити будь-який, найвибагливіший смак. Треба тільки оволодіти навичками роботи з комп'ютером, знайти потрібний комплекс програм і навчитись його використовувати і все. Але, по-перше, необхідно витратити чимало часу на вивчення можливостей та систему роботи конкретного пакета програм, по-друге, нема га-

рантії, що знайдеться програмне забезпечення, що відповідатиме всім нашим вимогам, по-третє, в наш час не останнім є фінансове питання придбання ліцензованого програмного забезпечення, яке в основному не під силу учбовим та науковим закладам, а тим більш окремим науковцям. Крім цього, не треба забувати, що використовуючи створені кимсь чи то навчаючі програми, чи то програми для наукових досліджень, ми значно обмежуємо простір для вільної творчості.

Звичайно, складанням програм займаються спеціально підготовані програмісти, але для того, щоб коректно поставити задачу, науковцям необхідно мати уявлення про можливості комп'ютерів, складання програм, типи даних, тощо. З іншого боку, для того, щоб скласти якісну програму прикладного характеру, програмісту необхідно дуже глибоко розбиратися в тій області науки, до якої належить поставлена задача, що забирає дуже багато часу, а інколи просто не є можливим.

Отже, оскільки для побудови моделі необхідно не тільки добре володіння математичним апаратом, а й глибоке розуміння процесів, які моделюються, виникає потреба в спеціалістах, що вміють працювати на стику декількох наук.

Розповсюдженням розв'язанням цієї проблеми є розширення кола знань майбутніх спеціалістів з моделювання, студентів спеціальностей “Математика” та “Прикладна математика” [2]. Але такий підхід ставить науковців інших спеціальностей в цілковиту залежність від математика та програміста. Враховуючи все вищесказане, здається доцільним навчання майбутніх спеціалістів різних галузей науки комп'ютерному моделюванню, а також основам програмування хоча б однією з сучасних мов програмування.

Нами було розроблено курс “Основи комп'ютерного моделювання” для студентів молодших курсів природничих факультетів.

В першому блоці студенти знайомляться з апаратним та програмним забезпеченням персональних комп'ютерів: вивчають основні компоненти апаратної частини ЕОМ, програмне забезпечення комп'ютерів, включаючи операційні системи та програмні оболонки операційної системи.

Другий блок передбачає вивчення елементів програмування

однією з мов програмування високого рівня Borland C++ 3.1, що включає:

- основи мови (робота в інтегрованому середовищі, побудова програм, константи та змінні, типи даних, вирази та стандартні функції, оператори, подання результатів);
- управляючі структури (умовний оператор та оператор варіанта);
- цикли (універсальні цикли, цикли з передумовою, цикли з післяумовою);
- функції та вказівники;
- масиви (включаючи питання обробки масивів, як то: пошук максимального/мінімального елемента, сортування масиву, пошук елемента в упорядкованому масиві методом дихотомії, елементи теорії матриць: складання та множення матриць, тощо);
- графічні можливості мови (бібліотека graphics.h).

Після вивчення теоретичного матеріалу чергової теми студенти колективно і самостійно розв'язують велику кількість задач на закріплення. Специфіка роботи на нематематичних спеціальностях полягає в досить невисокому рівні математичних знань студентів. Це вимагає ретельного підбору завдань, які б давали можливість сконцентрувати увагу на методах програмування, використовуючи знання з спеціальності, а не заглиблюватись в абстрактні питання математики, які викликають значний опір студентів.

В третьому блоці вивчаються основи математичного моделювання. Студенти вчаться створювати математичні моделі природничих процесів, вивчають метод Монте-Карло та його застосування до моделювання побудови сополімерів, динаміку популяцій (модель Мальтуса, модель Ферхюльста-Перла, взаємодія між видами), клітинні автомати та модель епідемії. Лабораторні роботи цього блоку передбачають створення математичної моделі процесу, втілення одержаної моделі в програму та вивчення поведінки модельованого об'єкта в різних умовах.

Останній блок курсу містить в собі елементи статистичної обробки даних, такі як лінійна регресія, кореляція, розподілення результатів вимірювань, апроксимація функцій, значимість, перевірка статистичних гіпотез. Для закріплення цього теоретично-

го матеріалу студентам пропонується серія завдань з обробки даних, як штучно створених, так і одержаних з експериментів на комп'ютері, які проводились студентами на протязі попереднього блоку.

Цей курс протягом декількох років був апробований в Криворізькому державному педагогічному університеті. Досвід викладання узагальнений в навчальному посібнику [3]. Кожний розділ посібника є логічно завершеним; наприкінці більшості глав наведені задачі, які студент може самостійно розв'язати, користуючись численними прикладами програм у тексті посібника. Курс, викладений у посібнику, має на меті підготувати майбутніх науковців до праці в сучасних умовах, незалежно від наявного прикладного програмного забезпечення, навчити їх загальним підходам до розв'язання задач обробки даних чисельних та натурних експериментів з подальшою їх інтерпретацією у вигляді таблиць, графіків, діаграм та структурно-логічних схем.

Апробація посібника у навчальному процесі показала високу ефективність його застосування у навчальному процесі та перспективи подальшого розвитку курсу, що викладається за ним.

### **Література:**

1. Жалдак М.І. Яким бути шкільному курсу інформатики // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 1998. – №1. – С. 3-8.
2. Нахушева З.А., Хаширова Т.Ю. Математическое моделирование естественнонаучных процессов и объектно-ориентированное программирование в курсе высшей школы / Международная научно-практическая конференция Elbrus'97. Новые информационные технологии и их региональное развитие: Тезисы докладов. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т., 1998. – 266 с.
3. Грищенко Н.В. Эксперимент на компьютере (основы математического моделирования с элементами программирования и статистической обработки данных). Изд. 2-е, дополненное и переработанное. – Кривой Рог: Издательский отдел КГПУ, 2000. (в печати)



## **РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

С.В. Рева

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Все науки можно разделить на точные и описательные. К точным сейчас относят математику и науки физического цикла. Все остальные (в большей или меньшей степени) относят к описательным. Т.е. они представляют собой перечень фактов об изучаемых ими объектах, явлениях и процессах, иногда не связанных между собой, иногда связанных некоторыми качественными соотношениями, изредка количественными, найденными, как правило, эмпирическим путем.

Все науки прошли описательный период, включая математику, механика стала точной наукой примерно 300 лет назад, а большинство разделов физики только в XIX веке.

За тысячи лет своего существования человечество создало специфическую культуру – математику, язык абстракций, дающий возможность унифицировать описание разнообразных по своей природе объектов, явлений и процессов. Поэтому и уровень развития научных дисциплин характеризуется, в частности, способностью дисциплины поставить себе на службу математические методы и современные информационные технологии их применения.

Развитие информационных технологий ускорило процесс становления наук, процесс перехода из разряда описательных в точные. Чтобы выяснить роль и место информационных технологий в этом процессе, необходимо рассмотреть становление и историческое развитие наук.

Развитие любой науки происходит по ряду параллельных русел, которые, раз начавшись, никогда не кончаются. Первый этап развития науки начинается с целеустремленного накопления фактов и информации об объектах, которые она изучает. Затем следует этап переработки информации, представление ее в такой форме, которая уже может быть усвоена человеком. Этот процесс заключается в упорядочивании, классификации объек-

тов. Вначале объекты классифицируются человеком субъективно – также как классифицируют объекты животные. Затем следует научная классификация, которая отличается стремлением облегчить анализ изучаемых объектов (необходимо помнить, что научная классификация тоже может иметь элементы субъективизма). Необходимым элементом этапа переработки информации является установление связей и соотношений между объектами как качественных, так и количественных. Эти связи обнаруживаются в результате постоянного анализа накапливаемой и упорядочиваемой информации. Общность связей устанавливается эмпирически, а не доказывается.

Перечисленные этапы характеризуют «описательный» период развития любой науки. Он может длиться тысячелетиями, пока количество накопленных знаний о связях и соотношениях между объектами не позволит выделить определяющие, из которых другие могут быть выведены уже дедуктивно. Это этап установления величин и соотношений, этап выделения существенных свойств исследуемых явлений и объектов.

Точный период начинается с попыток построения математических моделей процессов и явлений, изучаемых данной наукой.

Заключительный этап – использование полученных знаний на практике.

Попробуем проанализировать, где информационные технологии дают существенный эффект. Рассмотрим несколько примеров.

В современном виде классификация в ботанике или зоологии субъективна. Во-первых, нет четкого определения, что такое вид, род, семейство, отряд и т.д. Во-вторых, разделение группы производится по небольшому числу признаков, потому что даже если взять 10 признаков и при этом каждый будет принимать только два значения, то это составит  $2^{10}=1024$  классификационные группы. При 20 признаках это уже составит больше миллиона. Реально биологические объекты обладают многими тысячами признаков (так, например, у человека их около 100000), каждый из которых может иметь несколько значений (иногда до 15 и больше). С таким объемом информации, не имея мощной системы ее обработки, невозможно справиться. Следовательно, классификация становится субъективной и зависит от исследователя,

выбравшего те или иные признаки. Для объективной классификации необходимо, чтобы число возможных классификационных групп значительно превышало число классифицируемых объектов. При таком подходе классификация не только облегчит анализ накопленной информации, но и позволит выделить генетические связи между изучаемыми объектами.

В клетке  $2n$  хромосом. Во время мейоза образуются гаметы с набором  $n$  хромосом. Число подмножеств этих гамет равно  $2^n$ . Для человека оно составит  $2^{23} > 8 \cdot 10^6$ . Число возможных генотипов образованных этими гаметами от двух родителей превысит  $6,4 \cdot 10^{13}$ . Современная численность людей Земли приблизительно равна  $6 \cdot 10^9$ , следовательно, генофонд от одной пары позволяет заселить больше чем 10000 планет земного типа людьми, в чем-то отличающимися один от другого. Необходимо помнить, что при этом мы не учитывали генный набор с его множественным аллелизмом, а также явление кроссинговера. Так если хромосома содержит  $k$  генов, то число кроссинговеров равно  $2^k$ . Для многих организмов  $k=1000$  (у человека 4000), следовательно,  $2^{1000}$  приблизительно равно  $10^{300}$ . Это число необходимо умножить еще на  $8 \cdot 10^6$  способов расхождения хромосом к полюсам. А число возможных геномов только при перестановке генов без их изменения в этой хромосоме составит 1000!

Расчеты показывают, что только число простых белков – пептидов, длина которых колеблется от 100 до 300 аминокислотных остатков (всего различных аминокислот – 20), может быть не меньше чем  $20^{100}$ , т.е. приблизительно  $10^{130}$ . У всех же видов существ, когда-либо живших на планете, их примерно  $10^{13}$ . Природа, таким образом, реализовала только ничтожную часть своих возможностей. Для сравнения: диаметр нашей Галактики 100 тыс. световых лет ( $10^{23}$  см). Объем такого шара равен  $0,5 \cdot 10^{69}$  см<sup>3</sup>. Если его плотно упаковать атомами водорода (объемом  $10^{-24}$  см<sup>3</sup>), то это составит:  $0,5 \cdot 10^{69} : 10^{-24} = 0,5 \cdot 10^{93}$  атомов. При этом мы не учитывали разнообразие молекул ДНК, РНК и других природных полимеров.

Как видно даже по таким простым приведенным примерам, только развитие средств обработки информации позволяет решить многие вопросы современной биологии.

При установлении связей и соотношений применение ин-

формационных технологий на сегодняшний день можно считать уже традиционным. При этом применяют статистический анализ, комбинаторный, логический – все это позволяет выявить соотношения между объектами, явлениями и процессами.

Развитие естественных наук благодаря развитию информационных технологий вплотную подошло к переходу из описательных к точным. Это можно наблюдать на примере попыток моделирования многих биологических явлений. К сожалению, проблема моделирования на современном этапе заключается не в решении модельных уравнений, а в их составлении, так как на сегодняшний день невозможно алгоритмизировать этап установления величин и соотношений. Тем не менее, именно развитие информационных технологий помогает в развитии этого русла науки, а появляющиеся все более мощные средства обработки данных позволяют надеяться на решение и этих вопросов.

Современный этап развития вычислительной техники открыл для способов обработки информации новое поле деятельности, сделал их более совершенными и эффективными, поэтому возможности использования математических методов в естественных науках качественно расширились. Благодаря этому биологические дисциплины перешли от младенчества к зрелости, если считать возможность применение математики и информационных технологий мерилom уровня развития. Необходимо только помнить, что информационные технологии не самоцель. Как бы ни была совершенна вычислительная техника, она лишь выполняет функцию обработки информации, которую в нее закладывает. Только человек в состоянии создавать теории и гипотезы. Но даже полученные верные факты можно интерпретировать неверно. Факты не стареют, стареет их понимание. Новый факт в состоянии сокрушить старую теорию только тогда, когда он выступает от имени новой, более совершенной теории. Можно вспомнить слова Томаса Генри Гексли, сказанные им по поводу математики, но не утратившие значение и в отношении современных информационных технологий: «Математика подобна жернову, перемалывает то, что под нее засыпают, и, как засыпав лебеду, вы не получите пшеничной муки, так, исписав целые страницы формулами, вы не получите истины из ложных посылок».

## ЕФЕКТИВНІСТЬ РІЗНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕТОДІВ СУЧАСНОГО НАВЧАННЯ

С.В. Рева, Ю.П. Рева

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Сучасні системи освіти знаходяться на межі значних змін, пов'язаних з повсякденним впровадженням комп'ютерів в навчальні заклади всіх рівнів і типів і створення зовсім нових систем навчання. Передбачають, що навчальні заклади стануть іншими, а роль викладача в процесі навчання зміниться. Ці зміни не обов'язково повинні бути найефективніші, так як будь-яка технологія має і позитивні і негативні сторони. В зв'язку з цим задачами тих, хто визначає політику в області освіти, є забезпечення найбільш результативного впливу нових технологій на розвиток.

Зараз існує думка про те, що сучасні системи освіти переживають складний період: рівень навчання в загальноосвітніх школах та вищих учбових закладах недостатній, не всі викладачі мають дійсно високий професійний рівень, серйозні зауваження відносяться і до навчальних програм та посібників. Освіті необхідні нові підходи, нові технології навчання.

Прагнення навчальних закладів до використання комп'ютерів в навчанні продиктовано як педагогічними, так і технологічними причинами. Перші обумовлені спробою забезпечити активний характер навчання, коли 2-3 учні працюють в тісному співробітництві з викладачем. Таке навчання дійсно надзвичайно інтенсивне і продуктивне, але по мірі збільшення контингенту учнів реалізація такого підходу зазнає все більших труднощів. В цих умовах відсутність необхідної кількості викладачів може бути компенсоване комп'ютерними програмами, які стимулюють активність учня. Критичним фактором підвищення ефективності будь-якого процесу навчання є його індивідуалізація, забезпечити яку з великою кількістю учнів практично неможливо. Комп'ютери ж надають учням величезні можливості для незалежного і індивідуалізованого навчання.

Технологічні стимули – це зниження вартості комп'ютерних

засобів, їх портативність, зручність в користуванні, збільшення кількості і підвищення якості програм і вдосконалення технічних засобів. Передбачають, що в майбутньому потужність персональних ЕОМ буде збільшуватись, а їх вартість буде значно зменшуватись. Але і до сьогоднішнього дня питання про підвищення якості навчання і його ефективності в результаті використання ЕОМ не розв'язане.

Типи використання ЕОМ зараз надзвичайно різноманітні, і багато користувачів намагаються визначити, який з них кращий. Різні типи використання ЕОМ з учбовою метою отримали назву комп'ютерних методів навчання, які можна розділити на такі основні групи:

- I – навчання за допомогою ЕОМ;
- II – навчання підсилене ЕОМ;
- III – навчання ОТ, програмуванню і комп'ютерній грамотності;
- IV – навчання під управлінням ЕОМ.

В свою чергу, навчання з допомогою ЕОМ має на увазі використання з навчальною метою прикладних програм загального призначення. В своєму дослідженні ми спробували показати ефективність різних комп'ютерних методів навчання шляхом визначення ефективності основних прикладних програм.

Тренувально-закріплюючі програми. Детальні і багатопланові дослідження свідчать про те, що тренувальні вправи дають найбільш відчутні результати в умовах нетривалих за часом занять при розв'язанні нескладних когнітивних задач. (Саме на цьому рівні освіти вони і отримали найбільш широке розповсюдження.) Вони найбільш ефективні при вивченні точних дисциплін і при закріпленні вже вивченого учбового матеріалу. Ми вважаємо, що ці програми найлегше інтегруються в учбовий процес і мають сумісність з будь-якою стратегією комп'ютерного навчання. Крім того, популярність цих програм пояснюється також порівняно простою їх розробкою та широким розповсюдженням на ринку навчальних програм.

Огляд літератури свідчить також про те, що тренувальні програми найкраще використовувати для запам'ятовування фактів, а не понять, крім того, вони сприяють більшій концентрації уваги учнів при роботі з ЕОМ, порівняно з підручником чи

карткою. Критикують тренувальні вправи найчастіше за те, що вони часто бувають нудними і одноманітними, мають занадто обмежену методичну цінність, не враховують здібності та особливості сприйняття учнів.

Моделювання. Оцінювання ефективності моделюючих програм з точки зору порівняння їх з традиційним навчанням вважається неправомірним, так як вони надають учням унікальні можливості для проведення досліджень, імітації найрізноманітніших процесів. Перевага моделювання полягає в тому, що учні навчаються в результаті самостійної діяльності в умовах, наближених до реальних. Вони отримують можливість робити помилки і вчитися на них, що значно підвищує мотивацію, стимулює розумову діяльність, сприяє розвитку логічного мислення. Найбільш ефективним моделювання являється при вивченні тих навчальних дисциплін, які сприяють кращому засвоєнню скоріше загальних понять, чим фактів. Але ця ефективність досягається лише в тому випадку, коли учні, починаючи працювати над програмою, вже засвоїли основні принципи, які визначають сутність процесів та явищ, що вивчаються, а це дозволяє упорядковувати їх діяльність. Серед недоліків цього методу – складність врахування всіх складових явища, яке моделюється. Імітація ситуації не може повністю відповідати реальній дійсності. Багато викладачів відмічають, що визначити, що ж учень засвоїв в процесі роботи над програмою, буває важко.

Навчальні ігри. Вони багато в чому схожі з імітаційним моделюванням і відрізняються від нього внесенням в учбову роботу елементів змагання. Навчальні ігри надзвичайно підвищують мотивацію процесу навчання, активність учнів. Але ігри ефективні тоді, коли вони відповідають задачам навчання: містять елементи тренування, стимулюють розумові процеси (аналіз відношень, синтез вже вивченого і використання набутих знань в новій ситуації). Вважається, що ігри сприяють довготерміновому запам'ятовуванню учбового матеріалу.

