

Міністерство освіти і науки України
Національний гірничий університет

**Збірник наукових праць
Національного гірничого університету**

**№26
Том 2**

**Дніпропетровськ
2006**

УДК 622 (06)

Засновник та видавець
НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ
рік заснування – 1999

**Збірник наукових праць НГУ №26, Том 2 – Дніпропетровськ: РВК
НГУ, 2006.– 181 с.**

У збірнику приведено результати теоретичних і експериментальних досліджень з різних аспектів гірничої справи, розглянуто проблеми відкритої і підземної розробки родовищ корисних копалин, охорони праці і безпеки робіт на гірничих підприємствах, проблеми екології, маркшейдерії, геології, геоінформатики, електропостачання й автоматизації виробничих процесів у гірничій промисловості, освітлені питання експлуатації гірничотранспортного устаткування на шахтах, рудниках і кар'єрах.

Матеріали збірника призначені для наукових і інженерно-технічних працівників, що спеціалізуються в галузі гірничої справи.

Збірник друкується за рішенням Вченої Ради НГУ
(протокол № 12 від 08.09.06 р.)

Комп'ютерна верстка і набір – В.В. Задорнова

Збірник зареєстровано у державному комітеті
телебачення і радіомовлення України
Свідоцтво про реєстрацію КВ № 9030 від 04.08.2004 р.

Редакційна Рада збірника:

акад. НАН України, д.т.н., проф. Г.Г. Півняк
д.т.н., проф. П. І. Пілов
д.т.н., проф. О.С. Бешта
д.т.н., проф. О. М. Шашенко
д.т.н., г.н.с. О.В. Зберовський

Редакція:

головний редактор – д.т.н., г.н.с. О.В. Зберовський
заступник редактора – д.т.н., проф. С.Ф. Власов
заступник редактора – к.т.н., доц. В.В. Ішков
відповідальний секретар – м.н.с. В. В. Задорнова

Експертно-редакційна колегія:*Відкрита розробка РКК*

Гуменик І. Л. – д.т.н., проф.
Дриженко А. Ю. – д.т.н., проф.
Крисін Р. С. – д.т.н., проф.
Прокопенко В. І. – д.т.н., проф.
Симоненко В. І. – д.т.н., доц.

Збагачення корисних копалин

Пілов П. І. – д.т.н., проф.
Младецький І. К. – д.т.н., проф.
Полулях О. Д. – д.т.н., проф.
Туркеніч О. М. – д.т.н., проф.
Франчук В. П. – д.т.н., проф.

Екологична безпека

Зберовський О.В. – д.т.н., г.н.с
Шапарь А.Г. – д.т.н., проф.
Бойко В.О. – д.т.н., проф.
Кременчуцький М.Ф. – д.т.н., проф.
Горова А.І. – д.б.н., проф.

Підземна розробка РКК

Бондаренко В. І. – д.т.н., проф.
Колоколов О. В. – д.т.н., проф.
Кузьменко О. М. – д.т.н., проф.
Пономаренко П.І. – д.т.н., проф.
Бузило В.І. – д.т.н., проф.

Фіз. процеси гірничого виробництва

Власов С. Ф. – д.т.н., проф.
Москальов О.М. – д.т.н., проф.
Садовенко І.О. – д.т.н., проф.
Шашенко О.М. – д.т.н., проф.
Ширін Л.Н. – д.т.н., проф.

Маркиєйдерія

Парчевський Л. Я. – д.т.н., проф.
Четверик М. С. – д.т.н., проф.
Халимендик Ю.М.– д.т.н., проф.
Шашенко О.М. – д.т.н., проф.
Петрук Є.Г. – д.т.н., проф.

Шахтне і підземне будівництво

Шашенко О.М. – д.т.н., проф.
Пономаренко П.І. – д.т.н., проф.
Роєнко А.М. – д.т.н., проф.
Сдвіжкова О.А. – д.т.н., проф.
Соболев В.В. – д.т.н., проф.

Механіка тіл, ґрунтів і гірничих порід

Садовенко І.О. – д.т.н., проф.
Бондаренко В.І.– д.т.н., проф.
Шашенко О.М. – д.т.н., проф.
Власов С.Ф. – д.т.н., проф.
Новікова Л.В. – д.т.н., проф.

Геологія та геофізика

Нагорний Ю.М. – д.г-м.н., проф.
Доброгорський М.О. – д.г-м.н., проф.
Нагорний В.М. – д.г-м.н., проф.
Приходченко В.Ф. – д.геол.н., проф.
Додатко О.Д. – д.г.-м.н., проф.
Бусигін Б.С. – д.т.н., проф.
Тяпкін К.Ф. – чл.-кор., д.г-м.н., проф.

Гірничі машини.

Динаміка і міцність машин

Франчук В.П. – д.т.н., проф.
Самуся В.І. – д.т.н., проф.
Блохін С.Є. – д.т.н., проф.
Заболотний К.С. – д.т.н., проф.
Ширін Л.Н. – д.т.н., проф.
Кіріченко Є.О. – д.т.н., проф.

Буріння свердловин

Кожевников А.О. – д.т.н., доц.
Максимов О.П. – д.т.н., проф.
Москальов О.М. – д.т.н., проф.
Симанович Г.А. – д.т.н., проф.
Франчук В.П. – д.т.н., проф.

Електротехнічні комплекси і системи

Півняк Г. Г. – акад., д.т.н., проф.
Шкрабець Ф.П. – д.т.н., проф.
Заїка В.Т. – д.т.н., проф.
Випанасенко С.І. – д.т.н., проф.
Бешта О.С. – д.т.н., проф.

Автоматизація технологічних процесів

Ткачов В.В. – д.т.н., проф.
Кузнецов Г.В. – д.т.н., проф.
Бешта О.С. – д.т.н., проф.
Кочура Є.В. – д.т.н., проф.
Слесарев В.В. – д.т.н., проф.

Охорона праці

Голінсько В.І. – д.т.н., проф.
Бойко В.О. – д.т.н., проф.
Кременчуцький М.Ф. – д.т.н., проф.
Зберовський О.В. – д.т.н., г.н.с
Шкрабець Ф.П. – д.т.н., проф.

Адреса редакції:

49600, Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19,
НГУ, Зберовському О.В., тел./ факс 46-87-19,
45-85-98, E-mail: zberovskia @ nmu.org.ua

Требования к оформлению статей в «Сборник научных трудов НГУ»

С учетом нормативных требований к оформлению печатных статей, рекомендаций Книжной Палаты Украины от 07.09.04 № 1291/11 и ВАК Украины от 15.01.03 № 7-05/1 к опубликованию в специализированном “Сборнике...” принимаются статьи, содержащие новые научные и практические результаты исследований авторов, которые ранее не публиковались и отвечают профилю «Сборника...».

Текст статьи (на русском, украинском или английском языках) объемом 6-10 стр., включая таблицы, графики и рисунки, подается в редакцию на диске 3,5” с распечаткой 1 экз. на листах формата А4. Текст следует набирать шрифтом Times New Roman 14 пунктов в редакторе Word for Windows и оформить следующим образом:

- * УДК
- * Инициалы, фамилия автора;
- * Название статьи - заглавными буквами, жирно;
- * Аннотация (до 5 строк) на русском, украинском и английском языках – 12 пт;
- * Текст форматируется с выравниванием по обеим полям с интервалом -1. Все поля - по 2 см. Номера страниц не проставляются.
- * Формулы в тексте должны быть выполнены в приложении Word “Equation”.
- * Рисунки подаются в черно-белом изображении вместе с текстом в местах ссылки на них и в отдельных файлах (*. bmp, *. jpg).
- * Таблицы, графики и подписи к ним располагаются непосредственно в тексте и внедряются в документ как объекты, если они были созданы в Excel и др. приложениях.
- * Список литературы приводится в порядке ссылок в тексте, в соответствии с ГОСТ 7.1-84

Образец набора

УДК 550.83

© И.В. Петрова

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАРПАТ ИЗ КОСМОСА

Приведены результаты геологической дешифровки материалов космических геофизических съемок Карпат.
Наведено результати геологічного дешифрування матеріалів космічних геофізичних зйомок Карпат.
Results of geological photointerpretation of materials of space geophysical surveys of Karpat are considered.

По материалам космических геофизических съемок получают разнообразную геолого-геофизическую информацию

В редакцию «Сборника...» необходимо подать:

1. Электронный вариант и распечатанную справку об авторах:

Фамилия, имя, отчество; место работы (полное название организации и её почтовый адрес); должность; ученая степень; номера контактных телефонов, E-mail.

2. Экспертное заключение о возможности опубликования материалов в открытой печати.

3. Выписку из протокола кафедры /лаборатории, отдела/ отражающую: общий характер статьи (работа фундаментального или прикладного значения, экспериментальная (результаты моделирования, данные промышленных испытаний...), теоретическая (описание нового метода расчёта...) и т.п.; соответствие материалов паспорту выбранной специальности (шифр); личный вклад автора; новизну полученных результатов; рекомендации к публикации.

Телефоны для справок:

т/ф (0562) 468-719 Зберовский Александр Владиславович - главный редактор,
458-598 Задорнова Виктория Валериевна - ответственный секретарь.

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ З САМООРГАНІЗАЦІЄЮ В ЗАДАЧАХ ПОБУДОВИ СППР АСУТП КЕРАМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Наведені результати теоретичних і практичних досліджень щодо синтезу нейронних моделей штучних нейронних мереж, зокрема двомірних карт Кохонена як елемента СППР при вирішенні задач управління технологічними процесами керамічного виробництва.

Приведены результаты теоретических и практических исследований по синтезу моделей искусственных нейронных сетей, в частности двумерных карт Кохонена как элемента СППР при решении задач управления технологическими процессами керамического производства.

The results of theoretical and practical researches are resulted on the synthesis of artificial neurons networks models, in particular, Kohonen' cards as element of decisions acceptance support systems at the solving of tasks of technological processes control of ceramic production.

В сучасних підходах до створення систем управління досить чітко проявляються дві тенденції - їх “біологізація” і “гібридизація”. Застосування терміну “біологізація”, як і розробка теорії штучних нейронних мереж пов’язані з розумінням того, що “класичні” методи обробки інформації відрізняються від реалізованих в живих об’єктах і, скоріше за все, є найпростішими реалізаціями універсальних способів функціонування нелінійних інформаційно – управлюючих систем біологічних об’єктів з їх здатністю до навчання, накопичення, узагальнення і відновлення інформації та її використання для прийняття рішень на управління. Тенденція до “гібридизації” базується на парадигмі, що найскладніша модель реального об’єкту завжди буде примітивнішою і, відповідно, простішою за оригінал, тому тільки сумісне застосування різних методів для обробки інформації про один об’єкт дозволить отримати необхідні знання і таким чином наблизитися до оптимального рішення. Таким чином, одним з перспективних напрямів досліджень, що дозволить суттєво підвищити ефективність виробничих процесів у керамічній галузі є дослідження в області створення комплексних систем автоматизованого управління технологічними процесами з інтегрованими інтелектуальними системами підтримки прийняття рішень (СППР). Наукові дослідження в сфері створення зазначених систем тісно корелюють з державною науково-технічною програмою з приоритетних напрямів розвитку науки і техніки України на 2002-2006 роки (ДНТП “Системний аналіз, методи и засоби управління процесами різної природи”).

Проблема синтезу ефективної системи підтримки прийняття рішень для об’єктів керамічної промисловості, зокрема, при формуванні керамічних виробів методом їх ліття з водних суспензій, представляє собою досить складну задачу. По-перше - практично відсутня апріорна інформація щодо виду залежностей між технологічними параметрами структуроутворення та браком керамічних напівфабрикатів. По-друге, виходячи з виконаних аналітичних

досліджень, зокрема, методів побудови дерев рішень, можна стверджувати, що існують нелінійні зв'язки між типами браку керамічних напівфабрикатів та технологічними параметрами структуроутворення. По - третє, дані про хід технологічного процесу більшою частиною отримують лабораторними методами в результаті чого вони містять значний рівень шуму. У четвертих, сезонні умови впливають на зміну характеристик технологічного процесу.