Ігрові програми включають також і необхідні елементи розв'язання задач: визначення мети, відбір потрібних правил, їх перегрупування для одержання нового правила, його тестування і т.д. Але розв'язання задач важливе не само по собі, а лише в

додатку до конкретної учбової дисципліни. Вміння розв'язувати задачі з однієї дисципліни не переносяться на інші, тому багато контекстно-вільних програм важко інтегруються в учбовий процес.

Комп'ютерні системи штучного інтелекту. Вони також використовуються з метою розвитку навичок розв'язання задач в будь-якій предметній області, яка може бути класифікована. Відомо, що використання інтелектуальних систем не приносить значних результатів, так як, крім структурних проблем, людина розв'язує задачі, що не підлягають структуруванню, чого не може виконувати машина, тобто розв'язання задач людиною не зводиться тільки до використання правила "якщо ..., то ...". Тому ефективним є робота з такими системами при вивченні навчальних дисциплін з визначеною структурою.

Електронні таблиці. Можуть бути використаними на всіх рівнях навчання і в різних предметних областях. Їх застосування при вивченні майже всіх предметів і особливо там, де вимагається встановлення взаємозв'язків і взаємозалежностей, елементів ілюстрації та демонстрації.

Програмування і використання роботів. Цей метод зараз вважається надзвичайно перспективним, але його розвиток та впровадження стримується недостатнім апаратним забезпеченням. Зараз випускаються комплекти для того, щоб зібрати роботів, але щоб забезпечити їх роботу, необхідні знання програмування, електроніки, кібернетики, теорії управління і обчислень.

Бази даних та файлові системи. Оцінка ефективності цього комп'ютерного методу не може бути традиційною, оскільки він дозволяє розв'язувати задачі процесу навчання, які характерні сучасному етапу розвитку суспільства. Створюючи бази даних, учні отримують уяву про те, яку структуру має інформація, як вона зберігається і яким чином здійснюється її пошук. Вони набувають навички наукової роботи, вчать збирати, класифікувати, узагальнювати, аналізувати інформацію, робити відповідні висновки і розуміти зростаючу роль інформації в суспільному розвитку.

І, нарешті, використання в учбових цілях різного роду допоміжних прикладних програм (графічні пакети для відтворення



та інтерпретації даних, генератори тестів, робочих таблиць, кросвордів, шарад і т.д.) підвищують мотивацію навчання і дозволяють економити учбовий час.

Говорячи про ефективність різних комп'ютерних методів сучасного навчання, необхідно пам'ятати, що вони дозволяють не тільки підвищити якість процесу навчання, але і забезпечити в учнів формування комп'ютерних навичок, підвищення їх комп'ютерної грамотності, що саме по собі є однією з найактуальніших задач сучасної освіти.

## ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АКТИВІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ НАРИСНІЙ ГЕОМЕТРІЇ

Л.В. Легка

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

Сучасний етап розвитку суспільства не мислиться без використання комп'ютерної техніки і розмаїття програмного забезпечення. Технології, де основним компонентом є комп'ютер, вже давно надійно працюють майже у всіх сферах людської діяльності, у тому числі й у навчальному процесі.

Реалізація безмежних можливостей персональних комп'ютерів у педагогічній практиці дозволяє успішно й продуктивно використовувати їх для передавання візуальної навчальної інформації. Застосування комп'ютерної графіки надає можливості для розвитку дуже важливої людської якості – просторової уяви. Це яскраво і повністю проявляється при вивченні нарисної геометрії та креслення. Не секрет, що ці дисципліни чимало студентів розглядають як нецікаві, і однією з причин тут може бути їх недостатній рівень геометричної підготовки у середній школі. Педагогічна практика доводить, що комп'ютерна графічна технологія здатна перетворити вивчення “сухого й абстрактного” навчального предмету, як дехто вважає, на цікавий і захоплюючий процес отримання знань про передавання інформації та способи зображення оточуючих предметів на кресленні або епюрі.

Враховуючи важливість і актуальність впровадження в життя означеної проблеми, ми працюємо над створенням комп'ютерної навчаючої програми “Нарисна геометрія”. Кінцевий результат нашої роботи ми бачимо у розробці навчаючої програми, яка б створила передумови для успішного викладання курсів нарисної геометрії у вищих навчальних закладах, деяких тем з технічного креслення в ПТУ, а також факультативного курсу “Креслення з елементами нарисної геометрії” в середній загальноосвітній школі.

Комп'ютерна навчаюча програма “Нарисна геометрія” має на меті демонстрацію положення точок, прямих, площин, геометричних фігур у просторі та відносно один одного не лише в

статичі, а й у динаміці утворення.

Комп'ютерна навчаюча програма “Нарисна геометрія” має звичний, простий і зручний інтерфейс користувача, притаманний програмам, розробленим для Windows. Наявність контекстного меню, пункти якого розкриваються натисканням на них правої кнопки мишки, надає швидкий і наочний доступ до тем “Нарисної геометрії” за такими основними розділами: “Точка”, “Пряма”, “Площина”. Стислий, чіткий й зрозумілий текстовий виклад матеріалу супроводжується демонстраційними заставками, виконаними засобами мультиплікації. Це робить програму доступною і привабливою для студентів з різною пізнавальною активністю, різним рівнем успішності, попередньої геометричної підготовки і розвитку просторової уяви. Комп'ютерна навчаюча програма “Нарисна геометрія” може бути рекомендована як для успішного проведення теоретичних занять з нарисної геометрії, так і для продуктивної самостійної роботи студентів з цього навчального курсу.

Кожна навчаюча програма повинна здійснювати перевірку знань. У нашій програмі в пункті меню “Контроль” відбувається програмований контроль з теоретичного матеріалу. Програмований контроль реалізується методом вибору. Ми використовуємо питання, які потребують багатоелементних відповідей.

Надійність результатів контролю можна вважати достатньою задовільною, якщо ймовірність необґрунтованого отримання позитивної оцінки менше або дорівнює 0,01 [1].

При використанні питань з багатоелементними відповідями (як у навчаючій комп'ютерній програмі “Нарисна геометрія”) ймовірність випадкового вгадування зменшується в 10 раз, порівняно з використанням питань, які вимагають лише однієї відповіді. Такі висновки були отримані з аналізу підрахунків ймовірності вгадування вірної відповіді за такими формулами:

$P=1/k$ , (для питань, що вимагають одноелементної відповіді),

де  $k$  – кількість запропонованих відповідей;

та

$P=q!/(k(k-1)\dots(k-q+1))$ , (для питань, що вимагають багатоелементного вибору вірної відповіді)

де  $q$  – число правильних елементів відповіді;

$k$  – повне число запропонованих відповідей.

Однак постає проблема засвоєння учнями і студентами навчального матеріалу з курсу “Нарисна геометрія”. Тут треба звернутись до сприйняття зорової інформації на екрані комп’ютера з точки зору психології. Видатний психолог Г.С. Костюк підкреслював: “Виділення об’єкта серед інших об’єктів, що діють на наші аналізатори, є необхідним моментом всякого сприйняття. Щоб сприймати об’єкт, його потрібно виділити серед інших об’єктів” [2]. Тому, використовуючи комбінації кольорів, ми акцентуємо увагу на найбільш важливих елементах теоретичного матеріалу і графічних демонстрацій.

Навчаюча комп’ютерна програма “Нарисна геометрія” розробляється у системі програмування Delphi 4 з безпосереднім використанням файлів тексту і малюнків для отримання демонстраційних ефектів.

#### Література:

1. Левченков И.И. Технические средства обучения – М.: Просвещение, 1985. – 271 с.
2. Психология: Підручник для педвузів / За ред. Г.С. Костюка: Вид 2, доп. – К.: Рад. школа, 1961. – 315 с.

## ФОРМИРОВАНИЕ ПРИЕМОВ УМСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ «ВВЕДЕНИЕ В ИНФОРМАТИКУ»

Е.А. Смолова, С.В. Сербина

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический  
университет

Поставленные перед школой задачи по подготовке учащихся к труду и жизни в условиях научно-технической революции требуют формирования самостоятельной, мыслящей, активной личности. Это вынуждает нас искать пути умственной активизации учащихся в процессе учебной деятельности – ведущей деятельности школьников.

*Умственная активность* человека, его мыслительная деятельность заключается в понимании и переработке воспринимаемой информации, а также в установлении различных типов связей – причинно-следственных, логических, пространственных, временных. В психологии разработан ряд приемов умственной деятельности учащихся в процессе усвоения знаний. Проблемой формирования приемов умственной деятельности школьников занимались Л.С. Выгодский, В.В. Давыдов, П.Я. Гальперин, А.Н. Леонтьев, Д.Н. Богоявленский и др.

Д.Н. Богоявленский под *приемом умственной деятельности* понимает «систему процессов или операций анализа, синтеза, абстракции, обобщения и других специально организованных для решения задач – проблем определенного типа и разной степени обобщенности». [1]

Приемы умственной деятельности и приемы учебной работы (деятельности) неразрывно связаны. Согласно Е.Н. Кабановой-Меллер, под *приемом учебной работы* понимается «система действий, которые служат для решения учебных задач» [2].

А.Н. Леонтьев фактически ставит знак равенства между знаниями и умственным развитием, так как последнее, по его мнению, полностью определяется характером «присвоенного» человеком родового опыта, приобретенного в тех социально-исторических условиях, в которых ребенок живет и развивается. Е.Н. Кабанова-Меллер, В.А. Крутецкий и другие не отрицают

значения знаний, но и не абсолютизируют его. Они высказывают мысль о том, что знания являются условием умственного развития, однако не входят в его структуру. В умственное развитие, по мнению этих авторов, входят не сами знания, а возможности человека их приобретать и применять, переносить имеющиеся знания в относительно новые условия.

З.И. Калмыкова дает такое определение умственного развития: «*Умственное развитие* – сложная динамическая система количественных и качественных изменений, которые происходят в интеллектуальной деятельности человека в связи с его возрастом и обогащением жизненного опыта в соответствии с общественно-историческими условиями, в которых он живет, и с индивидуальными особенностями его психики».

По мнению А.Н. Леонтьева, для формирования умственной активности личности необходимы две системы знаний:

- 1) о предметной действительности;
- 2) о содержании и последовательности умственных действий, обеспечивающих овладение первой системой знаний.

Для развития мышления учащихся следует формировать у них *обобщенные приемы рассуждений*, обучать методам решения целого класса задач. Основой этого утверждения является теория В.В. Давыдова о содержательных обобщениях, суть которой состоит в том, что с самого начала изучения предмета учеников нацеливают на построение и усвоение обобщенного способа ориентации в данной области знаний, обобщенного способа решения достаточно обширных классов задач.

Обобщенные приемы умственной деятельности делятся на две большие группы – алгоритмического и эвристического типа. Исследованиями психологов установлено, что формирование приемов мыслительной деятельности *алгоритмического* типа – необходимое, но не достаточное условие развития мышления.

К *эвристическим* приемам относятся: выделение главного, обобщение, сравнение, конкретизация, абстрагирование, различные виды анализа, аналогия, приемы кодирования и др. Развитием эвристических приемов умственных действий в информатике в последние годы занимается М.З. Грузман [3].

Основой любого умственного действия являются *анализ* и

*синтез*. Единство анализа и синтеза уже на уровне эмпирического мышления отчетливо выступает в *сравнении*, которое выступает в двух формах: *сопоставление* и *противопоставление*. Сравнение – обязательное условие абстракции и обобщения, аналогии и классификации. П.М. Эрдниев широко использует в учебном процессе принцип противопоставления как один из важнейших способов укрупнения дидактических единиц информации.

По степени полноты различают частичные и полные сравнения, по способам осуществления – параллельные, последовательные и отсроченные.

Цели сравнения в учебном процессе многообразны: обобщение и систематизация знаний, выделение в них главного, существенного, выдвижение гипотез, поиск общих признаков при формировании понятий, поиск закономерностей индуктивным путем и т.д.

Таким образом, использование приема сравнения является неотъемлемой частью любого урока, а его сформированность у учащихся – залог развития их продуктивного мышления.

Операция сравнения является ступенью к формированию у школьников следующего важного приема умственной деятельности – *выделения главного* в учебном материале.

Самостоятельное расчленение главного и второстепенного является сложной поисковой деятельностью. В умении выделять главное синтезируются многие мыслительные приемы: анализ материала, сравнение отдельных его частей, синтез, выделение существенных признаков, абстрагирование, конкретизация и обобщение. Все эти процессы интериоризованы, поэтому составить алгоритм формирования этого приема практически невозможно – можно наметить только общее направление.

Чтобы научить школьников выделять существенное в понятиях, ряд психологов рекомендует варьировать несущественные признаки при сохранении существенных. Обучение выделению главного следует начинать с первых минут урока, ставя перед классом цели урока, разъясняя, какими главными знаниями, умениями и навыками следует овладеть на протяжении урока и какие мыслительные операции будут использовать учащиеся. Большие возможности для обучения умению выделять главное,

существенное имеет урок обобщения, систематизации знаний.

Систематическое применение приемов сравнения, обобщения, анализа и синтеза в их естественной взаимосвязи активно способствует формированию умения выделять существенное в изучаемом материале.

Переходом на более высокую ступень абстракции путем выявления общих признаков предметов рассматриваемой области является *обобщение*.

В психолого-педагогической и методической литературе термин «обобщение» трактуется по-разному. Обобщение – это и результат, и процесс, и метод, и мыслительный прием. Результаты обобщения – понятия разной степени общности, законы, системы понятий, теории разной степени общности, правила, теоремы, схемы, алгоритмы и т.д.

В практике школы широко применяется эмпирический путь обобщения при формировании понятий, подведении школьников к закономерностям. *Эмпирические обобщения* бывают индуктивные (от частного к общему) и дедуктивные (от общего к частному).

Мысль о существовании *содержательных обобщений* впервые высказал С.Л. Рубинштейн. Исследуя операции мышления, ученый предположил, что наряду с формальными эмпирическими обобщениями, базирующимися на сравнении, должен существовать другой путь обобщений, основанный на анализе через синтез.

Содержательные обобщения наиболее эффективны для развития творческого мышления школьников. Они составляют основу дедуктивного метода познания, который и более экономен, и более продуктивен, поскольку ведет к уяснению сущности процессов, их закономерностей, главных идей, способствует приобщению школьников к методам научного постижения мира.

Однако не следует абсолютизировать теоретический путь познаний. Как отмечает М.З. Грузман, многие понятия школьного курса информатики целесообразнее формировать эмпирическим путем.

Таким образом, только разумное сочетание теоретического и эмпирического путей познаний в школьных методиках могут дать положительный результат в процессе формирования умст-



венной культуры учащихся.

Наши исследования показали, что между уровнем сформированности общих приемов умственной деятельности и уровнем усвоения знаний существует прямая пропорциональная зависимость. Тестирование и срез знаний, проведенные в экспериментальном 10 классе в Криворожском областном лицее-интернате для сельской молодежи, дали такие результаты:

Уровни	Оценка результата	Результат в процентах		
		Тест Равена	Вербальный тест	Коэффициент усвоения
I	Очень хороший	22	21,9	12%
II	Хороший	68	67,8	16%
III	Средний	3	3,2	55%
–	Выше среднего	7	7,1	10%
–	Ниже среднего	–	–	7%
IV	Слабый	–	–	
V	Очень слабый	–	–	

Таким образом, от того, насколько высок уровень сформированности приемов умственной деятельности, зависит прочность и качество усвоенных знаний, а также степень усилий, затраченных учащимися на их приобретения.

Проиллюстрируем сказанное выше на конкретном примере урока информатики по теме: «Введение в информатику», изложенной согласно действующему в КОЛИ и Криворожском пединверситете учебнику [4]. Данная тема является довольно трудной для восприятия учащимися, т.к., во-первых, информатика – принципиально новый для них предмет, причем довольно специфический, а, во-вторых, такие понятия, как «информация», «энтропия», «вероятность» имеют высокую степень абстракции.

**Тип урока:** урок усвоения новых знаний.

**Тема урока:** Информация. Единицы измерения информации.

**Цель:**

*Дидактическая* – ознакомить учащихся с понятиями «информатика», «информация», «информационная неопределённость», «вероятность», а также с единицами измерения информации.

*Воспитательная* – воспитывать у учащихся старательность, аккуратность, культуру речи.

*Развивающая* – развивать логическое мышление и пространственное воображение учащихся.

#### **План урока:**

- I Организационная часть.
- II Активизация опорных знаний, мотивация познавательной деятельности учащихся.
- III Сообщение темы, цели урока.
- IV Объяснение нового материала.
- V Подведение итогов.

#### **Ход урока:**

I Приветствие, проверка готовности класса.

II, III

Учитель. Есть ли в этом классе человек, который ни разу не слышал слов «компьютер», «ЭВМ»? Наверное, нет. Эти слова давно стали для нас привычными. Сегодня невозможно себе представить жизнь без компьютеров. Назовите сферы деятельности, в которых используется компьютер.

Ученики. В промышленности, медицине, управлении и т.д.

Учитель. Мы являемся свидетелями информационного «взрыва», когда человеческий мозг уже не в состоянии справиться с потоком информации. И здесь очень важную роль призваны сыграть компьютеры; именно на них могут быть переложены некоторые функции человеческого мозга по хранению и обработке значительной части информации. Предмет, который мы начинаем изучать, называется *информатика*. Это наука о способах передачи, обработки и хранения информации. Тема урока: «Информация. Единицы измерения информации». Что же такое информация?

Ученики дают различные трактовки понятия «информация».

IV

Учитель. Итак, *информация* – это сведения об объектах и явлениях окружающей среды, их параметрах, свойствах и состоянии. В информатике эти сведения ещё называют *данными*.

На доске записи:

$$1. \quad \nabla \bar{u} = \bar{i} \frac{\partial u}{\partial x} + \bar{j} \frac{\partial u}{\partial y} + \bar{k} \frac{\partial u}{\partial z}$$

2. В прямоугольном треугольнике сумма квадратов катетов равна квадрату гипотенузы.
3. 1101100101110010011
4. One of Mark Twains hobbies was fishing.
5. М ♥ Ё М ■ Ё Н Ё
6. Делу время, потехе час.

Учитель. Все ли эти записи содержат информацию?

Ученики. Примеры 2 и 6 точно несут в себе информацию, 4 – только для людей, знающих английский язык, 1, 3 и 5 может быть, и содержат какие-то сведения, но они доступны определённому кругу людей.

Учитель. Информация сегодня воспринимается не только людьми или животными, но и самыми различными устройствами. Назовите некоторые из них.

Ученики. ЭВМ, радиоприёмники, телевизоры и т.д.

Учитель. Важно ли для машины содержание информации?

Ученики. Нет.