За таких умов найбільш ефективними вважаються методи і алгоритми, що базуються на теорії адаптації, однак вони потребують розробки математичних моделей, адекватних технологічному процесу, що виконати досить складно. Дерева рішень дозволяють виявити “приховані” закономірності та прогнозувати значення як фізико – хімічних параметрів водної суспензії, так і того чи іншого типу браку, однак їх застосування на реальному керамічному виробництві є навряд чи можливим оскільки відносна похибка прогнозу для різних технологічних параметрів у межах одного дня може коливатися від нуля до 100%.

Виконані дослідження показали, що при створенні та реалізації СППР для об'єктів керамічної промисловості перспективним напрямом досліджень є використання апарату штучних нейронних мереж [1-5].

Як відомо, архітектура і особливості синтезу штучних нейронних мереж суттєво залежать від конкретних задач, що повинні бути вирішенні з їх допомогою [1-7]. Задачі, розділяють на декілька груп [8]: апроксимація; класифікація і розпізнавання образів; прогнозування; ідентифікація і оцінювання; асоціативне управління. Більшість практичних задач зводиться до наступної математичної постановки: необхідно побудувати таке відображення $X \rightarrow Y$, щоб на кожний можливий вхідний сигнал X формувався правильний вихідний сигнал Y .

Враховуючи специфічні особливості технологічних процесів виробництва керамічних виробів методом їх лиття з водних суспензій, інтелектуальну СППР необхідно розглядати як низку модулів, побудованих на основі моделей, синтезованих на нейромережевому базисі. Зазначені модулі на основі ретроспективних та поточних даних про хід технологічного процесу формують прогноз майбутніх показників технологічного процесу та якості виконання окремих технологічних операцій. Сформований сигнал передається на інші елементи системи управління, а також експерту - технологу.

З огляду на відсутність чітких методологічних засад та конкретних практичних рекомендацій щодо визначення архітектури нейронної мережі (кількості шарів мережі, кількості нейронів у кожному шарі і пов'язаного з цим підбору кількості синаптичних ваг та виду функцій активації для кожного шару) з необхідними і достатніми властивостями, конкретні практичні задачі можуть бути вирішенні шляхом синтезу та експериментальних досліджень властивостей моделей на базі широкого спектру нейромережевих парадигм з наступним визначенням тієї, яка має мінімальну припустиму похибку відгуку, вміщує мінімальну кількість нейронів, та має “добре” узагальнюючі властивості.

На першому етапі виконувались дослідження щодо можливості прогнозування значень фізико-хімічних властивостей водної сусpenзії і показників якості виконання технологічних операцій (брaku за типами) за допомогою нейронних мереж з самоорганізацією на основі конкуренції, зокрема - двомірних карт Кохонена. Синтезована модель карти Кохонена повинна розпізнавати фізико-хімічні параметри водної сусpenзії (шлікеру) і браку керамічних напівфабрикатів, що характерні для різних днів виконання технологічного процесу. По аналогії з біологічними системами в яких сусідні нейрони, отримуючи схожі вхідні сигнали реагують на них подібним чином, тобто групуються, утворюючи деякі області, при обробці багатомірного вхідного образу (профільного вектору) штучними нейронними мережами з самоорганізацією здійснюється його проектування в область меншої розмірності зі збереженням топології вхідного образу. Основу самоорганізації нейронних мереж складає закономірність, що глобальне впорядкування мережі стає можливим в результаті операцій самоорганізації, які виконуються незалежно одна від іншої в різних локальних сегментах мережі. Тобто в процесі навчання нейронної мережі спостерігається тенденція до збільшення значень вагових коефіцієнтів синаптичних зв'язків внаслідок чого утворюється своєрідний зворотній зв'язок: більш потужні збуджуючі імпульси – більші значення вагових коефіцієнтів – більша активність нейронів. При цьому відбувається розшарування нейронів на різні групи. Таким чином, окремі нейрони чи їх групи активізуються у відповідь на збудження, що викликається конкретними навчальними образами, подавляючи своєю активністю інші нейрони мережі [9-12].

Дані для навчання та тестування нейронних мереж були взяті з бази даних підприємства “Дніпрокераміка”. Кожний день роботи підприємства в базі даних представлений відповідним профільним вектором.

При синтезі та моделюванні процесу навчання синтезованої карти Кохонена прийняті наступні параметри моделі:

- розмірність карти Кохонена 5×12 ;
- кількість епох навчання на етапі впорядкування мережі (діапазон змін) S - [1000; 2000; 3000];
- кількість епох навчання на етапі підстроювання мережі (діапазон змін) S1 - [0; 5000; 7000;];
- параметр швидкості навчання на етапі впорядкування (діапазон змін) o_lr - [0.2; 0.5; 0.8];
- параметр швидкості навчання на етапі підстроювання t_lr - [0.001; 0.01; 0.1];
- розмір околиці нейрона на етапі підстроювання (діапазон змін) nd - [1; 2; 3];
- початкова топологія розміщення нейронів у вузлах мережі – випадкова;.
- алгоритм навчання – класичний алгоритм Кохонена;
- відстань між нейронами – визначається відстанню зв'язку;
- початкові значення векторів вагових коефіцієнтів всіх нейронів – нормалізовані малі випадкові значення.

Алгоритм моделювання процесу навчання можна представити наступним чином:

- ініціалізація - ваговим коефіцієнтам нейронів присвоюються малі початкові значення і виконується їх нормалізація;
- процес корегування вагових коефіцієнтів активованого і сусідніх з ним нейронів виконується до того часу, доки не буде отримано адекватне відновлення моделлю поданого вхідного вектору, або не буде пред'явлено задану кількість навчальних вхідних векторів. Таким чином процес навчання моделі повинен закінчитися, коли вагові вектори нейронів стануть прототипами сигналів, що пред'являються моделі тобто будуть відповідати своїй групі вхідних сигналів.

В ідеальній ситуації при пред'явленні моделі “сенсорного сигналу” відгук повинен бути таким, при якому вагові коефіцієнти нейрона - переможця зі 100% точністю відновлюють вхідний сигнал.

Серйозною проблемою в процесі навчання моделей може стати рандомізація вагових коефіцієнтів нейронів, оскільки в результаті виконання цієї операції вектори ваг розподіляються відносно рівномірно по поверхні гіперсфери. В результаті може скластися ситуація, коли профільні вектори, які згруповані на малій частині гіперсфери виявляться наскільки віддаленими від будь-якого вектора вагових коефіцієнтів, що нейрони ніколи не будуть активованими і, відповідно, не навчаться. Крім того, кількість нейронів, що залишилися, може виявитися недостатньою для того, щоб розділити близько розташовані профільні вектори на кластери.

В результаті моделювання процесу навчання синтезованої карти Кохонена необхідно досягти максимально близького відображення векторами вагових коефіцієнтів нейронів початкового розподілу значень векторів входу (профільних векторів). Розподіл даних, що використовувались на етапі навчання і тестування синтезованої нейронної мережі наведено на рис.1. Аналіз рис. 1, дозволяє зробити висновок, що характерною особливістю даних є близькі профільні характеристики для різних днів, що ускладнює задачу класифікації, оскільки при незначних відмінностях у характеристиках технологічного процесу в різні дні можуть збуджуватися різні нейрони, які розташовані недалеко один від одного, але утворюють різні кластери.

В зв'язку з тим, що синтезована модель виконує проекцію N -мірного простору образів у M -мірну мережу, аналіз збіжності алгоритму навчання представляє собою складну задачу.

Етапи моделювання процесу навчання синтезованої карти Кохонена наведені на рис. 2. На рисунку приведена також кількість образів профільних векторів на основі яких отримана відповідна мережа (відповідно 1000, 5000, 10000).

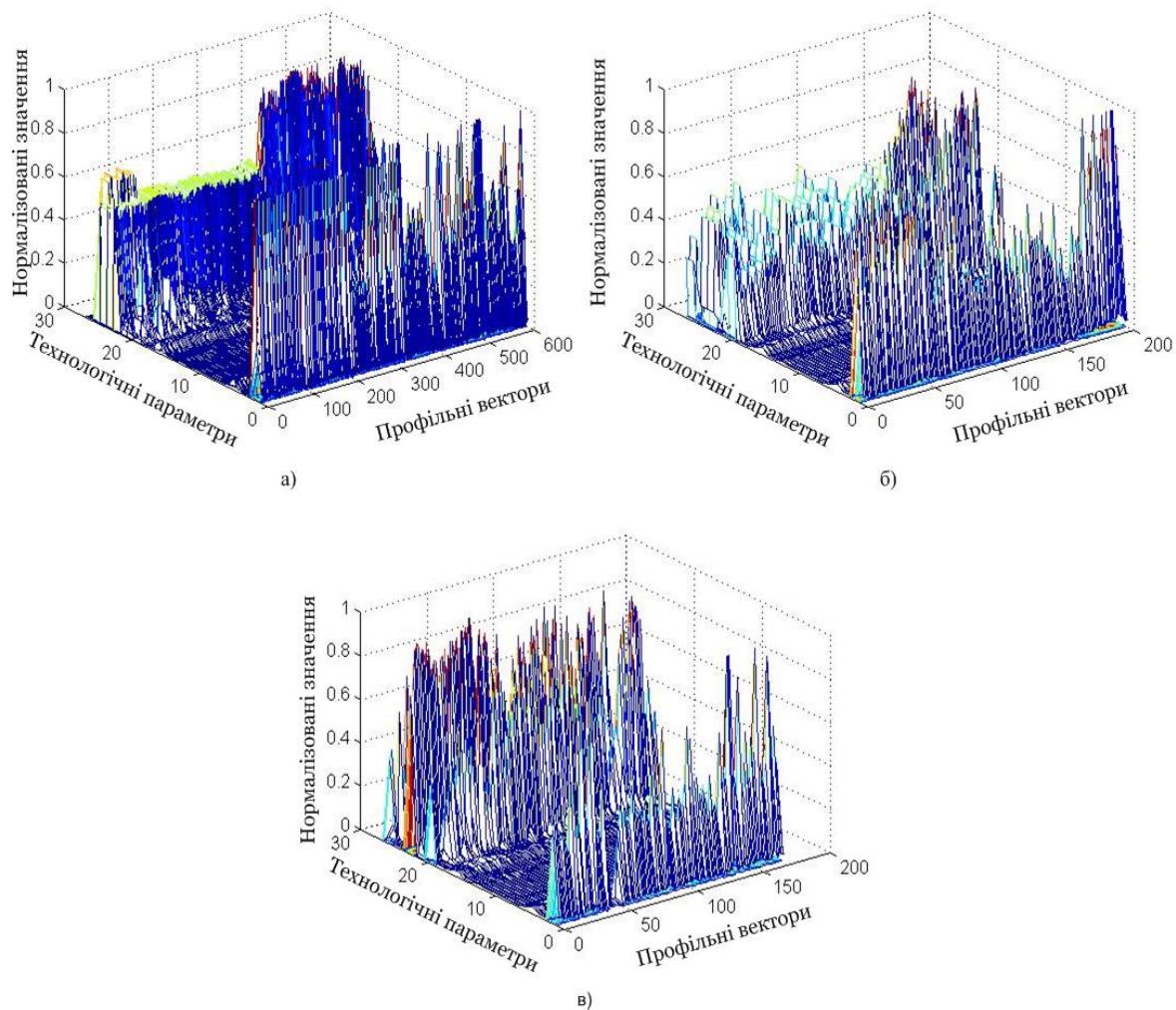


Рис. 1. Розподіл векторів входу: а) – навчальна множина; б) – тестова множина; в) – контрольна множина.

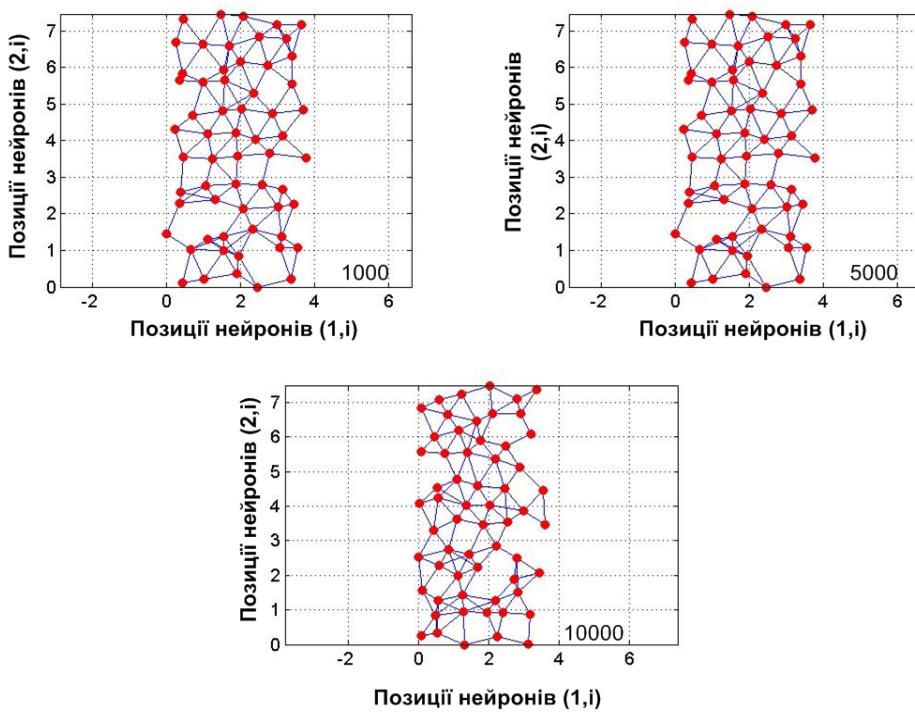


Рис. 2. Етапи побудови двомірної карти Кохонена

Аналіз моделювання процесу навчання синтезованих карт Кохонена показав, що значення коефіцієнта навчання α_{lr} впливає як на швидкість навчання моделі, так і на стійкість отриманого рішення. Процес навчання прискорюється (швидкість збіжності алгоритму навчання зростає) при виборі $\alpha_{lr} \rightarrow 1$. Проте в цьому випадку при пред'явленні на вхід моделі різних профільних векторів, що повинні бути віднесені до одного кластера, відбувається модифікація вагових коефіцієнтів відповідного нейрона. У випадку, коли $\alpha_{lr} = 0.2$ $t_{lr} = 0.001$, швидкість процесу навчання помітно зменшується. Однак пред'явлення на вхід моделі різних профільних векторів, що відносяться до одного кластера, не приводить до модифікації значень вагових коефіцієнтів активованого нейрона, які залишаються поблизу центра кластера.

Стійкість отриманих за допомогою синтезованих моделей рішень визначали шляхом проведення експериментальних досліджень: на вхід синтезованих моделей карти Кохонена пред'являлись “сенсорні сигнали” з навчальної, тестової та контрольної множин даних, характерною особливістю яких є те, що вони мають мінімальні відмінності і повинні приводити до ідентичного відгуку моделі (профільні вектори відносяться до одного кластера). Аналіз результатів свідчить, що стійкість отриманих рішень складає близько 98% (див. рис. 3).

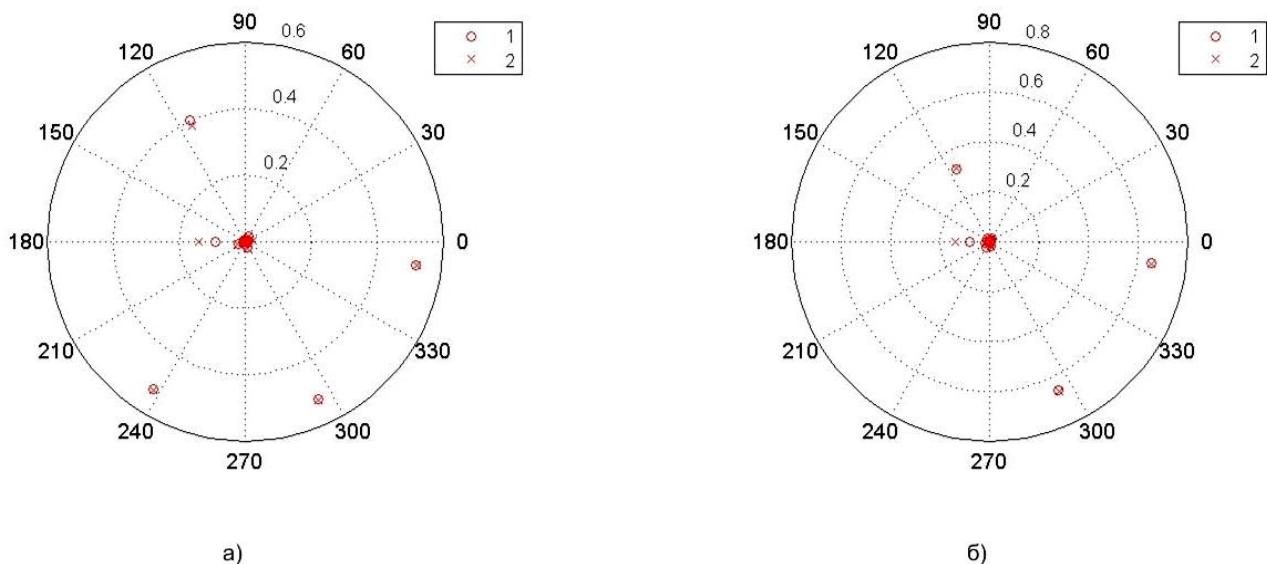


Рис. 3. Відновлення вхідних даних самоорганізуючимися нейронами Кохонена (1- вектор вагових коефіцієнтів активованого нейрона; 2- профільний вектор)

На відміну від інших архітектур нейронних мереж, які орієнтовані на вирішення задач класифікації і кластерізації, у випадку застосування карт Кохонена настроювання вагових коефіцієнтів нейронів припиняється по завершенню процесу навчання нейронної мережі.

Аналіз активності нейронів синтезованої моделі по завершенню процесу її навчання на даних навчальної, тестової і контрольної множин (рис. 4, а, б, в) та аналіз сумарної активності нейронів для всіх типів множин даних (рис. 4, г)

дозволяє зробити висновок, що при моделюванні процесу навчання мережі вдалось уникнути наявності в моделі “мертвих нейронів”, появу яких є серйозною проблемою, що обумовлена рандомізацією вагових коефіцієнтів на стадії ініціалізації.

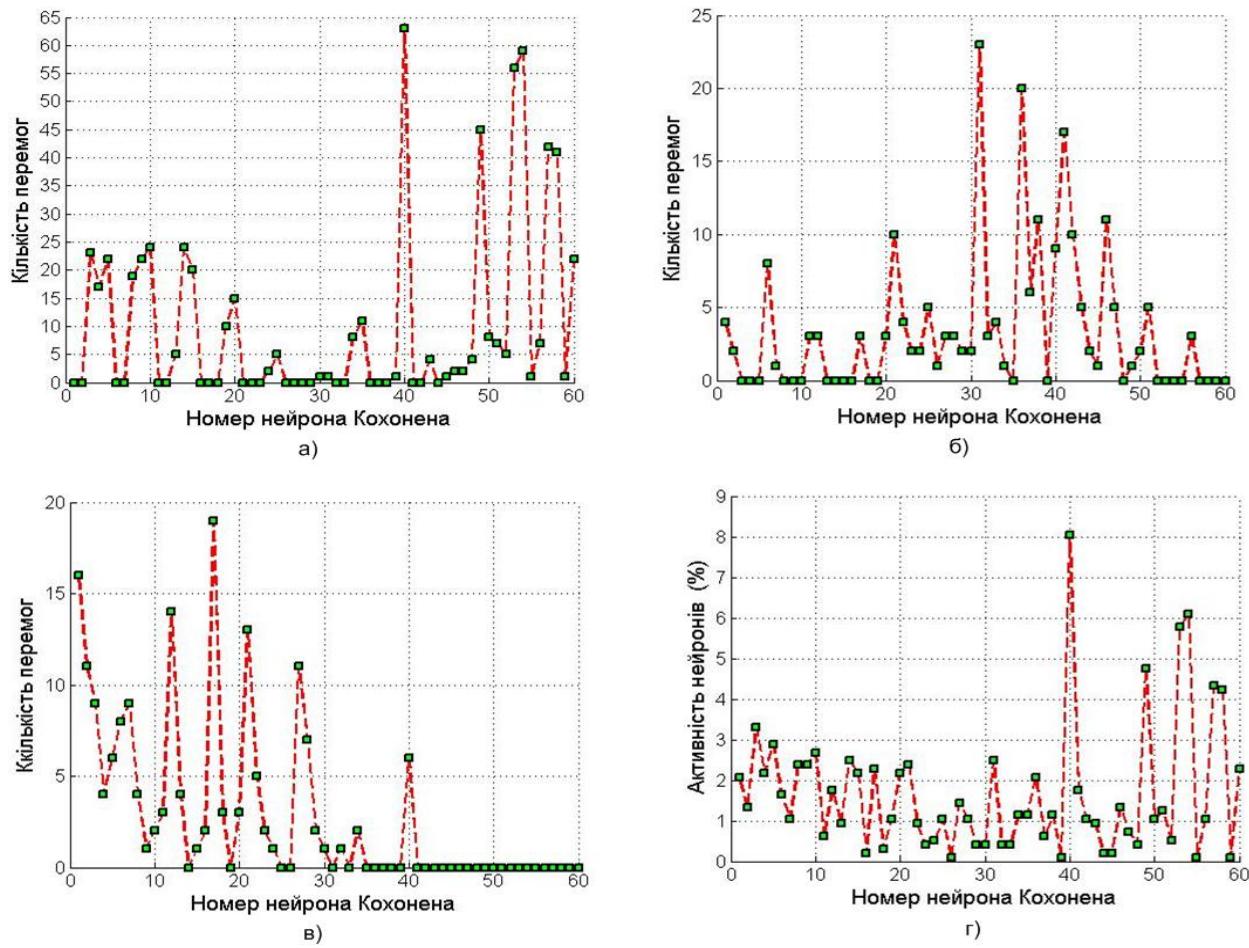


Рис. 4. Активність нейронів Кохонена по завершенню процесу навчання моделі

При пред'явленні синтезованій мережі даних з навчальної, тестової, чи контрольної множин кожен нейрон моделі перемагав хоча б один раз, відповідно, потужність мережі в процесі навчання не була зменшена, всі нейрони моделі навчилися давати відгук на певний клас входних сигналів, представлених даними профільних векторів технологічного процесу виробництва керамічних виробів. Беручи до уваги, що профільні вектори тестової і контрольної множин мають дещо відмінні характеристики щодо навчальної множини даних і в процесі навчання вони не пред'являлись моделі, можна зробити висновок, що синтезована мережа характеризується добрими узагальнюючими властивостями.