Учитель. Понятие «информация» можно сравнить с изучаемым в физике понятием «тепловая энергия». При оценке подводимой энергии мы используем два подхода – оцениваем состояние среды лично, давая ей субъективную оценку (один человек может сказать, что ему уже жарко, другой – ещё не жарко) или же объективно, измеряя температуру среды. Точно так же и при оценке поступающей информации мы можем оценивать её субъективно – в этом случае на первое место выдвигается содержание полученного сообщения. А можно и объективно оценить информационное состояние среды с помощью датчиков. Они не только расширяют диапазон слышимого и видимого, но и могут получать сигналы, не воспринимаемые органами чувств человека. Например, информация об уровне радиации. Как же сравнивать информацию от разных датчиков?

Ученики. Нужно ввести единицы измерения информации.

Учитель. Получение информации, её увеличение одновременно означает уменьшение незнания или *информационной неопределённости*. Рассмотрим пример: Иванов живёт на улице Весенней. Как найти его квартиру?

Ученики. Надо обойти все дома на улице.

Учитель. Номер его дома – чётное число.

Ученики. Количество домов, которые нужно обойти, сократилось вдвое.

Учитель. Таким образом, информационная неопределённость осталась, но она уменьшилась. Что же такое информационная неопределённость? Рассмотрим на примерах.

1. Шарик находится в одном из восьми ящичков – информационная неопределённость равна 8. Сообщение о том, что шарик лежит в четном ящичке, уменьшает неопределённость ровно вдвое и содержит единицу информации 1 бит.
2. Книга лежит на одной из двух полок – верхней или нижней. Сообщение о том что книга лежит на верхней полке, несёт один бит информации.
3. Шарик находится в одной из трёх урн: А, В или С. Сообщение о том, что шарик находится в урне А, несёт в себе информации больше, чем бит. Придумайте примеры сообщений, несущих в себе 1 бит информации; больше, чем 1 бит.

Учитель. Давайте поиграем в игру. Я задумываю одну из 32 карт (в колоде отсутствуют шестёрки). Необходимо, задавая вопросы, на которые будут даны ответы «да» или «нет», угадать задуманную карту. При этом подсчитайте количество заданных вопросов.

Ученики. Задумана карта чёрной масти? (Этот вопрос приносит 1 бит информации) и т.д.

Учитель. Для того, чтобы выяснить, какая карта была задумана, вам пришлось задать пять вопросов, каждый ответ давал 1 бит информации. Сколько же бит будет содержаться в сообщении о любой из задуманных карт?

Ученики. Пять.

Учитель. Решите такие задачи.

1. Шарик находится в одном из 64 ящичков. Сколько единиц информации будет содержать сообщение о том, где находится шарик?
2. Сколько следует задать вопросов и как их следует сформулировать, чтобы оценить сообщение о том, что вагон стоит на одном из 16 путей?

Ученики решают самостоятельно, в конце все вместе обсуждают решения и ответы.

Учитель. Американский инженер Р. Хартли в 1928 году вывел

формулу для подсчёта количества информации:

$$2^H=N,$$

где  $N$  – количество равновероятных событий,  $H$  – количество бит в сообщении такое, что любое из  $N$  событий произошло. Вы видите, что здесь надо подобрать такое  $H$ , чтобы при возведении двойки в степень  $H$  мы получали  $N$ . Например, сообщение о том, что шарик находится в одной из трёх урн, содержит приблизительно 1,585 бита информации.

Поскольку каждое из  $N$  возможных событий имеет одинаковую вероятность  $p=1/N$ , то  $N=1/p$ . Можем записать формулу Хартли иначе:

$$2^H=1/p.$$

V

Подведём итоги.

1. Что изучает информатика?
2. Что такое информация?
3. В каких единицах измеряется информация?
4. Что такое информационная неопределённость?
5. Для чего предназначена формула Хартли?

Литература:

1. Богоявленский Д.Н. Психология формирования понятий и умственных действий. – М., 1966.
2. Кабанова-Меллер Е.Н. Учебная деятельность и развивающее обучение. – М., 1978.
3. Грузман М.З. Эвристика в информатике. – Винница, 1998.
4. Полищук А.П. Информатика. Персональный компьютер и его программирование: Второе издание. – Кривой Рог, 2000.

# РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ ПО ИНФОРМАТИКЕ: АНАЛИЗ УСЛОВИЯ

Ю.В. Филатов

г. Кривой Рог, Саксаганский естественно-научный лицей

## Вступление:

Задачи повышенной сложности по информатике предлагаются учащимся средних учебных заведений, как правило, в рамках факультативных курсов, кружковой работы и, разумеется, на олимпиадах по информатике. Таким образом, необходимо сразу оговориться, что данная статья ориентирована на преподавателей, работающих с продвинутым контингентом, который обладает достаточными знаниями и умениями в программировании на языках высокого уровня и имеет хорошую математическую подготовку. Принимая во внимание требования областной и республиканской олимпиад, по умолчанию будем считать языком написания программ Turbo Pascal (Borland Pascal).

## Комплексный подход:

Для успешного решения задач учащимися необходимо проделать немалую работу. Можно выделить следующие направления такой работы:

- ✓ освоение общих принципов программирования (теория алгоритмов, структурный анализ, ООП) [1, 2];
- ✓ изучение конкретного языка программирования, особенностей кодирования;
- ✓ применение общей схемы решения к конкретным задачам;
- ✓ решение типовых задач, связанных с применением конкретного математического аппарата (теория чисел, численные методы, криптология, аналитическая геометрия, теория графов и т.д.);
- ✓ исследование эффективности полученных решений, усвоение общих методов повышения эффективности [1, 2].

Такое деление выработано автором на основании личного опыта работы и, безусловно, может быть изменено применительно к конкретным условиям работы. Вовсе отказываться от системного подхода нецелесообразно в силу того, что количество задач по информатике слишком велико, чтобы знать все ре-

шения.

#### Практический опыт работы:

В рамках данной статьи невозможно подробно разобрать даже одно из направлений комплексного подхода. Рассмотрим кратко применение общей схемы решения к конкретным задачам и более подробно – этап анализа условия. При разборе с учащимися общей схемы решения автор условно выделяет несколько этапов:

- ✓ Анализ условия
  - диапазоны и типы входных данных и результатов;
  - предельные и вырожденные случаи;
  - приближительная сложность решения;
  - возможность прямого решения.
- ✓ Разработка проекта решения [1]
  - выбор алгоритма, математическая модель;
  - разработка требований к программе;
  - определение количества функциональных модулей, требования к работе модулей.
- ✓ Реализация решения
  - выбор целесообразных типов данных;
  - выбор алгоритмических структур;
  - хранение промежуточных результатов;
  - вопросы стиля.
- ✓ Отладка и тестирование
  - типы ошибок;
  - локализация и устранение ошибок;
  - подбор тестов.
- ✓ Общие рекомендации по тактике решения задач в рамках соревнований.

#### Конкретные примеры использования схемы:

Рассмотрим анализ условия в рамках приведенной схемы на примере нескольких задач. Итак, по схеме:

1. Диапазоны и типы входных данных и результатов.
2. Предельные и вырожденные случаи.
3. Приближительная сложность решения.
4. Возможность прямого решения.

### Пример 1

(Сборник олимпиадных задач, сост. Волков И.А., Котов В.М., Спевак И.А., Харитонович А.И.)

Дано число в  $K$ -ичной системе счисления:  $a_n a_{n-1} \dots a_0$  ( $K \leq 36$ ). Найти остаток от деления его на  $m$ . Числа  $K$ ,  $a$ ,  $m$ , как и остаток от деления на  $m$ , представляются в десятичной системе счисления.

1. Из условия ясно, что  $K$  не превосходит 36 и (по умолчанию данные принято считать корректными), следовательно, значения разрядов лежат в диапазоне 0..35. Таким образом, каждое из этих значений занимает не более байта. Что касается количества разрядов и значения  $m$ , то на факультативе следует выбрать рабочую версию самостоятельно, а на олимпиаде получить комментарий представителя жюри, дабы решение соответствовало тестам. Остаток от деления не превысит  $m-1$ .

2. Вырожденными случаями следует считать наличие одного разряда, нулей во всех разрядах,  $m=1$ ,  $K=1$ , что не противоречит условию, но вносит определенные нюансы в решение. Предельные случаи более неприятны, слишком большое значение  $m$  потребует применения длинной арифметики, большое количество разрядов (размер файла ограничен свободным местом на диске) не позволит разместить их в массиве.

3. При значениях  $m$ , которые допускают применение операции  $\text{mod } m$ , сложность зависит от количества разрядов линейно.

4. Прямое решение с переводом в десятичную систему и последующим применением операции  $\text{mod } m$  возможно для чисел, представленных в двоичной системе не более, чем 31 разрядом, а в системе по основанию  $K=36$  – всего 7 разрядами. Прямое решение с использованием теоремы Паскаля возможно, если учащимся известна теорема о делимости чисел в произвольной позиционной системе счисления. Для этого разряды помещаются в массив или (идея!) обрабатываются по мере чтения, если читать файл с конца и (еще идея!) при этом сначала перезаписать его как типизированный.

*Результат:* При анализе условия мы застраховались от решений, неприменимых к предельным и вырожденным случаям, а также получили несколько плодотворных соображений относи-



тельно решения. Кроме того, сложность прямого решения на предельных тестах может натолкнуть на идею непрямого решения, основанного на периодичности остатков от деления разрядных единиц на  $m$ .

### Пример 2

*(Сборник олимпиадных задач, сост. Волков И.А., Котов В.М., Спевак И.А., Харитонович А.И.)*

*На плоскости заданы  $n$  отрезков координатами концевых точек. Концы отрезков задаются двумя парами координат  $(x_1[i], y_1[i]), (x_2[i], y_2[i]), 1 \leq i \leq n$  (концы принадлежат отрезку). Необходимо найти прямую, имеющую общие точки с максимальным числом отрезков, и напечатать в порядке возрастания номера тех отрезков, которые эта прямая пересекает.*

1. В условии не определено ни количество точек, ни тип координат, ни их диапазон (смотри указание относительно неопределенных данных в примере 1). Выходные данные также не определены: либо координаты двух точек на прямой, либо коэффициенты уравнения прямой. Если формат вывода не уточнить заранее, то могут быть проблемы с проверкой решения.

2. Вырожденными случаями следует считать наличие одного отрезка, расположение отрезков (всех!) на одной линии, а в случае с вещественными координатами – наличие отрезков с длиной на пределе значимости. Предельный случай, при котором количество отрезков таково, что их координаты невозможно разместить в массиве, делает переборные решения слишком неэффективными.

3. Поскольку даже через один отрезок можно провести бесконечно много прямых, следует ограничить число пар точек, на которых будут строиться испытываемые прямые для ограничения сложности решения. Будем рассматривать не все точки принадлежащие отрезкам, а (идея!) только концевые. Таким образом, размышления о неприемлемости бесконечной сложности навели нас на мысль о решении, обладающем сложностью меньше, чем  $4n^2$  (начальная грубая оценка).

4. Прямое решение, вытекающее из предыдущих соображений, возможно, причем его сложность равна  $n(2n-1)$  (сумма прогрессии  $(2n-1)+(2n-2)+\dots+1$ ). Можно уменьшить сложность до  $2n$ , если проводить прямую (идея!) через одну фиксированную

точку и концевые точки отрезков. Фиксированной точкой может быть точка со средними арифметическими для всех отрезков координатами – центр или с крайними координатами – угол, хотя (контрпример), если попадется тест с радиальным расположением отрезков вокруг центра или угла, то такое решение не даст правильного ответа. Тогда (идея!) сделаем две проверки – относительно центра и угла, т.к.  $2n+2n=4n$ , что меньше, чем  $n(2n-1)$  при  $n>2$ .

*Результат:* Не хуже, чем в примере 1.

### Пример 3

*(VII Украинская олимпиада по информатике, 1 тур, 25 марта 1994 г., В.А. Бардадым)*

*Написать программу, которая при условии предыдущей задачи определит количество различных компостеров, которые можно образовать на сетке размером  $M \cdot N$  узлов.  $M$  и  $N$  не превосходят 15.*

*Комментарий.* По условию предыдущей задачи компостеры считаются одинаковыми, если все сделанные ими отверстия в билетах можно совместить, отобразив один билет на другой комбинацией параллельных переносов, поворотов на прямой угол и симметрий относительно горизонтальной и вертикальной осей. Закомпостированный билет имеет по крайней мере одно отверстие.

1. Из условия ясно, что  $M$  и  $N$  – натуральные и не превосходят 15. Выходные данные: целое число в диапазоне 1..???

2. Вырожденным случаем следует считать  $M=N=1$ . Предельный случай –  $M=N=15$ . При этом общее число компостеров равно  $2^{15 \cdot 15} - 1 = 2^{225} - 1$ , что несколько больше, чем  $10^{67}$ . Тогда для подсчета компостеров потребуется длинная арифметика – ведь даже с учетом отсеечения одинаковых компостеров их количество явно превысит  $2^{31} - 1$ . К тому же потребуется много времени для переборного решения (время существования нашей Вселенной не превосходит, вероятно,  $10^{19}$  системных тиков ☺).

3. Сложность полного переборного решения примерно равна  $(2^{M \cdot N})!$ . Ее можно уменьшить, рассматривая (идея!) только неповторяющиеся компостеры как основу для генерации новых путем добавления одной дырки и при этом сравнивать новые только с теми из новых, которые признаны неповторяющимися.

4. Прямое переборное решение, даже с учетом сказанного в п.3, неудовлетворительно из-за сказанного в п.2. Однако, если невозможно найти рекуррентное решение, следует улучшать алгоритм перебора для приемлемых  $M$  и  $N$ , т.е. искать ограниченное решение.

*Результат:* Хорошее решение пока не очевидно, однако анализ сложности переборного решения позволяет избежать затрат времени на поиск переборного решения для предельного случая, а также помогает определить типы данных для выбранного решения. При полном решении ответ – многозначное число, при ограниченном решении – экономия места в памяти и увеличение скорости работы (анализ показывает, что не нужно оперировать с массивами  $15 \times 15$ , если решение будет достигнуто за приемлемое время на входных данных не более, чем  $5 \times 5$ ).

Заключение:

Анализ условия по предложенной схеме в большинстве случаев приводит к неплохим результатам, как минимум, экономя общее время решения. Видимо, лучше потратить время на такой анализ, чем на реализацию алгоритма, который окажется неприменимым на тестах с непредвиденными данными. Вполне возможно существование иных систем работы над задачами, дающих хорошие результаты. Но практически вся литература, доступная учителю, содержит либо техническое описание языков программирования, либо подборки задач с решениями, причем иногда решения даже не комментируются автором или составителем сборника.

Литература:

1. *Ван Тассел Д.* Стиль, разработка, эффективность, отладка и испытание программ. – М.: Мир, 1985.
2. *Кнут Д.* Искусство программирования, т. 1-3. – М.: Мир, 1976–1978.

# **ПРО ДЕЯКІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ У СТУДЕНТІВ ПЕДАГОГІЧНОГО ВУЗУ НАВИЧОК ПРОФЕСІЙНОГО ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ (НА ПРИКЛАДІ РЕДАКТОРУ РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ADOBE PHOTOSHOP)**

Г.В. Шугайло

м. Мелітополь, Мелітопольський державний педагогічний інститут

Сьогодні від випускника педагогічного вузу, який отримує кваліфікацію “учитель інформатики”, обов'язково вимагається знання сучасних комп'ютерних технологій створення і обробки графічної інформації [2, 394-473]. Відповідно до програми “Основи інформатики та обчислювальної техніки” [1, 11], знайомство учнів з комп'ютерними технологіями обробки графічних зображень відбувається на прикладі того чи іншого графічного редактору растрових зображень. Перелік обов'язкових знань учня включає відомості про “основні операції щодо редагування зображень за допомогою графічного редактора” [1, 12]. Незалежно від потужності графічного редактору (наприклад, чи це у випадку порівняно малопотужного графічного редактору Paint для Windows або в разі досить потужного графічного редактору Adobe PhotoShop), учні повинні чітко усвідомити, що безпосередньому етапові редагування графічного зображення обов'язково повинні передувати дії по виділенню конкретного графічного об'єкту, яке має зазнати редагування. Один з головних принципів роботи з растровим зображенням полягає в усвідомленні того факту, що растрове зображення не містить само по собі об'єктів у звичайному розумінні цього слова. На відміну від людини, яка, дивлячись на комп'ютерний варіант графічного зображення, за звичайних умов миттєво розпізнає, що на ньому зображено (апельсин, олівець тощо), комп'ютерові для того, щоб він також “побачив” цей об'єкт, потрібно намітити границі цього об'єкту. Для цього користувач має створити виділену область, контури якої точно повторять обриси потрібного об'єкту. А вже з виділеною (або як її ще називають “маркованою”) областю маніпулюють, як з неподільним

об'єктом, наприклад, переносять, копіюють, застосовують різні види трансформації абощо, власне кажучи, редагують. Необхідність обов'язкового попереднього виділення частини графічного зображення викликана особливостями представлення растрових графічних зображень у комп'ютері. Так, растрове зображення – це сукупність незалежних одна від одної точок (або пікселів), зведених до прямокутної матриці, де кожна точка є носієм інформації про колір зображення у даній позиції [4, 46]. У зв'язку з цим те, що користувач бачить на екрані монітора, як самостійні об'єкти (апельсин, олівець тощо), комп'ютер “сприймає”, як матрицю пікселів, які характеризуються індивідуальними цифровими характеристиками. Усвідомлення учнями принципів побудови растрових зображень сприятиме засвоєнню ними основоположних понять машинної графіки, а відтак формуванню комп'ютерної грамотності учнів в цілому. У зв'язку з цим стає зрозумілим важливість оволодіння студентами – майбутніми учителями інформатики – основними поняттями і принципами комп'ютерної графіки.

На необхідність ґрунтовного вивчення студентами – майбутніми учителями інформатики – основних положень комп'ютерної графіки вказує ще один факт. Річ у тому, що після закінчення педагогічного вузу студент не може розраховувати, як це було раніше, на учителювання за єдиною стандартною навчальною програмою. Сучасні середні навчальні заклади зазнають інтенсивної профільної диференціації (гімназії, ліцеї, тощо). З огляду на це зростає ймовірність того, що учителю інформатики доведеться працювати за спеціальними навчальними програмами, зокрема за такими програмами з інформатики, які передбачають поглиблене вивчення комп'ютерних технологій обробки графічної інформації. У зв'язку з цим стає зрозумілою необхідність докладного вивчення студентами – майбутніми вчителями інформатики – особливостей машинної обробки графічних зображень засобами відповідних комп'ютерних технологій. Аспекти формування і подальшого розвитку у студентів навичок професійної обробки графічних зображень розглянемо на прикладі редактору растрових зображень Adobe PhotoShop, який сьогодні дістав найбільшого поширення і визнання серед програм растрових зображень.