В результаті пред'явлення на вхід моделі профільних векторів, що характеризують виконання технологічного процесу в минулому, по її відгуку стає можливою побудова кодової множини (книги) класифікатора, до якої входить номер нейрона, який є опорним представником класу для даної дати та число його перемог (активацій). Фрагмент побудованого класифікатора наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Фрагмент побудованого класифікатора для часового ряду профільних векторів

Дата	Нейрон пе-реможець	Кількість перемог	Дата	Нейрон пе-реможець	Кількість перемог
11.12.2001	50	10	28.11.2004	12	10
12.12.2001	40	74	29.11.2004	40	74
13.12.2001	53	56	30.11.2004	17	12
14.12.2001	40	74	01.12.2004	10	25
02.01.2002	49	46	02.12.2004	9	23
12.02.2002	58	41	03.12.2004	1	10
13.02.2002	53	56	04.12.2004	8	23
14.02.2002	35	11	05.12.2004	29	3
28.03.2003	40	74	06.12.2004	7	6
31.03.2003	40	74	07.12.2004	40	74
06.04.2003	54	59	09.12.2004	8	23
07.04.2003	40	74	10.12.2004	12	10
08.04.2003	35	11	11.12.2004	4	20
09.04.2003	52	5	12.12.2004	7	6
10.04.2003	52	5	13.12.2004	8	23
28.04.2004	38	11	14.12.2004	4	20
30.04.2004	36	20	15.12.2004	1	10
01.05.2004	31	24	16.12.2004	28	5
02.05.2004	36	20	17.12.2004	3	32
03.05.2004	40	74	18.12.2004	3	32
04.05.2004	31	24	19.12.2004	2	10
05.05.2004	37	6	20.12.2004	3	32
06.05.2004	32	4	21.12.2004	2	10
06.11.2004	24	4	22.12.2004	2	10
07.11.2004	20	19	23.12.2004	3	32
08.11.2004	6	10	24.12.2004	3	32
09.11.2004	1	10	25.12.2004	1	10
10.11.2004	13	7	26.12.2004	27	5
11.11.2004	3	32	27.12.2004	12	7
12.11.2004	8	23	28.12.2004	17	12
13.11.2004	3	32	29.12.2004	27	5
14.11.2004	4	20	03.01.2005	5	24

Перевірку ефективності запропонованого підходу для виконання прогнозу значень фізико-хімічних параметрів водної суспензії і браку (за типами) керамічних напівфабрикатів для актуального дня виконували шляхом пред'явлення на вхід моделі контрольних профільних векторів (контрольна і тестова множини даних), значення параметрів, які потрібно прогнозувати, були заздалегідь відомими. У випадку, коли до кластеру входив більш ніж один профільний вектор, виконували розрахунок середніх значень технологічних

параметрів. На рис. 5 наведені профільні характеристики фізико-хімічних параметрів водної суспензії і браку керамічних напівфабрикатів, що отримані з використанням запропонованої методики для трьох дат виконання технологічного процесу структуроутворення керамічних напівфабрикатів: 22.04.2005, 25.04.2005, 03.05.05.

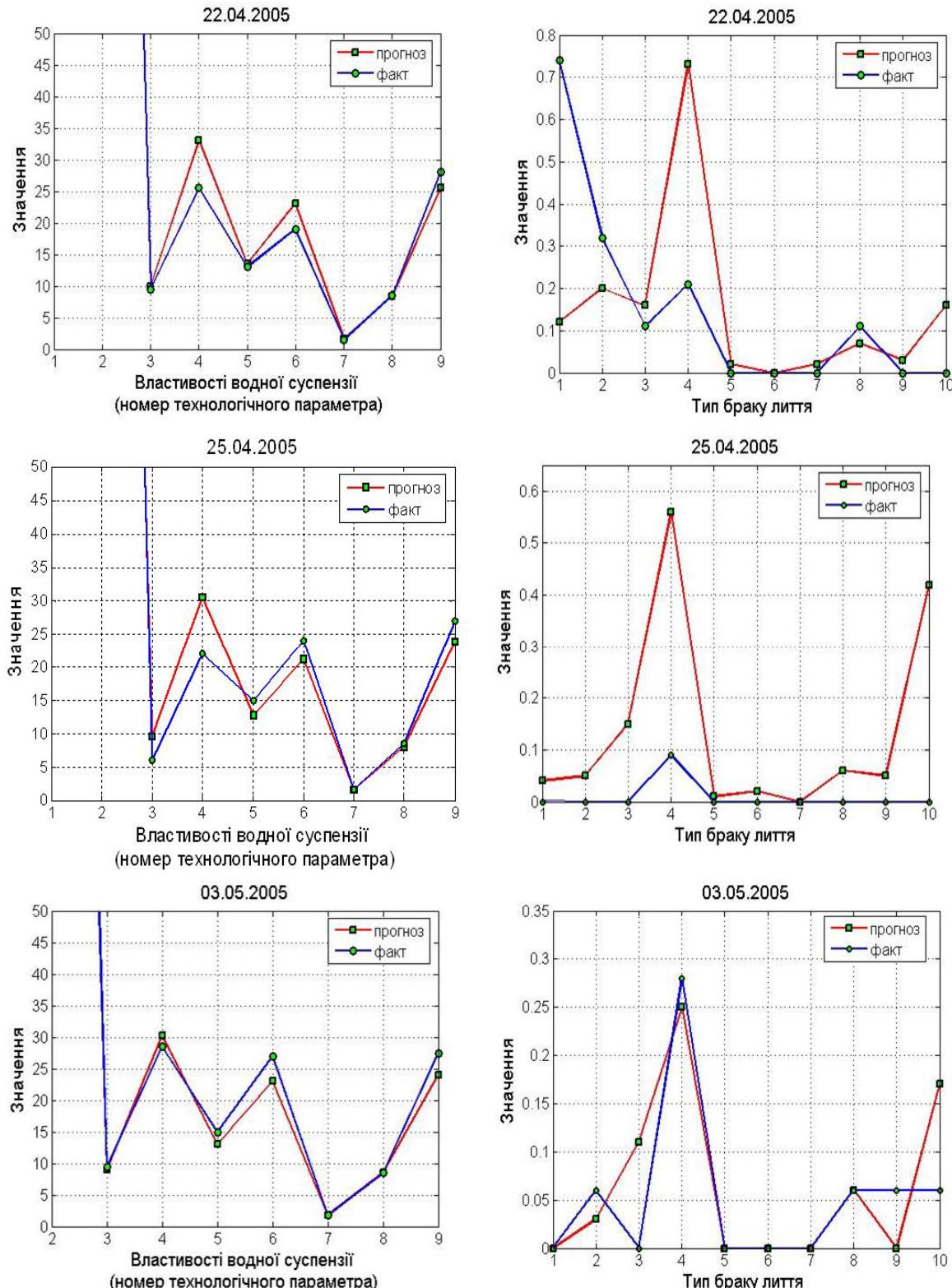


Рис. 5. Характеристики профільних векторів технологічного процесу структуроутворення (реальні та прогнозні значення)

Аналіз отриманих результатів свідчить, що мінімальна відносна похибка прогнозу фізико-хімічних параметрів водної суспензії по конкретному технологічному параметру складає 0%, а максимальна - 31%. Значення максимальної відносної похибки для різних типів браку керамічних напівфабрикатів, що відповідають одному профільному вектору, може коливатися в межах 0-100%.

Слід також врахувати, що мережі з самоорганізацією на основі конкуренції навчаються без учителя (на вхід мережі не подається бажаний вихідний сигнал), тобто вони практично не мають апроксимаційних властивостей, які в свою чергу притаманні багатошаровому перцептрону, радіально базисним чи рекурентним мережам.

Проблема синтезу комплексної СППР для потреб керамічного виробництва на нашу думку може бути успішно вирішена лише при поєднанні властивостей різних типів архітектур нейронних мереж. Однак, у даній постановці зазначена проблема, безумовно, потребує проведення додаткових теоретичних та практичних досліджень.

Література

1. Patterson D. Artificial Neural Networks, Theory and Application. – Singapur: Prentice Hall Inc., 1996.
2. Anderson J.A/ Rosenfeld E. Neurocomputing: Foundations of Research. – Cambridge, MA: MIT Press, 1998.
3. Ham F.M., Kostanic I. Principles of Neurocomputing for Science and Engineering. – N.Y.: Mc Grow-Hill Inc, 2001.
4. Zell A. Simulation neuronaler Netze. – Muenchen: R. Oldenburg Verlag, 2000.
5. Nauck D.B. Klawonn F., Kruse R. Neuronale Netze und Fuzzy-Systeme. – Braunschweig / Wiesbaden: Vieweg, 1996.
6. Bothe H.H. Neuro-Fuzzy Methoden: Einfuehrung in Theorie und Anwendungen – Berlin: Springer Verlag, 1998.
7. Rojas R. Theorie der neuronalen Netze: eine systematische Einführung. – Berlin, Springer, 1996. – 466 S.
8. Медведев В. С., Потемкин В.Г. Нейронные сети. MATLAB 6/ Под общ. ред. В.Г. Потемкина. – М: Диалог – МИФИ, 2002. – 496 с.
9. Hagan M. T., Demuth H. B., and Beale M. H., Neural Network Design, Boston, MA: PWS Publishing, 1996.
10. Hunt, K.J., Sbarbaro D., Zbikowski R., and Gawthrop PJ., Neural Networks for Control System - A Survey," Automatica, Vol. 28, 1992, pp. 1083-1112.
11. Kohonen T., Self-Organization and Associative Memory, 2nd Edition, Berlin: Springer-Verlag, 1987.
12. Kohonen T., Self-Organizing Maps, Second Edition, Berlin: Springer-Verlag, 1997.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Бештой А.С.
Поступила в редакцию 26.09.06*

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ВОЗДУШНО-ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ НА ГАЗОВОМ ТОПЛИВЕ

Рассмотрена задача выбора наиболее предпочтительного оперативного управления системой воздушно-лучистого отопления на газовом топливе. Сформулированы критерии выбора такого решения. Разработан подход и программное обеспечение для решения задачи управления, основанные на генетическом алгоритме.

Розглянуто задачу вибору найкращого оперативного управління системою повітряно-променевого опалення на газовому паливі. Сформульовано критерії вибору такого рішення. Розроблено підхід та програмне забезпечення для вирішення задачі управління, основані на генетичному алгоритмі.

The problem of selection of the most preferring operative control of the infrared coil heating systems on gas fuel is observed. The criteria for this control are formulated. Method and software to solve the problem based on genetic algorithm is worked out.

Введение. Системы воздушно-лучистого отопления (СВЛО) являются перспективным видом отопительных систем производственных помещений. В условиях необходимости экономии ресурсов, используемых для отопления [1], при обеспечении требуемого температурного режима в помещении возникает потребность в эффективном оперативном управлении этими системами [2].

Для решения задачи оперативного управления системами воздушно-лучистого отопления нами ранее была разработана математическая модель прогнозирования тепловых режимов в помещении с системой воздушно-лучистого отопления и алгоритм идентификации теплофизических параметров модели; для выбора наиболее предпочтительного управления системой воздушно-лучистого отопления было предложено использовать генетический алгоритм [3, 4]. В дальнейшем необходимо разработать методику оперативного управления системами воздушно-лучистого отопления, основанную на предыдущих исследованиях.

Цель данной работы – разработать алгоритм оперативного управления системами воздушно-лучистого отопления, который бы учитывал особенности данных систем, а также учитывал теплоинерционные и другие характеристики отапливаемых производственных помещений.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Сформулировать критерии выбора наиболее предпочтительного управления системами воздушно-лучистого отопления на газовом топливе;
2. Построить функции генерации и функции выбора для решения задачи выбора наиболее предпочтительного оперативного управления.
3. Сформулировать отношение выбора для решения этой задачи.
4. Разработать алгоритм и программное обеспечение для выбора наиболее предпочтительного оперативного управления системой воздушно-лучистого отопления.
5. Исследовать работоспособность алгоритма на примере существующего промышленного предприятия.

Основным элементом СВЛО является трубчатый обогреватель, состоящий из газовой горелки с автоматикой безопасности и воздуховода-излучателя. При разработке управления необходимо учесть следующие особенности данных систем: неравномерность распределения температуры по длине радиационных труб (температура поверхности изменяется от 600°C возле горелки до 60°C на выходе); наличие как конвективной, так и значительной лучистой составляющей теплоты, поступающей от нагревателей; совместное влияние нескольких нагревателей на тепловой режим в помещении. Разработанная ранее математическая модель позволяет рассчитывать температурный режим в помещении с учетом особенностей систем воздушно-лучистого отопления и тепловой инерции зданий. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать оперативное управление системой воздушно-лучистого отопления с помощью генетического алгоритма, основанное на данной модели.

Предлагается для решения задачи управления в качестве критерия использовать невязку фактической и требуемой температуры в зонах помещения на интервале времени управления от $\tau_{\text{нач}}$ до $\tau_{\text{кон}}$ вида:

$$E1 = \frac{\sum_i \sum_j \left(T_{ij}^{\text{треб}} \right)^2 - \left(T_{ij}^{\text{факт}} \right)^2}{\sum_i \sum_j \left(T_{ij}^{\text{факт}} \right)^2}, \quad (1)$$

$$i = 1, \dots, n_zon, \quad (2)$$

где n_zon – общее количество выделенных зон в отапливаемом помещении;

$$j = 1, \dots, n_tau, \quad (3)$$

где n_tau – общее количество выделенных моментов в интервале $[\tau_{\text{нач}}, \tau_{\text{кон}}]$; $T_{ij}^{\text{треб}}$ – требуемая температура в i -ой зоне помещения на j -ом интервале времени;

$T_{ij}^{\text{факт}}$ – температура, рассчитываемая с помощью математической модели теплового режима помещения с системой воздушно-лучистого отопления при начальных условиях и исходных данных, соответствующих фактическим на интервале времени управления.

Необходимо отметить, что в качестве исходных данных для расчета фактической температуры помещения должны выступать коэффициенты теплопередачи воздуха между зонами и теплоаккумулирующие коэффициенты зон. Эти данные должны быть получены из предварительной идентификации теплофизических параметров помещения. Использование этих коэффициентов в качестве исходных данных расчета позволит учесть динамику нагрева и охлаждения производственного помещения при выборе наиболее предпочтительного оперативного управления.

В качестве дополнительного критерия предлагается использовать минимум расхода природного газа на отопление на интервале времени управления от $\tau_{\text{нач}}$ до $\tau_{\text{кон}}$ вида:

$$W = \sum_k \sum_j V_{kj}, \quad (4)$$

где V_{kj} - расход газа k -м элементом системы воздушно-лучистого отопления на j -ом интервале времени в промежутке от $\tau_{\text{нач}}$ до $\tau_{\text{кон}}$.

$$k = 1, \dots, n_ob, \quad (5)$$

где n_ob – количество инфракрасных трубчатых обогревателей в отапливаемом производственном помещении.

Для каждого из промежутков времени на интервале управления $[\tau_{\text{нач}}, \tau_{\text{кон}}]$ требуется найти набор неизвестных значений:

$$x^j = \{x_1, x_2, \dots, x_{n_ob}\} \quad (6)$$

где x_i – искомый параметр управления i -м элементом системы воздушно-лучистого отопления, который может принимать значение 1, если элемент включен или 0, если элемент выключен.

Неизвестные параметры управления предлагается определять из условия минимизации основного и дополнительного критериев:

$$\begin{aligned} E &\rightarrow \min, \\ W &\rightarrow \min, \end{aligned} \quad (7)$$

Здесь E имеет вид (1), W имеет вид (4).

Для решения задачи оперативного управления системами воздушно-лучистого отопления с помощью генетического алгоритма предлагается генерировать массив искомых параметров управления для всего интервала $[\tau_{\text{нач}}, \tau_{\text{кон}}]$:

$$x = \left\{ \begin{array}{cccc} x_{11} & x_{21} & \dots & x_{n_ob1} \\ x_{12} & x_{22} & \dots & x_{n_ob2} \\ \dots & & x_{kj} & x_{n_obj} \\ x_{1n_tau} & x_{2n_tau} & \dots & x_{n_obn_tau} \end{array} \right\}, \quad (8)$$

где x_{kj} – искомый параметр управления k -м элементом системы воздушно-лучистого отопления в j -ый момент времени из интервала $[\tau_{\text{нач}}, \tau_{\text{кон}}]$; k определяется по (5); j соответствует (3). Общее количество генерируемых эвристик обозначим:

$$N = n_ob \cdot n_tau \quad (9)$$

Предложен вид отношения выбора для решения задачи оперативного управления на основе критериев (1) и (4):

$$x R_S y = [E(x) < E(y)] \vee [E(x) = E(y) \wedge W(x) < W(y)], \quad (10)$$

где x и y – неизвестные наборы параметров управления вида (8).

Таким образом, набор параметров управления x считается более предпочтительным, чем набор y , если значение ему соответствует меньшее значение невязки фактической и требуемой температуры в зонах помещения на интервале времени управления от $\tau_{\text{нач}}$ до $\tau_{\text{кон}}$. В случае если невязки равны, то более предпочтительным является решение, которому соответствует меньшее значение потребления газа системой отопления на интервале времени управления.

Для управления генерацией бинарных переменных, которые при решении нашей задачи будут представлять собой значения параметров управления, нами был выбран следующий алгоритм [5]. Пусть на некотором текущем шаге итерации R_S -оптимальные решения, прошедшие отбор, имеют вид $\{x_{lj}^i\}$, где $i=1,\dots,N$ – номер искомой переменной; $l=1,\dots,N_l$ – номер переменной среди отобранных лучших решений; $j=1,\dots,N_e$ – номер ветви эволюционного алгоритма. Тогда оценка вероятности принятия переменной x_j^i значения 1, соответствующего включению системы отопления, составит:

$$\tilde{p}_i = \frac{1}{N_e N_l} \sum_j \sum_l x_{lj}^i, \quad (11)$$

Для последующей генерации решений вычисляется вероятность:

$$\begin{cases} \tilde{p}_i, & \text{если } \delta \leq \tilde{p}_i \leq (1-\delta), \\ p_i = \delta, & \text{если } \tilde{p}_i < \delta, \\ (1-\delta), & \text{если } \tilde{p}_i > (1-\delta). \end{cases} \quad (12)$$

При решении задачи выбора наиболее предпочтительного управления системой воздушно-лучистого отопления вероятность p_i соответствует вероятности принятия переменной x_j^i значения 1 при генерации новых решений. Т. е. соответствует вероятности принятия параметром управления значения «включено». Тогда $(1-p_i)$ – это вероятность принятия переменной x_j^i значения 0, т.е. значения «выключено».

Алгоритм выбора наиболее предпочтительного оперативного управления в системе воздушно-лучистого отопления соответствует представленному на рис. 1. Рассмотрим подробнее особенности алгоритма, используя данную блок-схему.

Для решения задачи оперативного управления исходными данными, вводимыми в блоке 1, должны быть параметры данного отапливаемого помещения, в том числе и прошедшие идентификацию коэффициент теплопередачи воздуха между зонами и теплоаккумулирующие коэффициенты зон, а также значения требуемых температур в зонах помещения на интервале времени управления. В качестве начальных условий должны выступать фактические данные о температуре в зонах помещения и наружной температуре на момент начала расчета.

В блоке 4 генерируется набор параметров управления системой воздушно-лучистого отопления для одной ветви расчета вида (8). Предлагается в интервале времени управления $[\tau_{\text{нач}}, \tau_{\text{кон}}]$ выделять несколько промежутков продолжительностью Δt . Наиболее предпочтительное управление выбирается на несколько интервалов Δt с возможностью изменения параметров управления после каждого промежутка времени Δt (а не прогнозируется только на один предстоящий интервал). Этот подход позволит более эффективно подбирать параметры управления, так как он учитывает тепловую инерционность помещения, т.е. учитывает время, необходимое для перехода помещения из одного теплового состояния в другое. Кроме того, при увеличении количества переменных, а, следовательно, и количества их комбинаций, возникает больше возможностей для выбора.

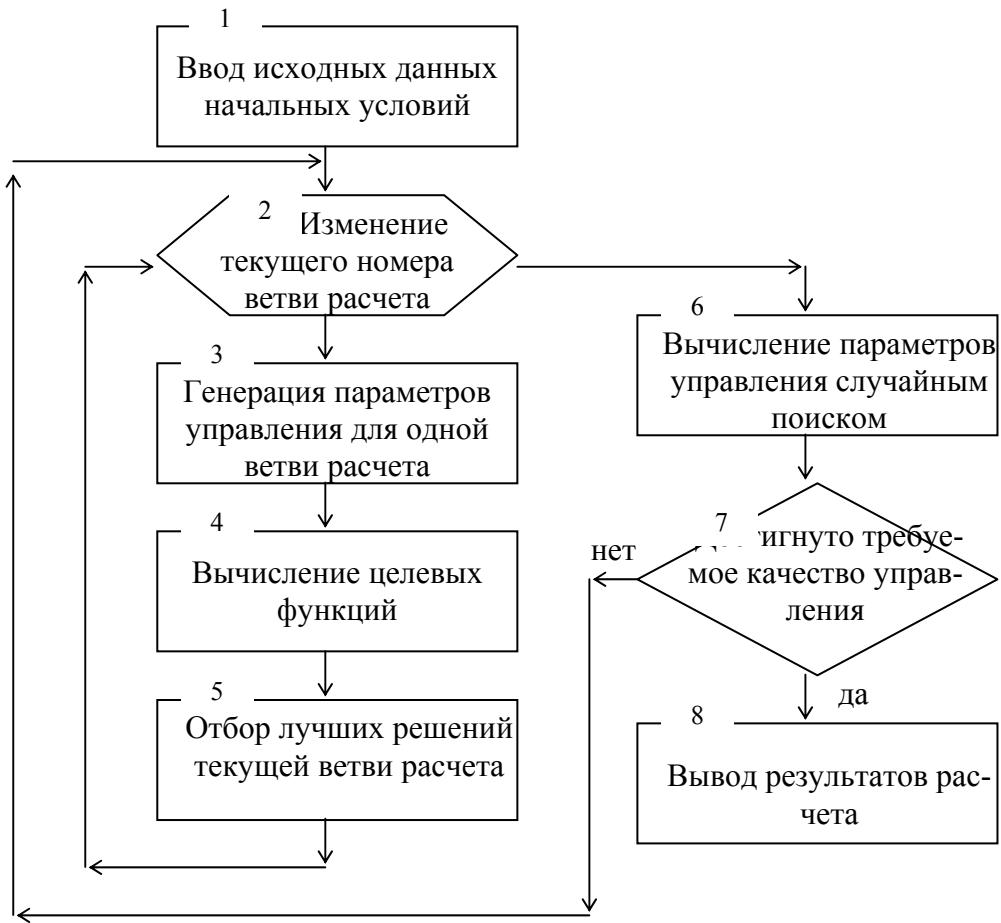


Рис. 1. Функциональная схема работы алгоритма выбора наиболее предпочтительного оперативного управления помещения системой воздушно-лучистого отопления на основе генетического алгоритма.

В блоке 4 происходит расчет теплового режима производственного помещения при работе системы отопления, определяемом сгенерированными в блоке 3 параметрами управления. То есть прогнозируется тепловой режим на нескольких интервалах Δt . После этого происходит расчет целевых функций: вычисление критерия рассогласования температур по формуле (1) и расчет потребления природного газа по формуле (4) для каждого набора параметров управления.

В блоке 5 происходит выбор N_l наиболее предпочтительных наборов параметров управления. Выбор осуществляется в соответствии с предложенным здесь отношением выбора (10).

Вычисление параметров управления поиском происходит в блоке 6 в соответствии с формулами (11), (12).

В блоке 7 контролируется достижение требуемого качества управления системой отопления. Это производится или в пространстве целевых функций по степени сближения значений целевой функции для всех отбираемых решений во всех ветвях эволюции или в пространстве температур по степени удовлетворения прогнозируемой при данных параметрах управления температуры требованиям. Для остановки расчета первый из этих показателей тоже важен, так как может случиться, что требуемые значения температур недостижимы с

заданной точностью в данных условиях. Тогда показателем остановки расчета будет равенство отобранных наиболее предпочтительных решений во всех ветвях расчета. То есть, если решения во всех ветвях равны, а прогнозируемые температуры не равны требуемым – значит, требуемые температуры не достижимы при заданных начальных условиях при любых возможных значениях параметров управления. Отметим, что при каждом обращении к блоку 7 необходимо обновлять информацию о начальных условиях в соответствии с фактическими данными на текущий момент, а не использовать в качестве исходных данных результаты прогнозирования теплового режима, полученные на предыдущем шаге. Это позволит не накапливать погрешность расчета.