Вище вже зазначалося про важливість операцій виділення (маркування) фрагментів графічного зображення. Редактор растрових зображень PhotoShop, особливо останні його версії, PhotoShop 5.0 (5.5), має великий арсенал інструментів і прийомів, які дозволяють спростити і тим самим значно прискорити процедуру маркування потрібного фрагменту зображення. Знайомство студентів із технікою виділення доцільно розпочати з стандартних інструментів Marquee (Область) і Lasso (Ласо). По-перше, ці інструменти досить прості у застосуванні, отже, з дидактичної точки зору, вони найкраще підходять для початкового знайомства з арсеналом інструментів виділення PhotoShop. По-друге, примітиви цих інструментів використовуються у менш потужному, проте більш вживаному у шкільній навчальній практиці редакторі растрових зображень Paint для Windows [5, 286-301]. З методичної точки зору у студентів, які опанували інструменти Marquee (Область) і Lasso (Ласо) на прикладі більш потужного редактору, не повинно виникнути аберацій у застосуванні набутих умінь і навичок у середовищі менш потужного редактору.

Зазначені інструменти Marquee (Область) і Lasso (Ласо) виявляються малопродуктивними у разі виділення об'єкту з високим рівнем деталізації, скажімо, багатопелюсткової квітки. Якщо об'єкт має чітко контрастні грані (наприклад, жовта багатопелюсткова квітка розташована на тлі зеленої трави), доцільно застосувати спеціальний інструмент виділення PhotoShop – інструмент Magic Wand (Чарівна паличка). Принцип дії цього інструменту полягає у виділенні розташованих одна біля одної близьких за кольором точок зображення.

З метою ґрунтовного оволодіння студентами технікою роботи з інструментами виділення Marquee (Область), Lasso (Ласо), Magic Wand (Чарівна паличка) зразки графічних зображень для практичних занять добиралися за принципом поступово зростаючої складності. Так, для виділення об'єктів на перших зразках студентів вистачало можливостей якогось одного інструменту виділення. Але складність зразків зростала, і для того, щоб порівняно швидко виділити потрібний об'єкт (групу об'єктів), студент мав комплексно застосувати можливості інструментів виділення. Нарощування складності зразків, окрім

вироблення у студентів професійного підходу до виділення об'єктів, переслідувало ще одну дидактичну мету – створити проблемну ситуацію. Так, запропоновані завдання наочно переконали студентів у тому, що виділення об'єктів, особливо у випадку об'єктів з високим рівнем деталізації – це досить копітка праця. Таким чином були створені умови для виникнення у студентів проблемного запитання приблизно такого змісту: “Чи передбачена у PhotoShop можливість збереження виділених областей для їх повторного використання?” Студенти дізнаються, що виділені області у редакторі PhotoShop можна записувати у вигляді масок, які можна редагувати, піддавати математичній обробці, переносити у інший документ, навіть створити окремий файл з бібліотекою масок [3, 16]. В процесі оволодіння технікою роботи з масками студенти дізнаються про суміжні поняття (Channels (Канали), спеціальний режим Quick Mask (Бистра маска) тощо) і тим самим суттєво розширяють свій понятійний апарат.

Наприкінці зазначимо, що, формуючи у студентів навички професійного використання комп'ютерних технологій по створенню і обробці графічної інформації, ми тим самим сприяємо вдосконаленню професійної підготовки студентів, зокрема готуємо майбутніх учителів інформатики до роботи в умовах варіативної системи середньої освіти.

#### Література

1. Жалдак М.І., Морзе Н.В., Науменко Г.Г. Основи інформатики та обчислювальної техніки // Програма для середніх закладів освіти. – Київ: Перун, 1996. – 23 с.
2. Информатика. Базовый курс / За ред. Симоновича С.В. - СПб: Изд-во “Питер”, 1999. – 640 с.
3. Магия PhotoShop 4.0. Том 1: Пер. с англ. / Д. Лаи и Грэг Симсик – К.: Изд-во «ДиаСофт», 1998. –352 с.
4. Пономаренко С., Тайц А. Adobe PhotoShop 4.0 в примерах – СПб.: ВHV – Санкт-Петербург, 1998. – 288 с.
5. Руденко В. Д., Макачук О.М., Патланжоглу М.О. Практичний курс інформатики / За ред. Мадзігона В.М. – К.: Фенікс, 1997. – 304 с.

# ВИКОРИСТАННЯ МІСЬКОЇ ЗАГАЛЬНООСВІТНЬОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖИ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ СЕРЕДНЬОЇ ШКОЛИ

Л.О. Лісіна, О.О. Тинок  
м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

Розвиток комп'ютерних комунікацій стосується умов, способів мислення та навчання на всіх рівнях. На цьому етапі технічного розвитку вже не комп'ютер освоюється як нове знання і нова цінність, а традиційні знання й цінності набуваються у комп'ютерному середовищі. Актуальною задачею педагогічної інформатики є допомога школі в адаптації на новому інформаційному полі, в досягненні тих цілей, які постійно ставить перед собою шкільний колектив в умовах сучасного інформаційного середовища.

В останні десятиліття широкого використання набувають так звані мережні технології (МТ). В загальному розумінні МТ – це поєднана між собою деяка кількість комп'ютерів. Переважна більшість комп'ютерів у світі поєднана в ту чи іншу мережу. Досвід свідчить, що близько 80% всієї інформації у світі передається локальними мережами, що являють собою комунікаційні системи, які дозволяють у межах певної території з'єднати між собою групу комп'ютерів для спільного використання інформації.

Можливості МТ при передаванні та обробці даних досить різноманітні. Серед них у контексті даної статті назвемо такі:

- одночасне використання багатьма користувачами однієї й тієї ж інформації, що знаходиться на сервері;
- велика швидкість передавання даних з одного комп'ютера на інший;
- гнучке управління зовнішніми пристроями (мережевими ресурсами);
- реалізація поштової служби.

В наш час МТ знаходять широке застосування в учбовій діяльності. В багатьох навчальних закладах напрацьовано певний досвід роботи у цьому напрямку.



У зв'язку з тим, що далеко не всі учбові заклади Криворіжжя мають фінансові можливості для підключення до всесвітньої інформаційної мережі Internet, співробітниками кафедри інформатики Криворізького державного педагогічного університету була створена міська навчальна мережа, що на некомерційній основі поєднала між собою середні й вищі освітні заклади та окремих користувачів (викладачів, студентів, учнів). Позитивною якістю цієї мережі є, на нашу думку, можливість одночасного поєднання робочих станцій, що працюють під Windows, і з застарілою технікою під управлінням DOS.

Ефективне застосування засобів нових інформаційних технологій у навчальному процесі передбачає перш за все формування та оволодіння провідними компонентами сучасної інформаційної культури. Рівень вимог до сучасного користувача досить високий і потребує навичок роботи з МТ. З появою міської навчальної мережі з'явилася можливість на практиці вивчати (хоч і у дещо обмеженому обсязі) різні аспекти використання сучасних МТ.

Використання засобів сучасних інформаційних технологій відкриває перспективи якісного вдосконалення навчального процесу. Загальна комп'ютеризація та інформатизація освіти спрямована на широке застосування методів інформатики при вивченні інших шкільних базових дисциплін. Використання міської мережі надало реальну можливість проведення шкільних уроків-семінарів, шкільних та міжшкільних конференцій та олімпіад, забезпечило можливість спілкування між викладачами та учнями не тільки в учбовий час, а й поза його межами.

Для проведення такого роду заходів було створено електронну конференцію під назвою KROG.CONF\_SCHOOL, на яку підписалися всі учасники заходу. Планувалося не лише експериментальне проведення однієї конференції, а і подальше проведення заходів такого роду.

В експерименті приймали участь учні загальноосвітньої школи № 9, школи інформаційного напрямку № 114 та Центрально-Міської гімназії. Експериментом передбачалося спілкування з однолітками через мережу EduNet.

Організація проведення першої конференції зайняла дещо більше часу, ніж планувалося спочатку. Ці складності були вик-

ликани в основному відсутністю навичок роботи школярів зі створеною мережею EduNet. Виявилось, що для більшості учнів поява у їхньому учбовому закладі міської мережі була, так би мовити, “таємницею за сімома печатками”. Тобто можливості цієї мережі використовувалися лише в адміністративному напрямку. Залучення ж учнів до роботи в мережі до цього не відбувалося. Враховуючи це, спеціально для учнів була розроблена допомога по роботі з редактором поштових повідомлень GoldEd, і цей документ був відправлений у KROG.CONF\_SCHOOL у формі листа.

Тематикою першої експериментальної конференції вирішили вибрати саме МТ. Це було зроблено з метою виявити реальний стан речей з цього питання у кожній школі – учасниці заходу. Питання, що подавалися до розглядання:

1. Можливості застосування МТ у школі на даному етапі.
2. Перспективи МТ у школі.

Приймаючи до уваги, що з однієї адреси, на якій зареєстровано певний учбовий заклад, повинні були відповідати декілька учнів, то заздалегідь був розроблений стандарт оформлення листів-виступів. Листи мали такий вигляд:

\*\*\*\*\*

...

FROM: CENTRAL SYTI GIMNASIUM 2:4642/7.33

TO : ALL

Subj: конференція

\*\*\*\*\*

Учасник: Іванов Андрій Степанович

11-А клас

Ц-М гімназія

Відповідь на лист учасника: Сидоренко Віктора Івановича

10-Б клас

сш 9

...

зміст листа

...

\*\*\*\*\*

Після оголошення тематики конференції та питань до обговорення кожна школа, яка бажала приймати участь у заході, надсилала в електронну конференцію заяву з кількістю учасників та короткими відомостями про кожного. Дуже важливим фактором було те, що в заяві записувалися не лише прізвище, ім'я та по-батькові, клас та школа, а також і примітка про наявність в учня досвіду роботи з МТ. Ці відомості враховувалися при підведенні підсумків.

Враховуючи стандарти мережі FidoNet, на базі якої була створена наша міська мережа EduNet, для створеної електронної конференції KROG.CONF\_SCHOOL були розроблені загальні правила щодо мови написання листів, норм поведінки при листуванні та специфічні для даної електронної конференції правила стосовно відправки листів-відповідей та підведення підсумків. На проведення конференції відводилося три дні, в останній із яких підбивалися підсумки. На час проведення кожного заходу такого роду в усіх учбових закладах, які приймають участь у конференції, вибирається відповідальний за її проведення. З метою підвищення об'єктивності оцінювання було вирішено, що підсумок підводить відповідальний іншої школи. Тобто, наприклад, стосовно нашої конференції: підсумки по 9-й школі підводила гімназія, по 114 – 9-а школа, а по гімназії – 114 школа. Оцінювання проводилося за такими критеріями: глибина розуміння теми, оригінальність пропозицій щодо використання МТ, активність кожного учасника. При підведенні підсумків ми працювали за рейтинговою системою. Обчислення рейтингу кожного учасника було досить простим. Спочатку розглядалася кількість листів від одного учасника. Якщо їх два, то ставили “+” за активність, якщо 3 – то ще один “+” і т.д. Потім розглядали кожен лист окремо. І вже тут дивилися, якщо відчувалася глибина розуміння теми, то – “+”, якщо цікава та оригінальна пропозиція, то теж “+”. Якщо в різних листах йшлося обговорення лише однієї пропозиції, і нових ідей не було, то “+” не ставився. Потім підраховували загальну кількість плюсів і отримували сумарний рейтинг кожного учасника. Після цього вибиралися 2 учні з кожної школи, у яких найбільший сумарний рейтинг по всім критеріям. Ці результати подавалися у електронну конференцію, а потім серед цих школярів вибирався один учень, у яко-

го сумарний рейтинг був найвищим. Йому надавалося право заключного листа у дану конференцію та можливість запропонувати до обговорення тему наступної конференції.

Проведення самого заходу проходило в декілька етапів. До першого віднесемо появу в KROG.CONF\_SCHOOL листів з правилами цієї конференції, допомогою по роботі в GoldEd, стандартами оформлення листів, тематикою конференції та критеріями підведення підсумків, а також датою її проведення. Другим етапом була відповідь кожного учбового закладу з заявою на кількість учасників. Наступним, третім етапом, став початок самої конференції, тобто отримання у KROG.CONF\_SCHOOL листів-відповідей від усіх учасників, а також вся подальша робота конференції. І останній етап – підведення підсумків і поява результатів у KROG.CONF\_SCHOOL.

Після підведення підсумків, виявилось, що рівень розуміння школярами цього питання не досить високий. Але спостерігається зацікавленість учнями цією темою, прагнення її більш глибокого вивчення. Виявилось, що існуючий стереотип про використання дітьми мереж лише для проведення ігор не зовсім правильний. Загалом кажучи, запропонований варіант проведення міжшкільних заходів має як свої переваги, так і недоліки. Переваги – це можливість спілкування учнів різних учбових закладів через комп'ютерну мережу на некомерційній основі; підвищення рівня відповідальності учнів, їх прагнення до самовдосконалення. Великим недоліком є розтягненість у часі проведення цього заходу як через саму технологію організації електронних конференцій, так і через інші проблеми, насамперед, не досить гарне технічне забезпечення більшості учбових закладів нашого міста. Але, спираючись на данні проведеної конференції, ми можемо сказати, що всі ці недоліки компенсуються цікавістю нового підходу до методики викладання базових шкільних дисциплін, зацікавленістю учнів такого роду заходами, формуванням у дітей здатності до самостійного мислення.

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ HTML В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

С.В. Можайский

г. Мелитополь, Мелитопольский государственный педагогический институт

На сегодняшний день самым мощным информационным ресурсом планеты является всемирная компьютерная сеть Интернет. Объём только русскоязычных документов в сети уже превысил 100 гигабайт. В Интернете можно найти материалы по любым интересующим пользователя темам.

Информация в сети хранится на серверах сети в виде HTML-документов. Формат HTML (HyperText Markup Language – язык разметки гипертекста) был специально разработан для Интернета и считается одним из лучших на сегодня вариантов представления текстовой информации совместно с графической. Простота редактирования и отладки (достаточно обычного Блокнота из состава Windows), наглядность, возможность взаимодействия с пользователем в диалоговом режиме, поддержка мультимедиа – всё это делает HTML удобным и привлекательным средством подачи информации [1].

Использование HTML совместно с другими средствами (язык управления просмотром страниц JavaScript, языки для создания серверных приложений (скриптов) Perl и C) позволяет существенно расширить его возможности [2].

Обычно применением HTML считают только создание веб-страниц – сайтов. Однако рассмотренные выше возможности HTML позволяют создавать и такие системы, которые обычно пишутся в визуальных языках программирования (Delphi, Visual Basic и т.д.). HTML имеет смысл использовать для создания обучающих и контролирующих систем, мультимедийных энциклопедий, электронных библиотек и многого другого. Причём всё это может быть доступно с помощью сети любому желающему.

Такие возможности языка HTML дают преимущества при создании обучающих и контролирующих систем. Достаточно разместить эту систему на сервере локальной сети, и любой студент может иметь к ней доступ. Есть возможность вести список

студентов, работавших с системой, подробный разбор ошибок. Создание подобных программ на традиционных языках программирования требует гораздо больше времени и труда.

Наконец, обучающие системы, созданные на HTML, могут быть доступны не только в локальной сети, но и по всему миру. Это даёт возможность создавать системы дистанционного обучения по Интернет, например, для организации заочного обучения в вузе. Подобные системы уже применяются в западных странах [3].

Применение HTML в учебном процессе является достаточно перспективным. Средства обучения, созданные с его помощью, имеют ряд преимуществ перед другими компьютерными системами обучения.

#### Литература:

1. Создание WEB-страниц с использованием FrontPage 98 и JavaScript. – ДМК, 1998.
2. Печет, Райт. Полное руководство CGI/Perl. Создание программ для Web + Cdot. – BHV, 1998.
3. Компьютерные сети. – ВЕК, 1998.

# **МЕТОДОЛОГИЯ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ С ЛОКАЛЬНЫМИ СЕТЯМИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ WWW-СЕРВЕРОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

В.В. Осадчий

г. Мелитополь, Мелитопольский государственный педагогический институт

Применение персональных компьютеров в самых различных сферах человеческой деятельности предопределили проблему рационального общения человека с ЭВМ. Поиски в этом направлении проводятся и в вузах, сосредоточиваясь в двух областях: технической и педагогической. Последняя связана с заданиями, которые связаны с программным обеспечением ЭВМ и разработкой методики их использования в обучении. Проблемы преподавания информатики рассматривались неоднократно, продолжая при этом разрастаться с каждым годом, что в первую очередь связано с развитием компьютерной техники и ее глобальным распространением не только за рубежом, но и на Украине. Новые информационные технологии неизменно ведут к созданию связанной глобальной инфраструктуры. Исходя из этого, а также основываясь на задачах педагогики (усовершенствование содержания образования; подготовка учебников согласно усовершенствованному содержанию образования; компьютеризация преподавательской деятельности; создание новых и модернизация существующих форм и методов обучения и т.д.) и условиях социального заказа, обусловленного информатизацией современного общества, мы пришли к выводу о необходимости перестройки методик обучения при подготовке специалистов-информатиков.

Опыт использования сетевых коммуникаций доказывает (Винницкое Высшее профессиональное училище № 4), что они играют немаловажную роль в совершенствовании учебно-воспитательного процесса. Разработка методов использования сетевых технологий в академической нагрузке на основе Intranet является перспективным направлением современной методологии.

В случае использования компьютерных коммуникаций в учебном заведении значительно упрощаются трудоемкие по объему работы организационного характера, такие как разработка и корректировка учебных планов и программ, составление учебников и учебных пособий.

Так на базе Вычислительного Центра Мелитопольского государственного педагогического института был создан виртуальный сервер [www.biblio.mpi.melitopol.net](http://www.biblio.mpi.melitopol.net), работающий под операционной системой Unix, содержание которого давно стало основой частью самостоятельных работ при изучении студентами учебного материала. Разработаны электронные страницы и виртуальные библиотеки с различной информацией профессионального уровня. С помощью этого и базового сервера [www.mpi.melitopol.net](http://www.mpi.melitopol.net) обеспечиваются такие службы, как электронная почта, дистанционное использование вычислительных ресурсов, координация работы исследовательских групп, обмен учебными программами и курсами лекций, осуществляется передача информации. Затраты на создание подобного сервера минимальные, так как операционная система типа Unix FreeBSD не требовательна к оборудованию и разрешает работать с большими объемами информации. Очень много места занимают курсы по графическим редакторам, типа PhotoShop и Corel Draw, а также большое количество документации по языкам программирования Си, Паскаль, Ассемблер. Основой данной библиотеки стали документы, взятые с компакт-дисков и непосредственно из Internet, а также размещены оригинальные лекционные курсы «Компьютерные технологии» и «База данных Access» по специальности «Химия и основы информатики». В дальнейшем планируется размещение всех учебных программ и лабораторно-практических заданий на данном сервере, создание глобальной сети института, обеспечивающей работу с общими дисками, архивами и базами данных. В связи с определенными трудностями этот сервер доступен только для использования локальной сетью института, но в ближайшем будущем при подключении выделенной линии, информация с данного сервера станет доступной всему миру электронных сетей Internet.