Указанный алгоритм выбора наиболее предпочтительного решения по управлению системой воздушно-лучистого отопления был реализован с помощью языка программирования Turbo Pascal 7.1. Программа позволяет по заданным исходным данным и начальным условиям выбрать наиболее предпочтительное управление системой, чтобы тепловой режим в помещении был максимально близок к требуемому. Результатом работы программы являются значения управляющих параметров вида (8) в интервале времени управления $[\tau_{\text{нач}}, \tau_{\text{кон}}]$, а также значения температур в зонах помещения при таком управлении.

С помощью разработанного программного обеспечения был проведен выбор наиболее предпочтительного оперативного управления для существующего промышленного помещения, план которого показан на рис. 2.

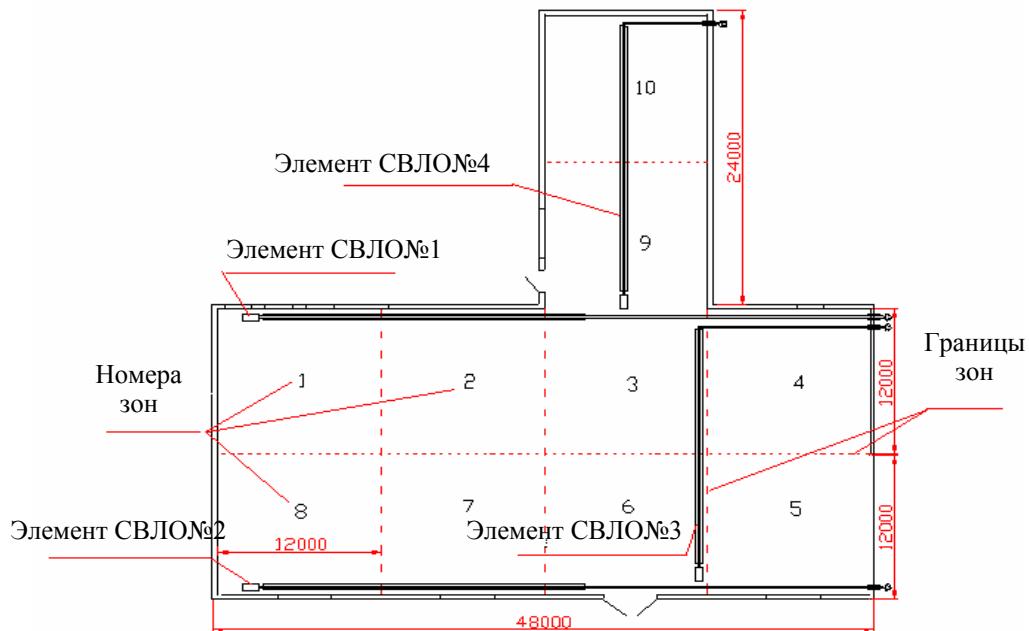


Рис. 2. План производственного помещения с системой воздушно-лучистого отопления

Высота помещения $h=7$ м, другие размеры указаны на рис.2. Высота подвеса элементов системы воздушно-лучистого отопления 5м. В помещении можно выделить следующие типы ограждающих конструкций:

1. стены с сопротивлением теплопередаче равным $R_{\text{ст}}=0,75$ $(\text{м}^2 * ^\circ\text{C})/\text{Вт}$; площадь стен помещения $F_{\text{ст}}=1458 \text{ м}^2$;

2. крыша с сопротивлением теплопередаче составляющим $R_{kp}=0,893$ ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт и площадью $F_{kp}=1440 m^2$;
3. одинарное остекление в деревянном переплете размерами $S=12 m^2$ с приведенным сопротивлением теплопередаче $R_o=0,2$ ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт;
4. ворота стальные размерами $S=16 m^2$ и двери стальные $S=2 m^2$ с приведенным сопротивлением теплопередаче $R_b=0,25$ ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт.

В помещении находится один 4 трубчатых излучателя. У трех из них мощность $Q=80$ кВт (№1, 2, 3), у одного $Q=60$ кВт (№4), их расположение показано на рис.2. Коэффициент теплоотдачи поверхности воздуховодов $\alpha=4,19$ Вт/($m^2 \cdot ^\circ C$), коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности воздуховода к окружающей среде $\alpha_2 = 4,9$ Вт/($m^2 \cdot ^\circ C$); интегральный коэффициент теплового излучения поверхности воздуховода составляет $e=0,7$. Параметры радиационных труб: длина $l=48$ м, ее внутренний диаметр $D=0,15$ м. Сопротивление теплопередаче металла стенок системы воздушно-лучистого отопления $r_m=0,169$ ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт.

Параметры газо-воздушной смеси:

1. для обогревателей мощностью $Q=80$ кВт расход газа $V_{газа}=8,5 m^3/\text{ч}$, расход воздуха $V_{возд}=391,5 m^3/\text{ч}$;
2. для обогревателя мощностью $Q=60$ кВт расход газа $V_{газа}=6,4 m^3/\text{ч}$, расход воздуха $V_{возд}=393,6 m^3/\text{ч}$;

Для учета в расчетах неоднородности температурного поля в помещении выделено 10 рабочих зон. Их расположение и размеры показаны на рис.2. Требуемая температура в помещении показана на рис.3.

Значения теплофизических параметров помещения, полученные при идентификации:

1. теплоаккумулирующие коэффициенты зон $M_C_i=19636$ кДж/ $^\circ C$;
2. коэффициент сопротивления теплопередаче воздуха $R_Z=0,05$ ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт.

Начальная температура в зонах помещения при $t=t_{\text{ нач}}$ равна $8^\circ C$. Температура наружного воздуха составляет: от 0 ч. до 8 ч. $T_{nar}=-2^\circ C$; от 8ч. до 18 ч. $T_{nar}=+1^\circ C$; от 18 ч. до 24 ч. $T_{nar}=0^\circ C$.

Рассмотрим интервал управления, равный 24 часам, начинающийся в 0 часов, $\tau_{\text{ нач}}=0$, $\tau_{\text{ кон}}=24\text{ч}$. Предлагается для решения задачи оперативного управления разбить интервал управления на промежутки $\Delta \tau=1200\text{с}=0,5\text{ч}$.

Расчет производим по алгоритму, изображеному на рис. 2. В соответствии с требованиями сходимости расчет осуществляется по трем независимым ветвям. Количество эвристик на каждом шаге составляет 10, отбирается 2 лучших решения. Для выбора лучших решений каждой итерации применялось отношение выбора (10).

Результат расчетов температур для двух зон помещения при указанных исходных данных и начальных условиях для выбранного наиболее предпочтительного управления представлен на рис. 3.

Видим, что генетический алгоритм, основанный на модели прогнозирования теплового режима помещения с системой воздушно-лучистого отопления, пригоден для выбора решения по оперативному управлению СВЛО. Однако в

дальнейшем необходимо рассмотреть другие формулировки отношений выбора или критериев управления. Это может способствовать повышению точности поддержания температуры в помещении и снижению потребления газа при отоплении.

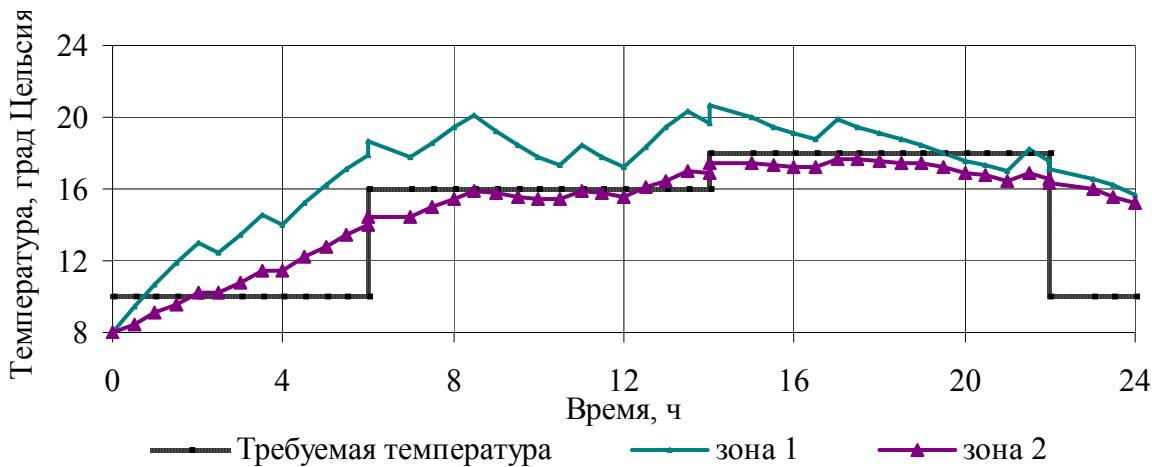


Рис. 3. Изменение температуры в 1-й и 2-й зонах производственного помещения при оперативном управлении системой отопления

Выводы. Таким образом, в статье рассмотрена задача выбора наиболее предпочтительного оперативного управления системой воздушно-лучистого отопления на газовом топливе. Сформулированы критерии выбора такого решения. Построены функция генерации и функция выбора для решения задачи выбора наиболее предпочтительного оперативного управления с помощью генетического алгоритма. Сформулировано отношение выбора для решения этой задачи. Разработан алгоритм и программное обеспечение для выбора наиболее предпочтительного оперативного управления системой воздушно-лучистого отопления. Приведены пример решения задачи управления. Анализ полученных результатов показал, что генетический алгоритм позволяет выбрать наиболее предпочтительное оперативное управления системой воздушно-лучистого отопления. Необходимо в дальнейшем исследовать другие варианты формулировки отношения выбора генетического алгоритма с целью повышения точности поддержания температуры в помещении, а также для снижения расхода топлива.

Литература

1. Закон України. т. 7. Закон України про енергозбереження. – ВВР, 1994.
2. Дудкина Ю.В. Снижение расхода энергии системами воздушно-лучистого отопления в условиях Украины// Технічна електродинаміка. – 2004. - №3. – С.88-91.
3. Хацкевич Ю.В. Численное моделирование температурных режимов помещений с системами воздушно-лучистого отопления// Науковий вісник НГУ. – 2006. – №2. – С.81-84.
4. Дудкина Ю.В. Выбор наиболее предпочтительного управления в системе воздушно-лучистого отопления с помощью генетического алгоритма// Сб. науч. тр. НГУ. – 2004. - №19, Т. 2. – С.27-33.
5. Эвоинформатика: Теория и практика эволюционного моделирования/ И.Л. Букатова, Ю.И. Михасев, А.М. Шаров – М.: Наука, 1991. – 206с.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Выпанасенко С.И.
Поступила в редакцию 15.09.06*

ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСКРЕТНОГО УПРАВЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Обосновано, что синтез дискретного корректирующего устройства по детализированной структурной схеме нелинейного непрерывного эквивалента позволяет получить программную модель регулятора, реализуемую средствами однокристальных микроконтроллеров среднего уровня.

Обґрунтовано, що синтез дискретного коректуючого пристрою по структурній схемі деталізованого нелінійного безперервного еквівалента, дозволяє отримати програмну модель регулятора, що реалізується засобами однокристальних мікроконтролерів середнього рівня.

This article describes that the discrete control device synthesis based on detail structured diagram of nonlinear continuous equivalent allows to get the program model that easy realized by facilities of middle level performance one-chip microcontrollers.