Разработка подобных библиотек позволит сэкономить время и деньги большинству студентов и преподавателей различных



вузов при поиске необходимой им информации, а также поможет решить проблемы усовершенствования образования, повышения его эффективности, интенсификации всех уровней учебно-воспитательного процесса. Работа с Internet и Intranet способствует развитию у студентов заинтересованности в изучении нового и в углублении уже пройденного материала, повышению мотивации к обучению и активизации мышления.

## ЕФЕКТИВНИЙ ПОШУК ХІМІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В INTERNET

С.В. Пустовіт, Т.В. Сахно, Г.Ф. Джурка  
м. Полтава, Полтавський державний педагогічний університет  
ім. В.Г. Короленка

Науковцям завжди було знайоме відчуття інформаційного “голоду”. Але задовольнити інформаційні потреби донедавна було досить важко і часто неможливо. Та з появою і швидким розвитком глобальної інформаційної мережі Internet нарешті з’явилася можливість знайти будь-яку потрібну інформацію.

На сьогоднішній день хімічні ресурси в Internet представлені досить широко, тому результативність пошуку залежить лише від кваліфікації дослідника та технічних засобів зв’язку.

Ефективним методом пошуку хімічної інформації в Internet є використання пошукових та мета пошукових систем.

Однією з найкращих пошукових систем по інформаційних ресурсах країн СНД є пошукова система **Апорт** (web-адреса [www.aport.ru](http://www.aport.ru)), завдяки можливостям якої можна швидко і ефективно знайти потрібну інформацію. Пошук інформації здійснюється за ключовими словами, тому краще заздалегідь підготувати список потрібних термінів, (наприклад в простому текстовому редакторі **Блокнот**), щоб відразу можна було вносити їх до пошукового поля. Якщо потрібно знайти інформацію за кількома ключовими словами то між ними бажано ставити знак + (наприклад: **хімічні+добрива**). Також бажано використовувати мову ресурсів на які орієнтована пошукова система. Інформацію про ефективніші способи пошуку інформації можна знайти в розділах допомоги та рекомендацій гіперпосилання на які є на головних сторінка майже всіх сучасних пошукових систем.

Також непогані результати пошуку можна отримати скориставшись послугами пошукової системи **Рамблер** (web-адреса [www.rambler.ru](http://www.rambler.ru)), в якій наукові ресурси представлені не так широко як в Апорті, але можна знайти багато методичної інформації з хімії, яку можна використовувати при розробці посібників для студентів та учнів, підготовці лабораторно-практичних занять та конспектів лекцій.

Найсучаснішу інформацію про події на ниві хімічної науки в світі можна отримати завдяки міжнародним пошуковим системам таким як:

**Yahoo!** (web-адреса [www.yahoo.com](http://www.yahoo.com)) – велика кількість інформаційних ресурсів та висока швидкість обробки запитів.

**AltaVista** (web-адреса [www.altavista.com](http://www.altavista.com)) – потужна база даних по всіх ресурсах мережі Internet.

**LookSmart** (web-адреса [www.looksmart.com](http://www.looksmart.com)) – працює з базою даних, що містить понад 500 тис. Web-сторінок і забезпечує непогані результати при пошуку статей та журналів.

**Excite** (web-адреса [www.excite.com](http://www.excite.com)) – підтримка тематичного пошуку дозволяє швидко знайти потрібну інформацію.

Використання метапошукових систем, таких як:

**Metacrawler** (web-адреса [www.metacrawler.com](http://www.metacrawler.com)),

**Inference** (web-адреса [www.inference.com/infind/](http://www.inference.com/infind/)),

**Dogpile** (web-адреса [www.dogpile.com](http://www.dogpile.com)),

**Cyber411** (web-адреса [www.cyber411.com](http://www.cyber411.com)),

дає можливість одночасно проводити пошук за допомогою кількох пошукових систем, що в більшості випадків дозволяє отримати найкращі результати.

Корисну інформацію можна знайти в інформаційна мережі **CHEMNET** (web-адреса [www.chem.msu.su](http://www.chem.msu.su)). Цей сервер ведеться в Інформаційному центрі хімічного факультету МГУ і містить різноманітну інформацію в галузі хімії, представлену в трьох великих розділах: хімічний факультет МГУ, хімічні наука і освіта в Росії, джерела хімічної інформації в Інтернеті. На сервері розміщено більше десяти баз даних по хімії, інформацію про конференції і семінари, журнал Російського хімічного товариства ім. Д. І. Менделєєва, а також добірку великої кількості гіперпосилань на хімічні ресурси мережі Internet.

Ресурси мережі Internet надзвичайно потужні, але часто кількість інформації перевищує якісний склад. Тому дослідник повинен чітко усвідомлювати мету пошуку і відповідно вибирати найбільш доцільну пошукову систему.

## КОМПЬЮТЕРНАЯ ОБРАБОТКА ЧИСЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

А.А. Тарасенко

г. Харьков, Харьковский институт пожарной безопасности МВД  
Украины

Многие наблюдения природных процессов приводят к долговременным зависимостям или рядам измерений. Например, достаточно давно ведутся замеры температуры воздуха. Длительные измерения числовых характеристик природных процессов обнаруживают их беспорядочное поведение на коротких и (без учета годичных и иных периодических вариаций) длинных временных интервалах. Запись таких процессов представляет собой кривую фрактальной размерности.

Компьютерная обработка таких временных рядов значительно повышает эффективность статистического анализа.

Примером природного процесса, непосредственно оказывающего влияние на жизнедеятельность человека, являются пожары, вызванные естественным самовозгоранием.

Среди общего числа пожаров не антропогенной провокации, степные, лесные и торфяные пожары занимают ведущее место.

Степные пожары, в связи с протяженностью фронта, несут угрозу безопасности большому количеству населенных пунктов. Лесные и торфяные, помимо этого, сами по себе наносят огромный материальный ущерб. Привлечение людских и материальных ресурсов для локализации и тушения, а также для ликвидации последствий пожаров, в том числе экологических, косвенно увеличивает урон.

Ситуация осложняется тем, что уменьшить количество таких пожаров не представляется возможным. Профилактические меры снижают антропогенный фактор возникновения пожаров, но не могут повлиять на количество стихийных очагов возгорания, возникающих при благоприятствующих им погодных и климатических условиях в результате естественного самовоспламенения. Доля таких пожаров в сравнении с антропогенными находится в обратной зависимости с обжитостью территории, поэтому стихийные пожары особенно характерны для удаленных и

труднодоступных мест, а это в свою очередь «удорожает» их тушение.

Поэтому, прогнозирование числа пожаров, возникающих под действием природных факторов, несомненно, представляет большой практический интерес.

Для стихийных пожаров характерна и естественна особенность – после установления в месте возможного очага возгорания влажностно-температурного режима, благоприятного для возникновения пожара, режим наибольшей вероятности самовоспламенения реализуется спустя некоторое время. Т.е. стихийным пожарам, как многим природным процессам, присущ эффект памяти. Это позволяет к статистике таких пожаров применить метод нормированного размаха Херста, который в зависимости от значения численных характеристик (показателя Херста) указывает на персистентный или антиперсистентный характер поведения временного ряда.

Попытка проанализировать статистику природных пожаров осложнилась отсутствием информации по пожарам, возникающим в результате естественного самовозгорания. Поэтому к таковым были отнесены пожары, чьи антропогенные причины не были установлены. Проведенный анализ показал наличие корреляции между числом таких пожаров и годовой пиковой температурой и тем самым не отверг правильность такого допущения.

Полученная таким образом статистика стихийных пожаров, при анализе с привлечением метода наименьших квадратов, показала значение показателя Херста, обуславливающего наличие персистентности, т.е. поддерживающей тенденции. Это означает, что если наблюдалось увеличение (уменьшение) числа пожаров в течение какого-либо временного интервала, то можно ожидать его увеличение (уменьшение) в течение последующего периода примерно такой же длительности.

## ДО ПИТАННЯ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ У СЕРЕДОВИЩІ EXCEL 97

Л.Л. Жукова<sup>1</sup>, М.С. Жуков<sup>2</sup>, О.В. Федоренко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> м. Кривий Ріг, Криворізький економічний інститут

<sup>2</sup> м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

Microsoft Excel – це не просто електронна таблиця з даними та формулами, що виконують елементарні обчислення за допомогою чотирьох арифметичних дій та деяких вмонтованих функцій. Це універсальна система обробки даних, яку можна використати для аналізу і представлення даних у наочній формі.

За допомогою Excel можна виконати досить складний статистичний аналіз, визначити тенденцію зміни числових даних, врахувати стандартні відхилення, зробити прогноз тощо.

Найчастіше первинні дані представлені у формі таблиць. Для наочності їх краще представити у вигляді графіка, вибравши тип діаграми – *График с маркерами, помечающими точки данных*.

Одна з проблем аналізу даних пов'язана з їх неточністю і необхідністю згладжування. Численні невеликі коливання скоріш за все випадкові. Для їх згладжування Excel пропонує широкі можливості. Розглянемо деякі з них.

“*Скользящее среднее*” – одна з статистичних функцій Excel для апроксимації середніх значень. Вона обчислює значення в кожній точці з урахуванням попереднього значення. Цей метод використовують для даних, суміжні значення яких мало відрізняються одне від одного. Для обробки даних функцією “*Скользящее среднее*” потрібно вибрати в меню *Сервис* команду *Анализ данных*. Якщо вона відсутня, то за допомогою команди *Сервис/Надстройки* відкрити діалогове вікно *Надстройки* та встановити в ньому прапорець *Анализ данных*, виділити опцію *Скользящее среднее* та підтвердити вибір натисканням на кнопку *ОК*. Після цього відкриється діалогове вікно, в якому у полі *Входной интервал* потрібно ввести або виділити в таблиці вхідні дані. Поле *Интервал* задає кількість значень, за якими слід підрахувати середнє. Чим більше буде це значення, тим сильніше буде згладжена крива. Якщо воно занадто велике, то виникає не-

безпеку повністю згладити окремі зміни або представити їх у дуже спотвореному вигляді. Далі треба встановити *Параметри вивода: Виходной інтервал* – це діапазон у таблиці, куди слід записувати результати обчислень; прапорець *Вывод графика* – означає побудову діаграми.

Натисканням на кнопку *OK* закривають діалогове вікно і на екран буде виведено діаграму з числовими значеннями.

Для більш зрозумілого представлення нової кривої потрібно натиснути правою кнопкою миші на стару послідовність даних і вибрати в контекстному меню команду *Формат рядов данных*; а у вкладці *Вид* указати *представление графика без линий* (при цьому замість старого графіка будуть виведені тільки точки). Якщо нова (згладжена) крива здається все-одно ще дуже ломаною, можна підвищити значення *інтервала*.

Для згладжування випадкових коливань даних можна використати також функцію – “*Экспоненциальное сглаживание*”:

Після встановлення прапорця *Экспоненциальное сглаживание* у діалоговому вікні *Анализ данных* кожне значення згладженої кривої буде обчислене за попереднім середнім з урахуванням заданого коефіцієнта ваги.

Цей метод використовується перш за все для даних, що характеризуються сильними коливаннями. Як і у випадку *Скользящего среднего*, за допомогою команд *Сервис/Анализ данных/Экспоненциальное сглаживание* відкривається діалогове вікно, в якому потрібно задати *Область ввода* (вхідні дані), *Область вывода* (результати обчислень) та встановити прапорець *Вывод графика*. Поле *Фактор затухания* приймає значення між 0 та 1. Чим вище це значення, тим сильніше згладжуються окремі коливання. Натисканням на кнопку *OK* закривають діалогове вікно. Результати представлені у вигляді діаграми та таблиці.

Найчастіше в процесі обробки даних на перший план виступає пошук кривої, що найбільш повно та рівномірно віддзеркалює тенденцію їх зміни. Для цього використовується регресійний тип функції. При цьому Excel не будує криву діаграми від однієї точки до наступної. За даними з таблиці та вибраним типом регресії програма обчислює ідеальну криву та проводить її на діаграмі. Для цього потрібно відкрити першу

діаграму, натиснути правою кнопкою миші на послідовність даних і вибрати опцію *Добавить линию тренда*. У діалоговому вікні, що з'явиться, потрібно перейти у вкладку *Тип*, вибрати один із шести, запропонованих Excel (*линейный, логарифмический, полиномиальный, степенной, экспоненциальный, скользящее среднее*). При цьому вибір залежить лише від користувача, від його досвіду та інтуїції. Математичні формули, що лежать в основі кожного типу регресії, можна викликати, натиснувши на кнопку “знак питання” зверху вкладки діалогового вікна, а потім на назву типу регресії.

Екстраполяція ряду даних, наприклад, для аналізу фактичних даних, оцінка тенденції їх зміни та одержання на цій основі прогнозу на майбутнє – це одна з найчастіше використовуваних функцій Excel.

Наприклад, за даними про матеріальні прибутки 37 сімей студентів одного з факультетів інституту проаналізована залежність доходу на одного члена сім'ї від кількості її членів.

Результати у вигляді фрагменту таблиці і діаграми представлені на рис. 1 (дані упорядковані за кількістю членів сім'ї та доходами на 1 члена сім'ї).

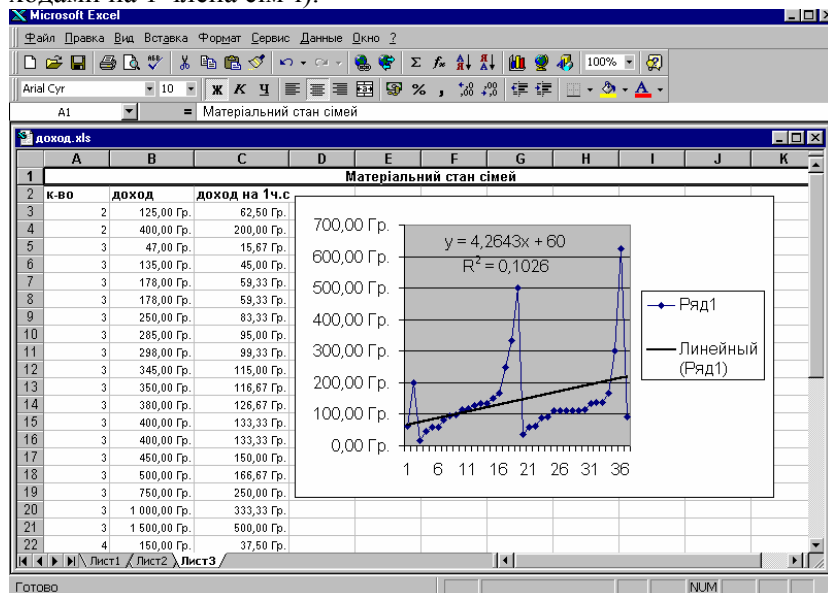


Рис.1. Аналіз матеріального стану сімей студентів



У статті розглянуті лише деякі статистичні функції, які можуть бути використані для обробки великих масивів даних. Всього їх біля сотні. Але на жаль, в спеціальній літературі вони мало описані, тому для їх використання потрібно придбати певні навички, що може бути досягнуто шляхом експериментів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Новиков Ф., Яценко А. Microsoft Office 97 в целом. – СПб.: ВHV–Санкт-Петербург, 1998. – 624 с.
2. Колесников А., Пробитюк А. Excel 7.0 для Windows 95: – К.: Торгово-издательское бюро ВHV, 1996. – 464 с.

## ГРУПУВАННЯ ДАНИХ У СЕРЕДОВИЩІ EXCEL 97

Л.Л. Жукова, О.С. Зеленський, В.Б. Хоцкіна, Я.В. Лешко  
м. Кривий Ріг, Криворізький економічний інститут

Обробка ділової інформації носить рутинний характер. Для автоматизації діловодства використовується універсальна система обробки даних Microsoft Excel 97.

Один із самих цікавих і багатообіцяючих засобів представлення і аналізу даних – групування, може бути з успіхом застосований у найрізноманітніших ситуаціях.

Розглянемо як приклад використання Excel для створення бази даних, яка призначена для аналізу витрат праці на написання учбового посібника.

З погляду організації даних учбовий посібник – це набір із декількох файлів Word, що подають собою окремі глави. Витрати праці будемо враховувати за обсягом написаного тексту – кількість сторінок і кількість підготовлених малюнків.

База даних буде являти собою *список* Excel, тобто таблицю, у першому рядку якої будуть розташовані *назви полів* записів, а в інших рядках будуть розташовуватися самі записи про кожну з глав посібника. Стовпчики таблиці будуть полями: номер глави, назва файлу, в якому знаходиться глава, назва глави, кількість сторінок, кількість малюнків, ідентифікатор автора (Автор1, Автор2, Автор3), дата завершення роботи над основним текстом. Вигляд створеної бази поданий на рис. 1.

Традиційний засіб обробки подібних списків звичайно являє собою сортування за одним або декількома із ключових полів і підведення проміжних і загальних результатів по групах записів, що мають співпадаючі значення у цих полях. Така обробка даних у Excel виконується за допомогою команди *Данные/Сортировка*. У діалоговому вікні встановити перемикач *Идентифицировать поля по подписям*. У списку *Сортировать по:* вибрати *Автор* і натиснути на кнопку *ОК*. Для обчислення проміжних та загальних підсумків потрібно виконати команду меню *Данные/Итоги*, у списку *При каждом изменении в:* вибрати *Автор*. У полі *Добавить результаты по:* встановити прапорці *Стр, Рис, Заменить текущие итоги, Итоги под данными*. Після цього натиснути на

кнопку ОК і одержимо таку картину (на рис. 2 наведена таблиця після впорядкування даних).

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>БАЗА ДАННЫХ</b>						
2							
3	<b>ЧАСТЬ</b>	<b>ФАЙЛ</b>	<b>НАЗВАНИЕ</b>	<b>СТР</b>	<b>РИС</b>	<b>АВТОР</b>	<b>ЗАВЕРШЕНО</b>
4	1	ОФ-1-1	РАБОЧИЙ ЛИСТ	4,0	1	3	11.2
5	0	ОФ-0	ВВЕДЕНИЕ	1,0	0	2	15.2
6	1	ОФ-1-2	ВВОД ДАННЫХ	4,5	4	3	26.2
7	1	ОФ-1-3	ФОРМАТИРОВАНИЕ	4,5	2	1	17.3
8	1	ОФ-1-4	ДИАГРАММЫ	2,0	5	1	25.3
9	2	ОФ-2-1	СПИСКИ	3,5	2	2	10.4
10	2	ОФ-2-2	СВОДНЫЕ ТАБЛИЦЫ	8,0	6	1	15.4
11	2	ОФ-2-3	СТРАНИЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ	7,5	4	1	20.4
12	2	ОФ-2-4	ДОП. ГРУППИРОВКА ДАННЫХ	4,5	1	2	22.4
13	2	ОФ-2-5	ДОП. ВЫЧИСЛЕНИЯ	3,5	1	2	26.4
14	2	ОФ-2-6	ДИАГРАММЫ	5,0	4	1	10.5
15							
16							

Рис. 1. База даних про хід роботи над посібником

В Excel є засіб обробки даних, що набагато перевершує по гнучкості, різноманітності і зручності використання традиційні списки з проміжними результатами. Засіб цей називається зведені таблиці.