В настоящее время ряд фирм (Intel, Microchip, Texas Instrument, Fujitsu и др.) производят специализированные микроконтроллеры цифровой обработки сигналов (DSP) ориентированные на применение в системах управления электроприводами горно-металлургического комплекса. Характерной особенностью DSP-микроконтроллеров является большая степень интеграции, высокое быстродействие, расширенный набор встроенных периферийных устройств и специализированных программно-аппаратных функций, позволяющих реализовать в реальном режиме времени различные алгоритмы управления. В связи с насыщенностью встроенными периферийными устройствами DSP-микроконтроллеры выпускаются, как правило, в планарном корпусе и могут иметь до 80 выводов, что усложняет разработку и удорожает производство печатных плат. Поэтому ориентирование на DSP оправдано лишь при массовом производстве однотипных управляющих устройств. В тоже время существует ряд механизмов, нуждающихся в управляющих воздействиях в соответствии с некоторыми специфическим, присущим только данному технологическому процессу алгоритмом управления. В этом случае экономически оправдана разработка управляющих устройств на базе менее мощных микроконтроллеров среднего семейства [1], выпускающихся в DIP-корпусах с количеством выводов от 16 до 40. Однако в связи с меньшим быстродействием и объемом памяти программ к эффективности кода управляющей программы предъявляются повышенные требования.

Целью исследования является обоснование применения микроконтроллеров среднего семейства в системах управления общепромышленными механизмами.

Переход от непрерывной модели к дискретной можно осуществить различными способами. Для микроконтроллеров среднего семейства актуальным является реализация, требующая минимум команд. Применение метода согласования базисов в частотной области, разработанного на кафедре АКС НГУ [2, 3], позволяет упростить структурную схему и сократить количество команд.

В качестве примера рассмотрим вариант реализации дискретного пропорционально-интегрального регулятора – основного элемента систем управления электроприводами, синтезируемых в соответствии с принципами подчиненного регулирования.

Структурная схема непрерывного «ПИ»-регулятора с ограничением выходной величины приведена на рис.1. Блоки K_p , K_i определяют коэффициенты усиления пропорциональной и интегральной частей. Схема, реализованная блоком насыщения Saturation, логическим блоком LU, управляемым ключом Switch и константой C_1 обеспечивает ограничение выходного сигнала с одновременным шунтированием интегрирующего звена Integrator.

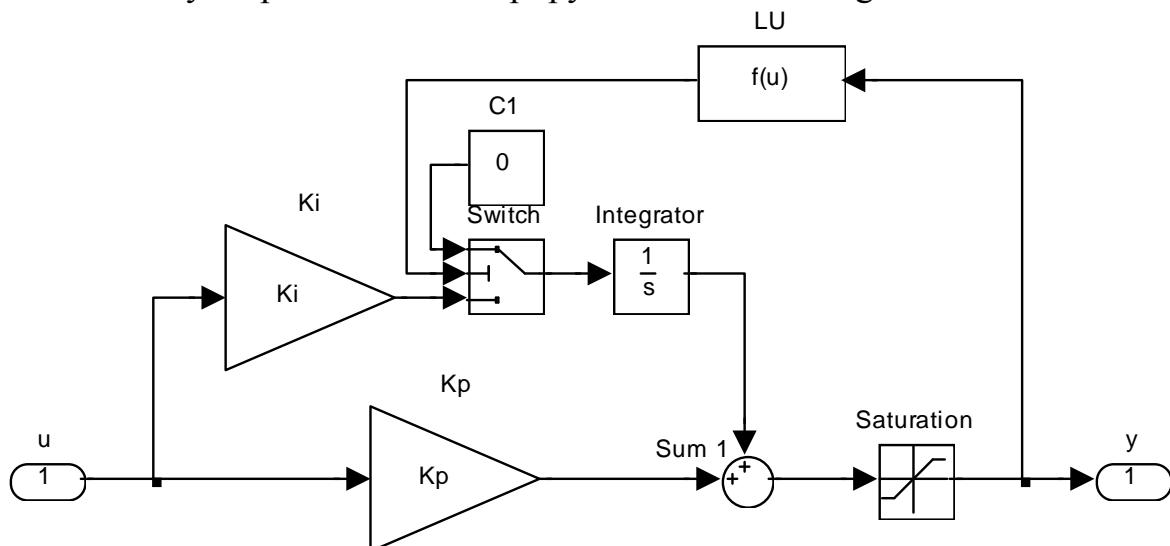


Рис.1. Детализированная структурная схема непрерывного «ПИ»-регулятора

При аппроксимации непрерывного интегрирующего звена прямым методом Эйлера Z-уравнения дискретного регулятора с периодом преобразования T_s и ограничением кода выходного сигнала на уровне $\pm OGR$ имеют вид

$$y = \begin{cases} u \cdot \frac{K_p z - K_p + K_i \cdot T_s}{z - 1}, & \text{если } |u \cdot \frac{K_p z - K_p + K_i \cdot T_s}{z - 1}| < OGR; \\ sign(u \cdot \frac{K_p z - K_p + K_i \cdot T_s}{z - 1}) \cdot OGR, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Те же уравнения в разностной форме

$$\begin{cases} y_i^* = y_{i-1} + K_p \cdot u_i + (K_i \cdot T_s - K_p) \cdot u_{i-1}; \\ y_i = \begin{cases} y_i^*, & \text{если } |y_i^*| < OGR; \\ sign(y_i^*) \cdot OGR, & \text{иначе,} \end{cases} \end{cases} \quad (1)$$

Из (1) следует, что при определенных комбинациях значений настроенных коэффициентов регулятора и времени преобразования T_s передаточная функция регулятора может существенно отличаться от желаемой. В частности, при комбинации коэффициентов $K_i \cdot T_s \rightarrow K_p$ слагаемое $K_i T_s - K_p \rightarrow 0$, Z-уравнения регулятора приобретают вид:

$$y = \begin{cases} u \cdot \frac{K_p \cdot z}{z-1}, & \text{если } |u \cdot \frac{K_p \cdot z}{z-1}| < OGR; \\ sign(u \cdot \frac{K_p z}{z-1}) \cdot OGR, & \text{иначе,} \end{cases}$$

ЛЧХ дискретного корректирующего устройства отличаются от желаемых.

Описанная проблема устраняется аппроксимацией непрерывного интегрирующего звена детализированной структурной схемы обратным методом Эйлера. В этом случае Z-уравнения дискретного регулятора приобретают вид

$$y = \begin{cases} u \cdot \frac{(K_p + K_i \cdot Ts)z - K_p}{z-1}, & \text{если } |u \cdot \frac{(K_p + K_i \cdot Ts)z - K_p}{z-1}| < OGR; \\ sign(u \cdot \frac{(K_p + K_i \cdot Ts)z - K_p}{z-1}) \cdot OGR, & \text{иначе.} \end{cases}$$

или в разностной форме

$$\begin{cases} y_i^* = y_{i-1} + (K_i Ts + K_p)u_i - K_p \cdot u_{i-1}; \\ y_i = \begin{cases} y_i^*, & \text{если } |y_i^*| < OGR; \\ sign(y_i^*) \cdot OGR, & \text{иначе.} \end{cases} \end{cases} \quad (2)$$

Уравнениям (2) соответствует простая в программной реализации модель дискретного регулятора (рис.2).

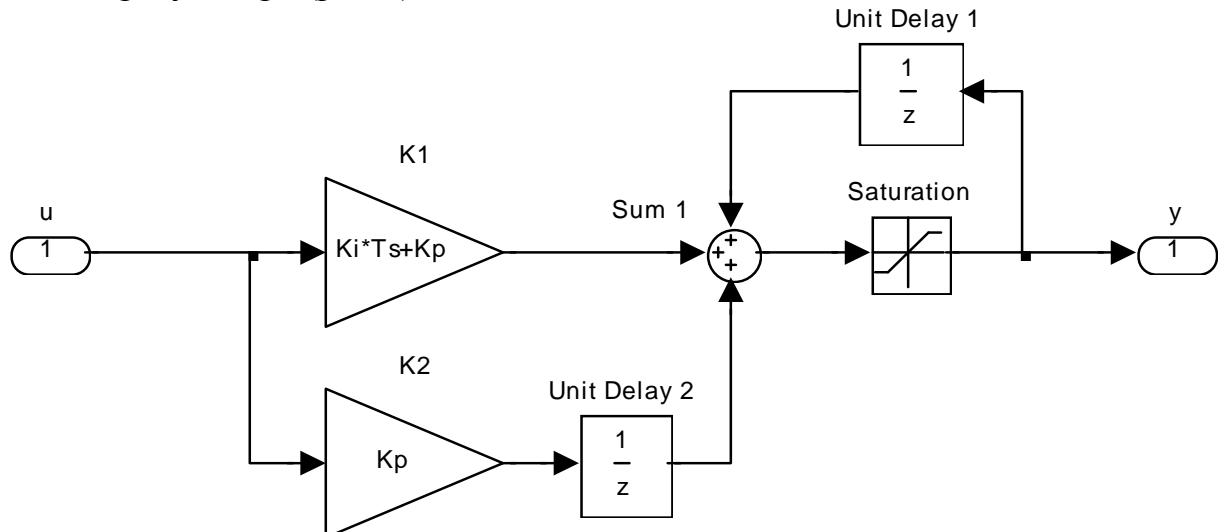


Рис.2. Структурная схема дискретного «ПИ»-регулятора

Дискретные регуляторы, синтезированные по структуре (рис.2), реализованы в управляющих устройствах, разработанных при модернизации станочных электроприводов серии ПТО на ООО «Украинский завод СКГШ» (г.Днепропетровск). Управляющее устройство выполнено на базе недорогого однокристального 8-разрядного микроконтроллера PIC18F452 производства компании Microchip. Программа дискретного регулятора, написанная на ассемблере для PIC 18-й серии, состоит из 29 команд и выполняется за 4,25 мкс при тактовой частоте микроконтроллера 8 МГц. Высокое быстродействие программной части позволило снять проблемы, обусловленные квантованием по

времени и получить переходные характеристики практически идентичные проектируемым.

Таким образом, применение метода согласования базисов в частотной области позволило:

- синтезировать цифровые регуляторы методом аппроксимации непрерывных интеграторов детализированной структурной схемы реального аналогового регулятора с ограничением выходных координат;
- сократить количество команд и реализовать промышленный ПИ-регулятор средствами микропроцессоров среднего семейства.

Литература

1. Синолицкий А.Ф., Алпатов А.В., Лазаревич Г.Г. Анализ рациональных вариантов микронтроллерных средств обработки информации в технологических процессах горно-металлургического комплекса // Сб. науч. тр. НГАУ – Дн-ск, 2001, №11, том 2.-с.57-61.
2. Соседка В.Л., Мазур Р.А. Анализ методик построения векторно-матричных моделей непрерывных систем в дискретном времени // Гірнича електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2004., Вип.73, с.65-72
3. Соседка В.Л., Мазур Р.А. Исследование в пакете MATLAB систем регулирования с цифровой коррекцией // Гірнича електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2003., Вип.70, с.58-65

*Рекомендована к публикации д.т.н. Слесаревым В.В.
Поступила в редакцию 19.09.06*

УДК 621:622.411.51

© С.Н. Ткаченко, Л.И. Цвиркун

ОРГАНИЗАЦІЯ ДИСТАНЦІОННОГО СБОРА ІНФОРМАЦІЇ ПОСРЕДСТВОМ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА В ШАХТЕ

Стаття присвячена розробці вимог до каналу зв'язку для систем дистанційного збору інформації про запиленість повітря в шахті. Обґрунтовано періодичність циклічного опитування пунктів контролю, топологія системи, інтерфейс каналу зв'язку, протокол обміну. Проведений аналіз адекватності системи і розрахована довжина сегменту лінії зв'язку.

Статья посвящена разработке требований к каналу связи для систем дистанционного сбора информации о запыленности воздуха в шахте. Обоснована периодичность циклического опроса пунктов контроля, топология системы, интерфейс канала связи, протокол обмена. Проведен анализ адекватности системы и рассчитана длина сегмента линии связи.

The article is devoted to development of requirements to the communication channel for the systems of the controlled from distance collection of information about dust in the air of a mine. Periodicity of the cyclic questioning of check points, topology of the system, interface of communication channel, protocol of exchange, is grounded. The analysis of adequacy of the system is conducted and length of segment of flow line is expected.