Що ж це таке – зведена таблиця? Це плоска або об’ємна (така, що складається з декількох прошарків, або сторінок) прямокутна таблиця, що дозволяє додати або іншим чином отримати суму великих обсягів даних із розташованого в іншому місці робочої книги вихідного списку даних. Замість звичайного списку робочого аркуша Excel вхідними даними можуть бути дані з іншої зведеної таблиці або запиту до зовнішньої бази даних.

Для одержання результатів можна вибрати підходящу функцію зведення або інший метод обчислень. Ці обчислення виконуються для одного або декількох полів вхідного списку, оголошених як поля даних. При цьому деякі інші поля вхідного списку використовуються для групування даних у рядках і стовпчиках зведеної таблиці.

БАЗА ДАННЫХ							
3	ЧАСТЬ	ФАЙЛ	НАЗВАНИЕ	СТР	РИС	АВТОР	ЗАВЕРШЕНО
4	1	ОФ-1-3	ФОРМАТИРОВАНИЕ	4,5	2	1	17,3
5	1	ОФ-1-4	ДИАГРАММЫ	2,0	5	1	25,3
6	2	ОФ-2-2	СВОДНЫЕ ТАБЛИЦЫ	8,0	6	1	15,4
7	2	ОФ-2-3	СТРАНИЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ	7,5	4	1	20,4
8	2	ОФ-2-6	ДИАГРАММЫ	5,0	4	1	10,5
9				27,0	21	<b>1 Всего</b>	
10	0	ОФ-0	ВВЕДЕНИЕ	1,0	0	2	15,2
11	2	ОФ-2-1	СПИСКИ	3,5	2	2	10,4
12	2	ОФ-2-4	ДОП. ГРУППИРОВКА ДАННЫХ	4,5	1	2	22,4
13	2	ОФ-2-5	ДОП. ВЫЧИСЛЕНИЯ	3,5	1	2	26,4
14				12,5	4	<b>2 Всего</b>	
15	1	ОФ-1-1	РАБОЧИЙ ЛИСТ	4,0	1	3	11,2
16	1	ОФ-1-2	ВВОД ДАННЫХ	4,5	4	3	26,2
17				8,5	5	<b>3 Всего</b>	
18				48,0	30	<b>Общий итог</b>	

Рис. 2. Відсортований список із проміжними результатами

Наприклад, можна визначити одне поле (або декілька полів) як поле стовпчика (або, знов-таки, декілька інших) – як поле рядка, а для об’ємних зведених таблиць ще деякі – як поля сторінок. Тоді в клітинці зведеної таблиці, розташованої на одній із сторінок на перетині конкретного стовпчика і конкретного рядка, буде розташований підсумковий результат обчислень за допомогою обраної функції зведення по полю даних, відповідним цим конкретним значенням полів рядка, стовпчика і сторінки.

У попередньому прикладі ми використали для групування даних текстове поле “Автор”, і для кожного з трьох наявних значень цього поля у вихідному списку ми одержали підсумковий рядок.

Проте ми можемо використовувати для групування даних не тільки текстові поля, але і поля, що містять дані типу дата або час. У таких випадках групування даних за співпадаючими значеннями дати призводить до того, що групування даних практично відсутнє (багато різноманітних значень у вхідному спи-

ску). Набагато цікавіше групувати такі дані не за принципом повного збігу значень дати, а по звітним періодам – наприклад, тижням, місяцям або кварталам.

У таблиці даних конкретні дати завершення підготування тексту окремих глав не зручні для аналізу - групування майже не можливе, бо дати розподілені не рівномірно. Набагато більше підійшла б для цілей аналізу таблиця, у котрій та ж інформація була б згрупована по тимчасових інтервалах рівної тривалості – наприклад, декади, двотижневі періоди або місяці.

Отже, щоб з’явилася можливість групування за полем “Завершён”, необхідно включити в зведену таблицю тільки ті рядки вхідного списку, що мають уже проставлені значення цього поля, тобто змінити джерело даних.

Сховати записи з незаповненими полями дати завершення простіше усього за допомогою фільтрації вхідного списку. Для досягнення цієї цілі прийдеться виконати додаткові дії: наприклад, скопіювати результати такої фільтрації на окремий робочий аркуш, як новий список даних, і лише потім використовувати отриманий інтервал клітинок, що містить тільки відфільтровані дані, для побудови зведеної таблиці.

Для цього спочатку створимо новий робочий аркуш, і назвемо його “Выборка”. Потім перейдемо на робочий аркуш вхідних даних “Данные”.

Щоб відфільтрувати дані і скопіювати їх на новий робочий аркуш, потрібно виконати команду *Данные / Фильтр / Автофильтр*. Вибрати у полі *Завершён (Непустые)*. Виділити всю таблицю. Потім виконати команди меню *Правка / Копировать*. Після цього перейти на робочий аркуш “Выборка”/A1 і виконати команду *Правка / Вставить*.

Тепер можна приступити до побудови зведеної таблиці по відфільтрованим даним. Для цього потрібно створити робочий аркуш Таблица3, виконати команду *Данные/Сводная таблица...* встановити перемикач *в списке или базе данных Microsoft Excel* Натиснути на кнопку *Далее*. У таблиці “Выборка” перемістити курсор у клітинку A1, натиснути <Ctrl>+<Shift>+<↓>, <Ctrl>+<Shift>+<→> і кнопку *Далее*.

“Перетягнемо” поле “Завершён” в область рядків, поле “Автор” в область стовпчиків, і нарешті, поле “Стр.” в область даних

зведеної таблиці. Оскільки нас влаштовують стандартні параметри четвертого кроку, можна відразу натиснути кнопку *Готово*.

В отриманій зведеній таблиці відсутній рядок із значенням (пусто) у стовпчику “Завершён” – а виходить, тепер можна буде застосувати потрібне нам групування по цьому полю. Згрупуємо дані по періодах у два тижні: Активізуємо А3 правою кнопкою миші, виконаємо команду *Выделить / Только заголовки*, після цього виконаємо команди *Данные / Группа и структура / Группировать...*

Тепер став доступним потрібний нам діалог *Группировка*. Згрупуємо дані по двотижневих періодах:

*С шагом: Дни* {зняти виділення елемента "Месяцы"}. У поле *Количество дней*: ввести 14 і натиснути на кнопку ОК.

От що повинно утворитися (рис. 3):

	A	B	C	D	E	F
1	Сумма по полю СТР	АВТОР				
2	ЗАВЕРШЕНО	1	2	3	Общий итог	
3	11.02.1999 - 24.02.1999		1	4	5	
4	25.02.1999 - 10.03.1999			4.5	4.5	
5	11.03.1999 - 24.03.1999	4.5			4.5	
6	25.03.1999 - 07.04.1999	2			2	
7	08.04.1999 - 21.04.1999	15.5	3.5		19	
8	22.04.1999 - 05.05.1999		8		8	
9	06.05.1999 - 10.05.1999	5			5	
10	Общий итог	27	12.5	8.5	48	
11						

Рис. 3. Згрупована зведена таблиця

Статистичне зведення може бути використане як один з етапів дослідження масових суспільних явищ. Суть його полягає в класифікації первинних даних.

Продемонструємо вищесказане на прикладі. За результатами анонімного опитування групи студентів одного з факультетів інституту проведено аналіз добробуту сімей студентів (рис. 4).

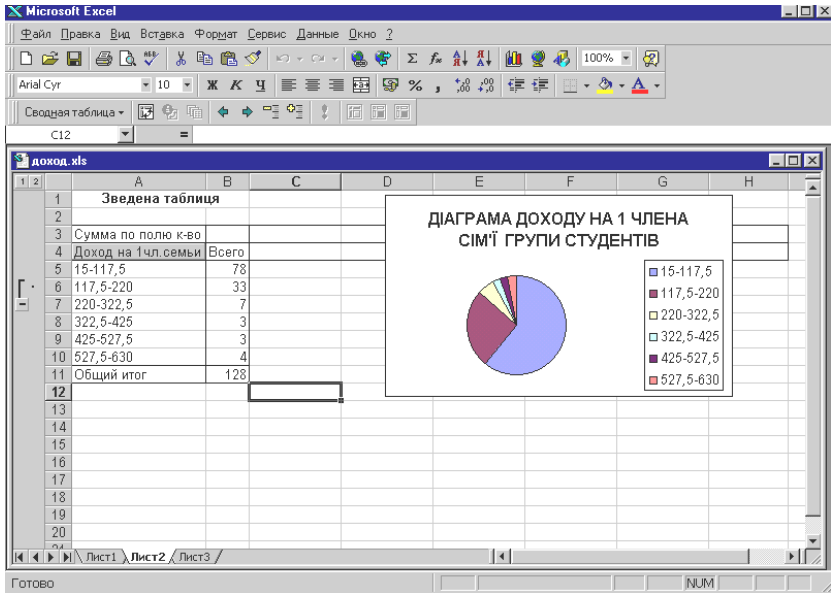


Рис.4. Аналіз добробуту сімей студентів.

На етапі зведення елементи сукупності за принципом схожості та відмінності певних ознак об'єднуються в групи. Результати зведення оформляються у вигляді статистичних таблиць та графіків. Ці дані можуть бути використані для проведення статистичного аналізу соціально-економічних явищ.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Новиков Ф., Яценко А. Microsoft Office 97 в целом. – СПб.: ВНУ–Санкт-Петербург, 1998. – 624 с.
2. Колесников А., Пробитюк А. Excel 7.0 для Windows 95. – К.: Торгово-издательское бюро ВНУ, 1996. – 464 с.

## ВИКОРИСТАННЯ ФІНАНСОВИХ ФУНКЦІЙ У ВИРІШЕННІ ЗАДАЧ ГОСПОДАРСЬКОГО ОБЛІКУ

В.Б. Хоцкіна, Є.А. Хоцкін, О.А. Антюхіна  
м. Кривий Ріг, Криворізький економічний інститут

Сучасний етап розвитку держави передбачає оптимізацію звітності, приведення обсягу інформації до потреб системи ринкового управління. Суцільна звітність призводить до поглибленого аналізу даних. Це стосується передусім інвестиційних процесів, використання виробничого потенціалу, ресурсозбереження, збалансованості економіки, прогнозування виробничих процесів. Досліджуючи будь-які суспільні процеси, вивчається кількісна сторона суспільних явищ для вияву закономірностей в них.

Вирішення задач фінансово-економічного спрямування пов'язана з фінансовими розрахунками, обчисленням узагальнюючих фінансових показників для оцінки діяльності конкретних господарств. Excel-97 налічує більше 50-ти фінансових функцій.

Функція – це задана формула, що виконує певний тип обчислень. Після функції необхідно задати параметри, що називають аргументами. Аргументи, як правило, повинні задаватися в круглих дужках. У деяких випадках за аргументами ідуть параметри, що задаються по умовчанням або являються необов'язковими. Також, як при завданні формул, кожна функція повинна починатися зі знака “=”.

Вводити функцію можна безпосередньо з клавіатури у відповідну клітину. Проте в цьому випадку необхідно пам'ятати синтаксис функції, а також використовувати для цього спеціальний інструмент Excel – *Майстер функцій* (Function Wizard). *Майстер функцій* дозволяє вибрати необхідну функцію, а також стежить за передачею усіх необхідних аргументів, відповідністю дужок, що закриваються і відкриваються, і наявністю крапки з комою, коми, що розділяють аргументи. Більшість функцій як аргумент використовують числа і повертають результат у числовому вигляді, проте деякі з функцій аргументами можуть використовувати інші типи даних.



Виклик *Майстра функцій* здійснюється після вибору необхідної клітини клацанням миші по кнопці *Function Wizard* (на ній зображений символ  $f_x$ ) на панелі стандартних інструментальних засобів або використовувати меню *Вставка Функція*. Після цього з'являється вікно діалогу “*Майстер функцій*” – крок 1 із 2. Воно містить два вікна списку *Категорія функцій* (Function Category) та *Ім'я функції* (Function Name). Необхідно вибрати потрібну функцію, що вставляється в поточну клітину з обов'язковими круглими дужками.

Наприклад, вибрана функція СУМ у списку *Ім'я функції*. Після того, як вибір зроблений, програма запише в клітині й у панелі формул:

$$=СУМ()$$

Далі необхідно продовжити введення числових аргументів, що задаються в наступному вікні “*Майстра функцій*”. Можна знайти суму в кількості до 30 аргументів. Після задання аргументів потрібно натиснути кнопку ОК.

Фінансові функції пов'язані з фінансовими розрахунками. За допомогою фінансових функцій здійснюються такі типові фінансові розрахунки, як обчислення суми платежу по позичці, обсяг періодичної виплати по вкладенню або позичці, вартість вкладення або позички по завершенні усіх відкладених платежів.

Аргументами фінансових функцій часто являються такі величини:

- майбутнє значення – вартість вкладення або позички по завершенню усіх відкладених платежів;
- кількість виплат – загальна кількість платежів або періодів виплат;
- виплата – об'єм періодичної виплати по вкладенню або позичці;
- поточне значення – початкова вартість вкладення або позички. Так, початкова вартість позички дорівнює, власне, сумі позики;
- ставка – відсоткова ставка або знижка по вкладенню або позичці;
- режим виплат – режим виплат, із яких здійснюються виплати (наприкінці або на початку місяця).

Наприклад, аналіз динаміки експлуатації автомобілів у

транспортному підприємстві пов'язаний з необхідністю обчислення показника річної суми амортизації.

Автобаза має на балансі автомобілі різних марок. Необхідно визначити річну амортизацію по маркам автомобілів на автобазі для заданого періоду часу, якщо відомо:

- марка автомобіля;
- балансова вартість автомобіля;
- залишкова вартість автомобіля;
- час експлуатації;
- період

Вхідні дані представлені на рис.1.

ОБЧИСЛЕННЯ РІЧНОЇ СУМИ АМОРТИЗАЦІЇ					
МАРКА АВТОМОБІЛЯ	БАЛАНСОВА ВАРТІСТЬ	ЗАЛИШКОВА ВАРТІСТЬ	ЧАС ЕКС - ПЛУАТАЦІЇ	ПЕРІОД	РІЧНА СУМА АМОРТИЗАЦІЇ
ВОЛГА (ГАЗ-3102)	30000,00	16500	2	1	
Jeep"KIA" (Sportage)	99000,00	34650	3	2	
ВОЛГА (ГАЗ-3110)	32000,00	27200	1	1	
ЗИЛ-130	55600,00	16680	14	12	
КАМАЗ	86000,00	26540	11	10	
ЗИЛ-130	54800,00	10960	16	16	
ВСЬОГО					

Рис.1. Електронна таблиця річної суми амортизації

Розрахунки для цієї задачі можливо виконати, використовуючи фінансову функцію АМГД.

Функція АМГД визначає річну амортизацію майна для заданого періоду часу. Синтаксис:

АМГД(вартість; залишкова\_вартість; час\_експлуатації; період)

вартість – початкова вартість майна;

залишкова\_вартість – залишкова вартість наприкінці періоду амортизації;

час\_експлуатації – кількість періодів, за які власність амортизується (іноді називається періодом амортизації);

період – це період (повинен бути виражений в тих же одиницях, що і час повної амортизації).

АМГД обчислюється за формулою:

$$\text{AMГД} = \frac{(\text{стоимость} - \text{остаточная стоимость}) * (\text{время эксплуатации} - \text{период} + 1) * 2}{(\text{время эксплуатации}) * (\text{время эксплуатации} + 1)}$$

Вибрав клітинку F3 стовпчика *Річна сума амортизації* для першого автомобіля, необхідно натиснути на кнопку  $f_x$  на панелі інструментів. У діалоговому вікні, що з'явилось у списку *Категорія функцій* слід вибрати *фінансові*, а у полі *Ім'я функції* необхідно вибрати функцію АМГД з аргументами:

$$=AMГД(B3;C3;D3;E3)$$

Скопіювавши цю формулу в нижче розташовані клітинки таблиці, отримаємо річну суму амортизації для інших автомобілів. Заодно згрупуємо дані і підведемо підсумки.

Результати обчислень наведені на рис. 2.

ОБЧИСЛЕННЯ РІЧНОЇ СУМИ АМОРТИЗАЦІЇ					
МАРКА АВТОМОБІЛЯ	БАЛАНСОВА ВАРТІСТЬ	ЗАЛИШКОВА ВАРТІСТЬ	ЧАС ЕКС. ПЛУАТАЦІЇ	ПЕРІОД	РІЧНА СУМА АМОРТИЗАЦІЇ
Jeep "KIA" (Sportage) ВОПГА (ГАЗ-3102)	99000,00	34650	3	2	21 450,00р.
ВОПГА (ГАЗ-3110)	30000,00	16500	2	1	9 000,00р.
ЗИЛ-130	32000,00	27200	1	1	4 800,00р.
ЗИЛ-130	55600,00	16680	14	12	1 112,00р.
ЗИЛ-130	54800,00	10960	16	16	322,35р.
КАМАЗ	86000,00	26540	11	10	1 801,82р.
<b>ВСЬОГО</b>	<b>357400,00</b>	<b>132530</b>			<b>38 486,17р.</b>

Рис 2. Електронна таблиця річної суми амортизації.

Згрупувавши показник річної суми амортизації за марками автомобілів за допомогою статистичних функцій EXCEL можна виявити закономірність зміни цього показника від часу експлуатації, що дозволить використати її у прийнятті господарських рішень.

## ДЕЯКІ ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ Й ВПРОВАДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ

Є.О. Кривенко

м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет

У межах нових інформаційних технологій починають з'являтися продукти та інструментальні середовища, аудіо- і відеопотенціал яких може дати новий імпульс до створення комп'ютерних засобів підтримки процесу навчання.

Можна відмітити ряд критеріїв, що визначають переваги нового багатоповерхового супроводу процесу навчання, створеного з використанням цієї техніки, а також деякі додаткові можливості. У випадку “мультимедійного” навчання проектування процесу навчання перетворюється у самостійну проблему і стає основною турботою викладача. При цьому в його роботу входить визначення мети і задач навчання, відбір і конструювання змісту навчання, визначення задач для дидактичних засобів, відбір, проектування й створення дидактичних матеріалів, складання плану-конспекту заняття.

Комп'ютер із мультимедійною платою стає універсальним навчаючим або інформаційним інструментом практично в будь-якій галузі знань: достатньо встановити на нього відеодиск CD-ROM із відповідним навчальним курсом.

Більшість баз даних на дисках CD-ROM дозволяє користувачеві здійснювати пошук інформації щонайменше двома способами: переглядом і аналітичним або булевим. Перший спосіб дозволяє користувачеві переглядати алфавітний довідник слів чи заголовків (або того й іншого) до того моменту, коли він виявляє те, що його цікавить. Аналітичний, або булевий спосіб, є більш складним і надає користувачеві можливість комбінувати ключові слова різними способами для розширення чи звуження області пошуку. Основною перевагою технології CD-ROM є величезний обсяг зберігання інформації та ряд інших суттєвих переваг. Так, наприклад, ця технологія дозволяє користувачам переглянути значні масиви інформації будь-якого характеру, а гіпертекстові можливості багатьох програм – сортувати потік інформації.

Зростає інтерес і до систем гіпермедіа, в яких елементи, пов'язані один з одним, містять не тільки текст, але й графіку, звукозаписи, фотографії, мультфільми, відеокліпи і т.п. Виділяють чотири критерії, що визначають переваги використання систем гіпермедіа:

- простота навчання;
- ефективність використання;
- легке запам'ятовування учбового матеріалу;
- незначна кількість помилок, які допускає користувач.

Використання гіпермедіа як учбового засобу можна порівняти з використанням книги, коли читач може вивчати будь-яку тему довільно та у будь-якому порядку. Місце знаходження інформації про конкретний предмет можна знайти у змісті, переліку тем чи у інший спосіб.

Розвиток текстово-графічного інтерфейсу користувача, з одного боку, і методів об'єктно-орієнтованого програмування, з іншого – привели до створення нових середовищ типу Hyper Card, які фактично є системами мультимедіа і містять засоби для подання різних типів інформації. За допомогою Hyper Card можна об'єднати текстову, графічну, числову відео- та аудіоінформацію в уніфіковану базу даних.

Останнім часом великі надії у розвитку нових інформаційних технологій навчання пов'язують з інтелектуальними навчаючими системами – ІНС. Суттєвою частиною ІНС є моделі учня, процесу навчання, предметної області, на основі яких для кожного учня індивідуально будується раціональна стратегія навчання. А бази знань ІНС поряд із формалізованими можуть містити експертні знання в предметних галузях і у сфері навчання.

Більшість найкращих існуючих ІНС складаються з тренувальних або консультуючих елементів, що додаються до ігрового, моделюючого або прикладного пакета програм. Вони забезпечують створення ефективних засобів, які учні можуть використовувати для виконання найрізноманітніших задач.

Але для реалізації більш повної підтримки навчання необхідним є дискусійний рівень взаємодії ІНС з учнями. Такий рівень забезпечують експертні системи останнього покоління,

які називають критичними. Вони мають можливість здійснювати оцінку рішень учнів, забезпечують зворотний зв'язок, підказують стратегію рішення, допомагають поліпшити запропонований учням підхід чи варіант. Декілька особливостей відрізняють критичні системи від ІНС першого покоління:

1) на відміну від ІНС, метою яких є автоматизація процесу розв'язання проблеми і тим самим позбавлення учня ініціативи, критичні системи забезпечують підтримку цього процесу;

2) критичні системи пропонують навчальний метод, при якому на учня не покладається повна відповідальність за розробку проблеми; йому відведено роль користувача системи на основі знань, отриманих іншим, він забезпечується консультаціями та підказуванням можливих шляхів розв'язування проблеми;

3) критичні системи імітують посередника, який коментує і критикує розв'язання проблеми учнем.

Інтелектуальні навчаючі системи мають значну особливість – багатоваріантність, а, отже в сучасному процесі навчання за ними – майбутнє.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАНИЦ РАЗДЕЛА Al–Be

Т.И. Максимова, С.А. Томилин, Б.А. Поддубный  
г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Процедура формирования качественных контактов металл – полупроводник играет важную роль в твердотельной микроэлектронике. Для улучшения некоторых характеристик контактов используется многослойная металлизация. В настоящей работе исследована граница раздела системы Al–Be. в качестве теоретической методики использован метод молекулярной динамики (МД) [1]. Потенциалы межатомного взаимодействия Si–Si, Al–Al, Al–Be и Be–Be получились из *ab initio* расчетов путём интерполяции локальными кубическими сплайнами. На рис.1.1–1.3 предоставлены потенциалы взаимодействия.

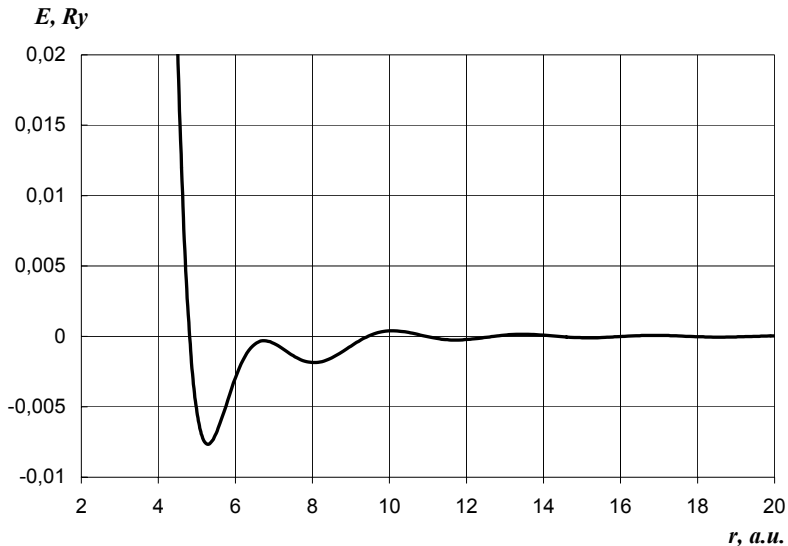


Рис. 1.1. Потенциальный рельеф при взаимодействии двух атомов алюминия.

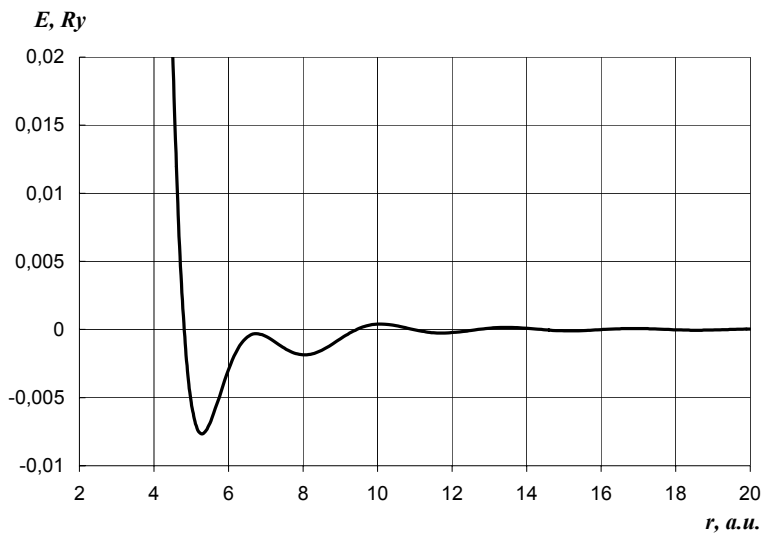


Рис. 1.2. Потенциальный рельеф при взаимодействии двух атомов бериллия.

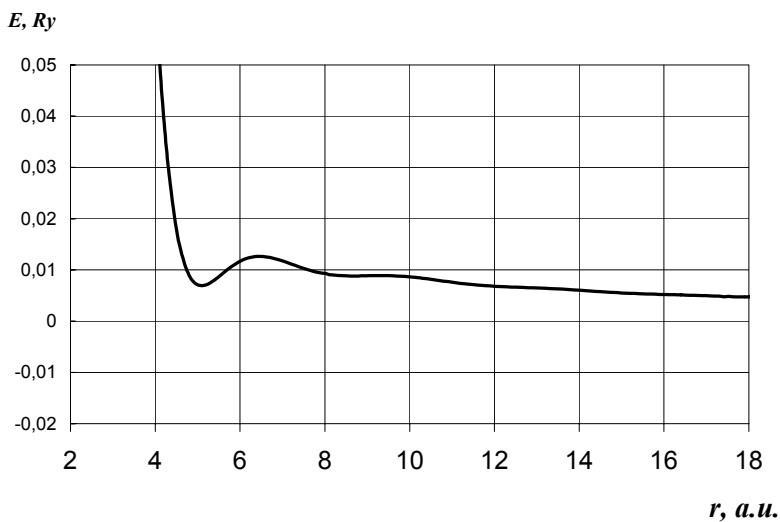


Рис. 1.3. Потенциальный рельеф при взаимодействии двух атомов системы Al-Be.



Далее мы интересовались только структурными свойствами системы [3]. Расчетная ячейка включала 10 слоёв атомов Al по 80 в каждом. Слои Be содержат по 120 атомов, их число меняется от 1 до 12. Расчёты проводились для разных температур ( $T=300\text{--}400\text{K}$ ) с временным шагом  $10^{-15}\text{--}10^{-14}\text{с}$ . относительная ошибка расчета полной энергии не превышала 1%.

На рис.2 показана типичная картина для границы раздела Al-Be. Рассматривались плоскости стыка (001) и (111).

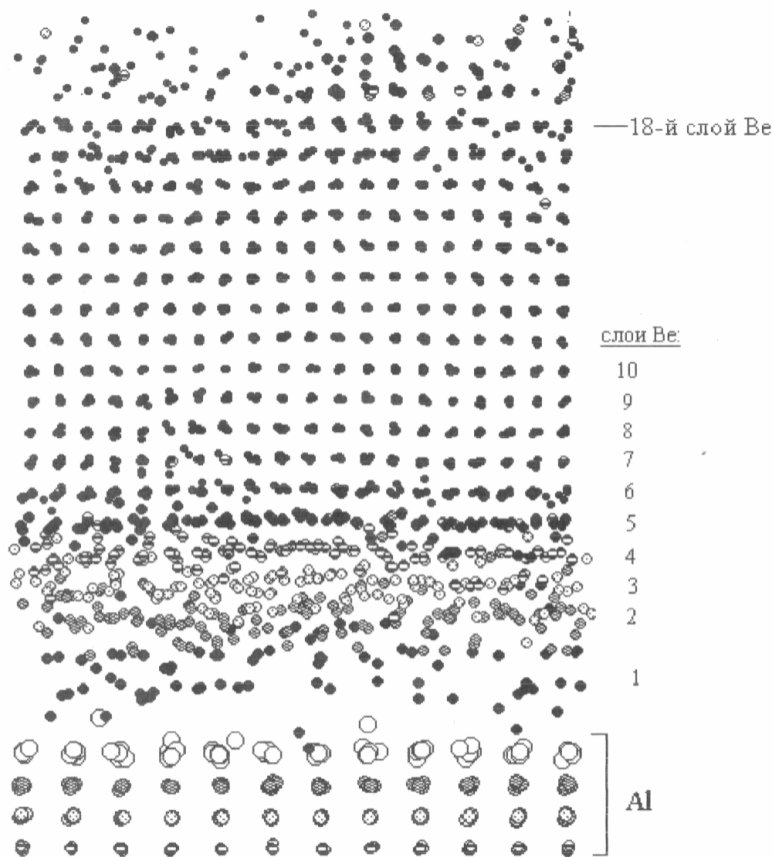


Рис. 2. Граница раздела системы Al-Be.

В случае стыка (001) при  $T=300\text{K}$  требуется 8-9 слоёв Be для стабилизации поверхности Al. Разупорядочение обоих металлов

имеет место. Разупорядочение в слоях Ве распространяется на 5-6 первых слоях. Заметно наличие точечных дефектов. В Al разупорядочение затрагивает 3-4 слоя.

Далее рассматривался вариант напыления Ве (001) на Al (111). Такая комбинация кристаллографических плоскостей дает более качественную стабильную границу раздела. Число точечных дефектов уменьшается, слои Ве менее разупорядочены.

Следующим важным результатом работы есть зависимость структуры границы раздела от расстояния  $d$  между первыми слоями Al-Ве. Перемешивание Al и Ве наблюдается только в том случае, если начальное расстояние между подложкой и наносимым слоем Al. незначительное перемешивание наблюдается и при  $d < 0,1 \text{ \AA}$ . При  $0,1 < d < 0,2 \text{ \AA}$  имеем простое соприкосновение на отдельных участках двух материалов. При  $d > 0,2 \text{ \AA}$  ни перемешивания, ни стыковки между Al и Ве не происходит.

Отметим характерную температурную зависимость состояния границы раздела. Основной вывод состоит в том, что с ростом температуры степень разупорядоченности границы раздела возрастает так, чтобы упорядочить слои Ве необходимо нарастить при 300 К–6 слоев, при 350–6-8 слоев, при 400°–8-10 слоев.

Подведем итоги:

- граница раздела Al-Ве характеризуется разупорядоченной приграничной фазой, РПФ структура которой зависит от механизма образования границы раздела;
- природа РПФ состоит в перемешивании атомов Al и Ве на границе раздела, изменении межатомных расстояний и образования точечных дефектов;
- РПФ зависит от начальных условий образования границы Бардела, в частности, расстояния  $d$  между первыми слоями Al и Ве;
- на структуру РПФ существенно влияет температура внешней среды.

1. M. Meyer, V. Pontikis (eds.) Computer Simulation in Materials Science // Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, 1991.
2. D. Fuks, A. Kiv (unpublished).
3. Т.И. Максимова. Радиационно-стимулированная стабилизация поверхности Si (001) // УФЖ, 2000, №7.

## ТЕОРЕТИКО-ЧИСЛОВОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ В ВЫЧИСЛЕНИЯХ С ПРОИЗВОЛЬНОЙ ТОЧНОСТЬЮ

Е.В. Быч, С.А. Семериков

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический  
университет

Умножение двух цифровых строк традиционным ручным методом (в «столбик») – достаточно медленная операция: при умножении двух строк длины  $N$  сомножители перемножаются поразрядно, что требует  $O(N^2)$  операций. Тем не менее, *все* арифметические операции над числами длины  $N$  могут фактически быть выполнены за  $O(N \cdot \log N \cdot \log \log N)$  вычислений.

Широко используемым приемом является то, что умножение, по существу – свертка цифр сомножителей, сопровождающаяся некоторой разновидностью переноса. Рассмотрим, например, два способа записи вычисления  $456 \cdot 789$ :

456	4	5	6
* 789	* 7	8	9
<hr style="width: 100%;"/>	<hr style="width: 100%;"/>	<hr style="width: 100%;"/>	<hr style="width: 100%;"/>
4104	36	45	54
3648	32	40	48
<hr style="width: 100%;"/>	<hr style="width: 100%;"/>	<hr style="width: 100%;"/>	<hr style="width: 100%;"/>
3192	28	35	42
<hr style="width: 100%;"/>	<hr style="width: 100%;"/>	<hr style="width: 100%;"/>	<hr style="width: 100%;"/>
359784	28	67	118 93 54
	<hr style="width: 100%;"/>	<hr style="width: 100%;"/>	<hr style="width: 100%;"/>
	3	5	9 7 8 4

Слева показан стандартный метод умножения, при котором для получения результата складываются три отдельных коротких (одноразрядных) умножения полных сомножителей (на 9, 8 и 7). Справа показан другой метод (иногда используемый для вычислений «в уме»), при котором сначала вычисляются все одноразрядные перекрестные произведения (например,  $8 \cdot 6 = 48$ ), которые затем складываются в столбцы для получения неполного результата с переносом (28; 67; 118; 93; 54). Для записи результата проходим справа налево, записывая один наименее значащий разряд и, перенося, старшие в сумму слева (например,  $93 + 5 = 98$ , 8 пишем, 9 переносим).

Легко увидеть, что в этом методе суммы в столбцах – компоненты свертки цифровых строк; например,  $118 = 4 \cdot 9 + 5 \cdot 8 + 6 \cdot 7$ . Согласно алгоритму вычисления свертки двух последовательностей [1] быстрым преобразованием Фурье (БПФ), над каждой

последовательностью выполняется БПФ, затем они перемножаются, и над результатом выполняется обратное БПФ. При этом, так как преобразования связаны с плавающей арифметикой, нам нужна достаточная точность для того, чтобы получить точное целое значение каждой составляющей результата при наличии ошибки округления.

Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) последовательности  $x(N)$  длины  $N$  определено как

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)W^{kn} . \quad (1)$$

В обычном преобразовании Фурье  $W$  определено как

$$W = e^{-\frac{2\pi i}{N}} . \quad (2)$$

Обратное преобразование:

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k)W^{-kn} \quad (3)$$

Нас интересует не само преобразование, а его свертка. Циклическая свертка двух последовательностей  $a(n)$  и  $b(n)$  длины  $N$  определена как

$$c(n) = a(n) * b(n) = \sum_{k=0}^{N-1} a(k)b(n-k) . \quad (4)$$

При этом  $a(n)$  и  $b(n)$  рассматриваются как циклические последовательности, т.е.  $b(-1) = b(N-1)$  и т.д. Теперь свертку можно более эффективно вычислить в обратном пространстве (пространстве Фурье), в котором свертка сводится к линейному (поэлементному) умножению. Для того чтобы вычислить свертку, выполняют Фурье-преобразование сворачиваемых последовательностей, перемножают соответствующие элементы образов и выполняют обратное преобразование.

Прямое (1) и обратное (3) ДПФ может быть вычислено с использованием БПФ. Если  $A(k)$  и  $B(k)$  – Фурье-преобразования последовательностей  $a(n)$  и  $b(n)$ , то Фурье-преобразование свертки  $c(n)$

$$C(k) = A(k)B(k) \quad (5)$$

и  $c(n)$  можно вычислить обратным преобразованием. Из (1)

$$C(k) = A(k)B(k) = \sum_{i=0}^{N-1} a(i)W^{ik} \sum_{j=0}^{N-1} b(j)W^{jk} . \quad (6)$$

Подставляя (3), получим:

$$\begin{aligned}
 c(n) &= \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} C(k) W^{-kn} \\
 &= \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} W^{-kn} \sum_{i=0}^{N-1} A(i) W^{ik} \sum_{j=0}^{N-1} B(j) W^{jk} \\
 &= \sum_{i=0}^{N-1} A(i) \sum_{j=0}^{N-1} B(j) \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} W^{k(i+j-n)}.
 \end{aligned} \tag{7}$$

Очевидно, что (7) и (4) совпадают тогда и только тогда, когда

$$\frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} W^{k(i+j-n)} = \delta(i+j-n) \tag{8}$$

или

$$\sum_{k=0}^{N-1} W^{k(i+j-n)} = N\delta(i+j-n), \tag{8'}$$

где  $\delta(n)$  – дискретная дельта-функция (1 при  $n=0$  и 0 в противном случае), поэтому сумма в (8') равна  $N$  при  $j=n-i$  и 0 в противном случае. Рассмотрим сумму

$$\sum_{k=0}^{N-1} W^{jk}. \tag{9}$$

Очевидно, что при  $j=0$  она равна  $N$ . В противном случае помножим ее на  $(1-W^j)$ , результат должен быть равен нулю:

$$\begin{aligned}
 (1-W^j) \sum_{k=0}^{N-1} W^{jk} &= W^0 + W^j + W^{2j} + \dots + W^{j(N-1)} \\
 &\quad - W^j - W^{2j} - \dots - W^{j(N-1)} - W^{jN} \\
 &= 1 - W^{jN} = 0
 \end{aligned} \tag{10}$$

Отсюда  $W^{jN}=1$ . Так как  $j$  было произвольным (фактически  $j \not\equiv 0 \pmod{N}$ ), то, очевидно, что  $W$  должно быть корнем из единицы [2]. В «нормальном» Фурье-преобразовании оно определяется из уравнения (2). Если  $W$  ищется как целое или некоторое рациональное или действительное число, этот критерий, несомненно, не может быть удовлетворен. Тем не менее, подходящее  $W$  можно найти в кольце вычетов по модулю  $p$ , когда  $p$  является простым числом вида  $p=kN+1$ , где  $k$  – целое,  $N$  – длина преобразования [3]. В этом случае преобразование Фурье называется теоретико-числовым преобразованием (ТП) [4].

Теоретико-числовое преобразование – это обычное дискретное преобразование Фурье, но в другой числовой области. Большинство формул и алгоритмов, применимых к ДПФ, верны и для ТП. Наиболее интересно то, что ТП может быть вычислено, используя «быстрый» алгоритм (быстрое теоретико-числовое преобразование, БТП) подобно тому, как ДПФ может быть вычислено посредством быстрого преобразования Фурье (БПФ). При этом  $W$  теперь целое и все вычисления проводятся по модулю  $p$ .

Теоретико-числовое преобразование имеет следующие преимущества перед комплексным преобразованием Фурье:

- преобразование действительное;
- поскольку все используемые числа – всегда целые, ошибки округления отсутствуют, что дает возможность преобразования очень длинных последовательностей (порядка  $N=2^{46}$ ) со стандартным 53-битовым разрешением (при использовании целой части типа double);
- вычисления могут быть проделаны «по частям» с восстановлением конечного результата по Китайской теореме вычетов [5].

Недостатки ТП:

- преобразование само по себе бесполезно – оно не имеет физического смысла в отличие от преобразования Фурье, и по большей части полезно только для свертки;
- длинная целая арифметика в большинстве компьютеров медленнее, чем арифметика с плавающей запятой.

1. William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery. Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing, 2<sup>nd</sup> Edition. – Cambridge–New York: Cambridge University Press, 1997. – 1009 p.
2. Уткіна С.В., Нарішкіна Л.С. Алгебра і числові системи: Навчальний посібник. – К.: Вища школа, 1995. – 304 с.
3. James H. McClellan. Number Theory in Signal Processing. – Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1979. – 680 p.
4. Mikko Tommila. Apfloat: A C++ High Performance Arbitrary Precision Arithmetic Package. Version 1.50, 1998.
5. Henry J. Nussbaumer. Fast Fourier Transform and Convolution Algorithms, 2<sup>nd</sup> ed. – New York: Springer-Verlag, 1982. – 442 p.

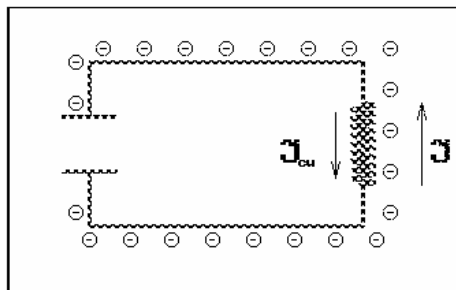
# КОМПЬЮТЕРНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ

Е.А. Кривенко

г. Кривой Рог, Криворожский государственный педагогический университет

Эффективное использование компьютера на уроке предполагает разработку компьютерных динамических моделей некоторых физических процессов и явлений природы. Часто это бывает связано с принципиальной невозможностью демонстрационного эксперимента с помощью традиционного оборудования. Примером может служить колебательный контур. Используя осциллограф или гальванометр, можно продемонстрировать лишь факт наличия колебаний тока, но не механизм их возникновения.

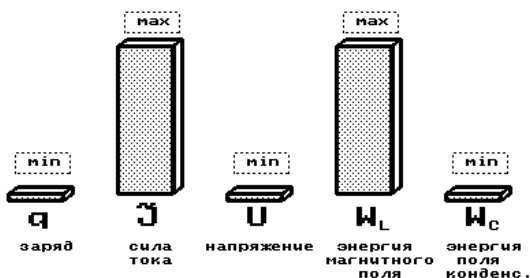
ESC - выход



## 2. Этап.

Конденсатор разрядился.

Это означает, что вся энергия электрического поля перешла в энергию магнитного поля катушки. При этом ток максимален!



Для продолжения  
нажмите любую  
клавишу

Необходимо отметить, что этот вопрос является одним из наиболее сложных в курсе физики 11 класса. В связи с этим нами по заказу Центрально-Городской гимназии г. Кривого Рога была разработана программа, обеспечивающая демонстрацию процес-

сов в контуре. Работая с программой, ученик имеет возможность на любом этапе ускорить, замедлить или остановить процесс.

На верхней части экрана изображена схема колебательного контура. На нижней – динамическая диаграмма значений силы тока, напряжения и заряда на конденсаторе, энергии магнитного поля катушки и электрического поля конденсатора.

Изменение заряда на обкладках конденсатора демонстрируется увеличением размеров знаков «+» и «-» над ними. Ток визуализируется потоком точек в том или ином направлении. Нарастание и убывание тока иллюстрируется соответствующими изменениями плотности потока точек. Возникающий ток самоиндукции отображается стрелкой, изменяющей свои размеры и направление и плотностью потока точек другого цвета.

Таким образом, учащиеся имеют возможность наблюдать в динамике процесс разрядки и перезарядки конденсатора в результате изменения направления тока самоиндукции в катушке.

Рядом с диаграммой располагается таблица, показывающая состояние колебательной системы с шагом изменения времени, равным  $1/8$  периода колебаний:

№ шага	$I$	$U$	$q$	$W_e$	$W_m$	
0	0	$max$	$max$	$max$	0	начальное состояние
1	↑	↓	↓	↓	↑	
2	$max$	0	0	0	$max$	$1/4 T$
3	↓	↑	↑	↑	↓	
4	0	$-max$	$-max$	$max$	0	$1/2 T$

Первые строки таблицы заполняются компьютером синхронно с процессами в катушке и конденсаторе. Ученик видит, что 0 и 4 этапы отличаются лишь знаком заряда пластин конденсатора. Следовательно, процесс повторится в обратном направлении. В качестве контроля усвоения ученику предлагается остальные 4 строки заполнить самостоятельно.

Таким образом, описанная динамическая модель позволяет всесторонне изучить процессы в идеальном колебательном контуре. Ее наглядность значительно облегчает понимание учебного материала и способствует повышению интереса учащихся к изучению предмета. В свою очередь, учитель имеет возможность контроля усвоения.



## Зміст

<i>В.М. Соловійов.</i> Фізико-математичному факультету – 70 років	3
<i>Ю.В. Загородній, Ю.Б. Бродський.</i> Концепція інформаційної системології	8
<i>А.А. Мирошниченко.</i> Компьютерное моделирование как применение синергетических методов в естественных науках	13
<i>А.Е. Кив, В.Н. Соловьев, Т.И. Максимова.</i> Влияние излучений подпороговых энергий на реконструкцию поверхности Si (001)	16
<i>Н.В. Витюк.</i> Решение задачи «структура–активность» на основе принципа структурного подобия объектов	24
<i>Н.В. Витюк.</i> Нерепрессионные подходы к установлению связи «структура–активность (свойство)»	35
<i>В.Н. Евтеев.</i> Влияние случайного возмущения и разупорядоченности на спектр и волновые функции электрона в ограниченных полупроводниковых системах	49
<i>Е.В. Журавель.</i> Моделирование полупроводниковых сверхрешеток средствами АКИС	54
<i>М.В. Моисеенко.</i> Электронная структура, вольтамперные характеристики и заряджение линейных молекулярных цепочек, контактирующих с металлом	59
<i>С.Д. Светличная.</i> Моделирование нестационарных деформационных процессов в упругих многослойных телах, имеющих форму кольцевого цилиндрического сегмента	70
<i>Е.С. Акиншиева, Ю.В. Харламов, В.Д. Швец.</i> Полуэмпирический расчет $\pi$ -системы аллильного радикала и молекулы бутадиена-1,3	74
<i>А.С. Фисенко, В.Д. Швец, В.Ю. Гладкий.</i> Применение метода вращения Якоби для определения собственных значений матрицы гамильтониана	78
<i>А.В. Фрузинский, В.Д. Швец.</i> Применение метода наименьших квадратов для исследования тонкой структуры спектров атомов щелочных металлов	85
<i>Р.В. Колодницька.</i> Комп'ютерне моделювання процесу пластичної деформації	89
<i>В.В. Корольський.</i> Синтез топологии математических моделей сетевых систем с непрерывным потокораспределением	94

<i>А.А. Архипенко, Е.Я. Глушко, А.Я. Глушко, К.В. Якубенко, Н.А. Слюсаренко.</i> Исследование прохождения тока в ультрадисперсной квазижидкой проводящей среде	99
<i>В.В. Войтенко.</i> Моделювання гео-інформаційної системи для розв'язку регіональних екологічних проблем, пов'язаних з радіоактивним забрудненням	106
<i>А.В. Льченко, В.Ф. Запольський.</i> Програмно-апаратний комплекс для дослідження перехідних процесів провідності етанол-бензинових сумішей	110
<i>Э.П. Левченко.</i> Моделирование процесса измельчения зерновых материалов в центробежно-ударной мельнице	120
<i>В.В. Тютюник, С.В. Говаленков, Г.В. Тарасова, С.А. Тюрин.</i> Первичный преобразователь системы компьютерного прогнозирования параметров газоздушных сред	122
<i>М.С. Жуков, Л.Л. Жукова, Д.Є. Бобилєв, В.А. Денисюк.</i> Цифровий адаптивний регулятор струму тиристорного електроприводу постійного струму	126
<i>А.П. Полищук, С.А. Семериков.</i> Последовательный симплекс-поиск в задачах параметрической идентификации	131
<i>А.А. Хараджян.</i> Использование объектно-ориентированного подхода для моделирования электромеханических систем	143
<i>А.А. Хараджян.</i> Использование объектно-ориентированного программирования для идентификации динамических систем	147
<i>В.А. Бичко, О.І. Головахіна.</i> Комп'ютерне моделювання поверхні реального об'єкта	151
<i>О.І. Собко.</i> Особливості використання персональної ЕОМ при проведенні лабораторного практикуму у вузі	153
<i>О.М. Ігнатова, А.О. Шишкова, І.В. Кашель.</i> Статистичне моделювання ризикових зон для екологічно, економічно та фінансово нестійких об'єктів господарювання	156
<i>Н.А. Леонова, В.Н. Соловєв.</i> Формирование научного мировоззрения средствами математического моделирования	159
<i>Ю.О. Ісайчева, С.М. Лисечко.</i> Інструментальне середовище для моделювання явищ геометричної оптики	166
<i>Л.Р. Калапуша, В.П. Муляр.</i> Вивчення будови та принципу дії циклотрона на основі комп'ютерної моделі	172
<i>О.С. Мартинюк, Л.Р. Калапуша.</i> Комп'ютерне моделювання в навчальному фізичному експерименті	176

<i>В.І. Торкатюк, О.А. Векленко, В.П. Бутнік, В.Т. Кулік, А.П. Денисенко.</i> Шриффт як основа інформаційних технологій в управлінській діяльності	180
<i>Д.А. Соболев.</i> Технологи ХХІ века на службе сельського хозяйства Украины	198
<i>О.Г. Тімінський.</i> Інформаційні технології для управління проектами трансферу	207
<i>Ю.М. Кравченко.</i> Компьютерные технологии в обучении практических психологов	212
<i>Т.Г. Білова.</i> Інтелектуальний пошук у корпоративних системах електронного документообігу	215
<i>Л.В. Кубарская.</i> Компьютер в управлении школой	217
<i>А.П. Полищук, С.А. Семериков, Н.В. Грищенко.</i> О выборе языка программирования для начального обучения	220
<i>В.Л. Малорян, С.В. Варбанец.</i> Компонентно-ориентированный подход к изучению курса программирования в высших учебных заведениях	237
<i>М.П. Білан.</i> Викладання інформатики в Криворізькому обласному ліцеї–інтернаті для сільської молоді	242
<i>М.Э. Егорова.</i> Познать, играть и творя!	245
<i>И.Д. Стасюков, О.М. Брадул.</i> Введение в архитектуру «клиент/сервер»	253
<i>Г.М. Приймак.</i> Об'єктно-орієнтований підхід до розробки програмного забезпечення	262
<i>А.А. Швабский.</i> Анализ перспектив использования трёхмерной компьютерной графики в учебном процессе	266
<i>М.С. Жуков, Р.О. Постоечко, М.М. Сілініна.</i> Дослідження алгоритмів впорядкування масивів даних	268
<i>Є.С. Панкратов.</i> Бібліотека чисельних методів Digit Pro 1.0	273
<i>М.П. Рывкин.</i> Электронный справочник “Улицами Кривого Рога 2000”	275
<i>В.А. Юрченко, С.А. Семериков.</i> Эффективное использование ресурсов компьютера для решения прикладных задач (факультативный курс)	278
<i>В.В. Корольский.</i> К методике определения уровня знаний школьников с применением компьютеров	283
<i>А.М. Стрюк.</i> Використання експертної системи для соціонічного аналізу та прогнозу	286

<i>А.Д. Большевцев, В.А. Добрыдень, Ю.А. Смолин, А.И. Федюшин.</i>	
Информационный критерий качества контроля	291
<i>В.Г. Шерстюк, А.П. Бень, А.А. Дидык.</i>	
Мультиmodalная логика для представления знаний в интеллектуальных обучающих системах	294
<i>В.В. Петров, Л.М. Солоха.</i>	
Застосування комп'ютерного тестування для навчання рішення нестандартних задач	300
<i>К.О. Мірошник, В.В. Ніколаєвська.</i>	
Комп'ютерне тестування рівня сформованості інтелекту старшокласників	303
<i>М.А. Бондаренко.</i>	
Система автоматизованого контролю знань та умінь TUTOR-WINDOWS	309
<i>Л.О. Ковальчук, В.Я. Янчак.</i>	
Створення навчально-контролюючих програм для вивчення органічної хімії та біохімії на мові ДІНА	311
<i>В.В. Міхеев, Г.М. Міхеева.</i>	
Багатофункціональна комп'ютерна система лінійного та циклічного тестування	318
<i>Е.А. Белоножко.</i>	
Формирование познавательной самостоятельности учащихся средствами новых информационных технологий	321
<i>О.В. Бич.</i>	
Методична система вивчення теорії многочленів з використанням нових інформаційних технологій навчання	326
<i>С.Г. Грищенко.</i>	
Застосування нових інформаційних технологій при вивченні функцій у шкільному курсі математики	330
<i>Д.М. Євстігнєєва.</i>	
Формування графічної культури учнів на уроках алгебри засобами НІТ	333
<i>М.С. Жуков, О.Г. Пугач, О.О. Постоенко.</i>	
Використання комп'ютерних технологій при вивченні математики в середній школі	336
<i>І.М. Поліщук.</i>	
Реалізація засобів наочності на уроках геометрії	341
<i>О.О. Устименко, О.П. Поручинська.</i>	
Використання нових інформаційних технологій при вивченні шкільного курсу математики	348
<i>О.В. Дейнеко.</i>	
Винахідницькі задачі в шкільному курсі фізики	353
<i>М.І. Задорожній.</i>	
Алгоритм розв'язування фізичних задач для комп'ютера та учнів	358

<i>Н.С. Осина, Т.П. Кузьмич.</i> Использование электронных таблиц для обработки экспериментальных данных в школьном курсе физики	365
<i>І.О. Теплицький.</i> Застосування електронних таблиць на уроках фізики	373
<i>Н.В. Грищенко.</i> Нові інформаційні технології на природничих факультетах	381
<i>С.В. Рева.</i> Роль информационных технологий в развитии естественных наук	385
<i>С.В. Рева, Ю.П. Рева.</i> Ефективність різних комп'ютерних методів сучасного навчання	389
<i>Л.В. Легка.</i> Використання інформаційних технологій для активізації навчання нарисній геометрії	394
<i>Е.А. Смолова, С.В. Сербина.</i> Формирование приемов умственной деятельности при изучении темы «Введение в информатику»	397
<i>Ю.В. Филатов.</i> Решение задач повышенной сложности по информатике: анализ условия	406
<i>Г.В. Шугайло.</i> Про деякі аспекти формування у студентів педагогічного вузу навичок професійного використання комп'ютерних технологій (на прикладі редактору растрових зображень Adobe Photoshop)	412
<i>Л.О. Лісіна, О.О. Тинок.</i> Використання міської загальноосвітньої комп'ютерної мережі у навчальному процесі середньої школи	416
<i>С.В. Можайский.</i> Возможности применения HTML в учебном процессе	421
<i>В.В. Осадчий.</i> Методология работы студентов с локальными сетями и использование виртуальных WWW-серверов в учебном процессе	423
<i>С.В. Пустовіт, Т.В. Сахно, Г.Ф. Джурка.</i> Ефективний пошук хімічної інформації в Internet	426
<i>А.А. Тарасенко.</i> Компьютерная обработка числовых характеристик природных процессов	428
<i>Л.Л. Жукова, М.С. Жуков, О.В. Федоренко.</i> До питання статистичної обробки даних у середовищі Excel 97	430
<i>Л.Л. Жукова, О.С. Зеленський, В.Б. Хоцкіна, Я.В. Лешко.</i> Групування даних у середовищі Excel 97	434

<i>В.Б. Хоцкіна, Є.А. Хоцкін, О.А. Антюхіна.</i> Використання фінансових функцій у вирішенні задач господарського обліку	440
<i>Є.О. Кривенко.</i> Деякі перспективи розвитку й впровадження комп'ютерних технологій навчання	444
<i>Т.И. Максимова, С.А. Томилин, Б.А. Поддубный.</i> Моделирование границ раздела Al–Be	447
<i>Е.В. Быч, С.А. Семериков.</i> Теоретико-числовое преобразование в вычислениях с произвольной точностью	451
<i>Е.А. Кривенко.</i> Компьютерные динамические модели в школьном курсе физики	455

Наукове видання

**Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології  
в природничих науках**

*Збірник наукових праць*

Підп. до друку 03.04.2000  
Бумага офсетна №1  
Ум. друк. арк. 26,10

Формат 80x84 1/16.  
Зам. №4-0302  
Наклад 500 прим.

Видавничий відділ Криворізького державного педагогічного  
університету  
КДПУ, 50086, Кривий Ріг-86, пр. Гагаріна, 54

---

E-mail: [vyd@kpi.dp.ua](mailto:vyd@kpi.dp.ua)