Контроль запыленности воздуха шахты проводится как для определения как пылевой нагрузки горняков, так и пылеотложения по косвенному параметру, что, в свою очередь, совместно с взрывчатостью пыли и содержанием мета-

на в воздухе, определяет пылевзрывобезопасность горной выработки. Существующие стационарные и портативные средства контроля, вследствие стохастического характера выходного сигнала первичного преобразователя, оборудованы интегрирующими элементами с постоянными интегрирования в диапазоне 3...20 с. При этом, чем меньше время аппаратного интегрирования, тем точнее полученное значение контролируемой величины, что объясняется меньшим дрейфом нуля интегратора.

Упомянутые средства контроля используются совместно персоналом службы ВТБ шахты, которые должны снимать с них показания. Такой подход не позволяет достаточно точно и оперативно доставлять информацию о запыленности воздуха, так как измерения носят эпизодический характер а время доставки их на поверхность определяется расстоянием учетчика до ближайшего телефона. Поэтому актуален вопрос построения систем дистанционного сбора информации, по возможности, на основе серийно выпускаемого оборудования.

В процессе построения системы дистанционного автоматического контроля запыленности в условиях шахты возникает ряд вопросов, требующих теоретического обоснования. Сюда относится выбор периодичности опроса локальных средств контроля, использование физических линий связи, обоснование топологии и выбор интерфейсов, способных сохранить работоспособность на требуемых расстояниях, а также выбор скорости канала, при котором система сохранит свою адекватность.

Так как соответствующая нормативная база в правилах безопасности отсутствует, выбор быстродействия системы можно осуществить исходя из характера изменения контролируемого процесса. Для этого проведем анализ динамики запыленности выработки, записанной с помощью самописца в вентиляционном штреке в течение 7 часов:

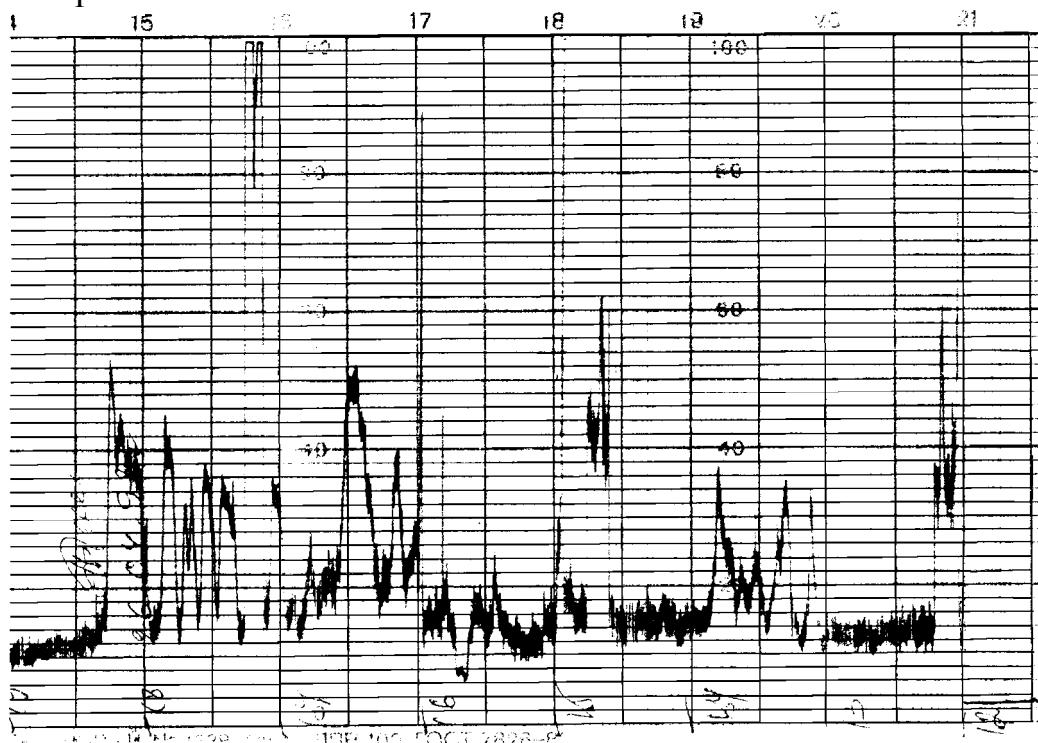


Рис. 1. Динамика запыленности воздуха, полученная на шахте “Павлоградская”

Полный диапазон шкалы на рисунке 1...500 мг/м³. Цена деления по горизонтали 30 минут. В качестве датчика использовался ДЗВ-500 со временем осреднения сигнала 15 секунд.

Как видно из рисунка 1, динамика запыленности во времени имеет стохастический характер даже при условии усреднения. Поскольку время значительного изменения запыленности (10% шкалы) имеет порядок 1 минуты, то передача информации на поверхность согласно теореме Котельникова [1] должна происходить как минимум каждые 30 секунд от всех элементов системы. При этом согласно той же теореме, при времени осреднения 15 секунд [2], частота опроса самого датчика должна происходить не реже, чем каждые 7,5 секунд, а в случае времени осреднения 3 с, то не реже, чем каждые 1,5 с.

Таким образом, локальный контроллер, снимающий информацию с датчика запыленности, каждые 1...1,5 с должен осуществлять АЦ-преобразование аналогового сигнала напряжением с датчика. При этом данные усредняются за минуту (как значимые), и могут поступать на поверхность каждые 30 секунд. Этот же алгоритм может быть применен и для аварийных режимов работы системы.

Предложенный подход позволяет исключать быстротекущие стохастические отклонения, которые не несут значащей информации. Они отфильтровываются непосредственно на месте контроля, что исключает попадание случайной информации на ЭВМ и снижает требования к защите информации средствами ее программного обеспечения [3].

Несмотря на ведущиеся научные разработки высокоскоростных каналов связи общешахтных интегрированных систем, способы передачи информации о запыленности должны быть ориентированы, прежде всего, на автономное использование подведенных к лаве шахтных телефонных кабелей [4], что, с одной стороны, позволит отказаться от прокладки дополнительных линий, а с другой – не противоречит концепции применения сборных контроллеров на базе промышленных сетей, так как в этом случае вопросы интегрирования элементов системы контроля запыленности в общую систему сводятся, в основном, к программированию.

В идеале, топология линий связи подземной части систем обмена информацией должна быть произвольно-древовидной, или, хотя бы, бинарным деревом. Однако, несмотря на строгость и унификацию компонент упомянутых топологий, возможен рост стоимости системы за счет избыточности. По нашему мнению, следует использовать комбинаторную топологию на основе бинарного дерева и шины либо петли, что позволит использовать преимущества обеих вариантов как на ветвлениях и при больших расстояниях (порядка 10 км), так и на коротких участках около 2...5 км.

Обоснем требования к интерфейсу для автономной работы системы дистанционного контроля запыленности.

Так как необходимая скорость передачи информации, и ее объем, по предварительным оценкам, невелики, в разработку не стоит закладывать высокоскоростные средства обмена, которые потребуют сложных протоколов и дисциплин обслуживания для защиты информации от помех в линии.

В качестве интерфейса для передачи данных предлагается использовать полудуплексную токовую петлю, с независимым источником стабильного тока для питания линии связи, в качестве которого вполне применим источник питания аппаратуры контроля концентрации метана АТ.1.1 или АТ.3.1. Допустимо также применение RS-485 при условии ограничения тока короткого замыкания в линии до 30 мА, но его помехоустойчивость гораздо ниже. На больших расстояниях, либо для реализации пары ветвей бинарного дерева токовая петля выродится в интерфейс „точка-точка”, а в систему добавится новый компонент – бинарный репитер-концентратор. Хотя RS-485 вследствие шинной топологии способен разветвиться без дополнительных устройств, использование репитера-концентратора в таком интерфейсе также необходимо из соображений искробезопасности.

Применение полнодуплексных аналогов упомянутых выше интерфейсов, TTY и RS-422 соответственно, не оправдано, так как для достаточно низкой скорости будет задействована четырехпроводная линия, что для горных выработок расточительно.

Если использовать интерфейс RS-485, то длина отдельного сегмента, согласно документации, составит 1200 м. Большую дальность сегмента способна обеспечить токовая петля. Рассчитаем эту дальность. Падение напряжения на входе абонента определится суммой падений напряжений на открытом коллекторно-эмиттерном переходе выходного ключа, что составит около 1В[5], и на р-n-переходе входного – порядка 1,5В [6]. Итого, на одном абоненте падает около 2,5 В. Напряжение холостого хода на источнике тока аппаратуры АТ.1.1 составляет 30В при стабильном токе 20 мА [7]. Таким образом, длина линии связи L_{LS} , в зависимости от количества абонентов, определится зависимостью:

$$L_{LS} = \frac{\left(U_{X.X.} - \sum_{i=2}^n U_N \right)}{I_{LS}} \cdot R_{LS}, \quad (1)$$

где $U_{X.X.}=30\text{В}$ – напряжение холостого хода питающего источника тока;

$U_N=2,5\text{В}$ – падение напряжения на одном абоненте токовой петли;

n – количество абонентов;

I_{LS} – стабилизированный ток, протекающий в токовой петле;

$R_{LS}=70 \text{ Ом/км}$ – погонное сопротивление шахтной телефонной пары.

Расчет длины сегмента линии связи (1) представлен в таблице 1.

Как показано в таблице 1, сегмент токовой петли при двух абонентах (включая и репитер-концентратор) предлагаемый интерфейс способен организовать канал передачи данных на расстояние до 17 км. С увеличением количества абонентов в сегменте дальность падает, но к аналогичному параметру в RS-485 достигнет только при 11 абонентах, что в условиях шахты маловероятно всику топологических особенностей.

Таблица 1

Допустимая длина сегмента линии связи в зависимости от количества абонентов

Количество абонентов	Максимальное расстояние, км
2	17,857
3	16,071
4	14,285
5	12,500
6	10,714
7	8,929
8	7,143
9	5,357
10	3,571
11	1,786

На кафедре аэрологии и охраны труда Национального горного университета были проведены испытания токовой петли, использующейся для передачи данных о запыленности. Экспериментально доказано, что сегмент линии связи с двумя абонентами вполне способен поддерживать обмен цифровой информацией по свободной телефонной паре с погонным сопротивлением 70 Ом/км, что эквивалентно сопротивлению 1 км пары проводов кабеля ТАШ [4] на расстояние до 15 км, что подтверждает проведенные расчеты.

Поскольку предложено использовать свободные пары шахтного телефонного кабеля, то скоростные преимущества синхронного обмена в таких условиях сводятся на нет из-за нестабильности шахтной сети, сбоев питания и наложения помех. Возникающие искажения при этом можно обнаружить только при использовании помехозащищенных протоколов, что в случае асинхронного обмена должно быть реализовано априори [8]. Поэтому передача данных должна быть реализована с помощью асинхронного протокола обмена.

Как было показано выше, система контролирует медленнотекущий процесс, где требуемая частота получения данных – 2 раза в минуту, то есть скорость обмена предполагается невысокой. Поэтому, достаточна простейшая дисциплина обмена – циклический опрос под управлением мастера подземной информационной системы, выполненного как часть программного обеспечения либо поверхностного полукомплекта, либо сборного контроллера общешахтной интегрированной системы.

Таким образом, для организации обмена приемлем последовательный асинхронный протокол обмена, работающий под управлением мастера согласно дисциплины циклического опроса в режиме разделения времени по интерфейсу „токовая петля”.

Поскольку предложена шинная либо петлевая топология сегментов, а дисциплина обслуживания выбрана „циклический опрос”, все абоненты системы должны иметь свой адрес. При этом поток информации доступен всем або-

нентам, а значит, кроме обычного искажения измерительной информации вследствие помех, возможны сбои, связанные со следующими ситуациями:

- передаваемый код значения запыленности совпал с кодом адреса одного из подключенных абонентов;

- в момент вызова подземного полукомплекта возникла помеха, искажившая адрес вызываемого.

Для защиты от указанных ситуаций нами предложен следующий протокол обмена для циклического опроса:

1. Вызов абонента мастером:

$$\text{Start Num Cm CS1}, \quad (2)$$

где Start – старт-байт, означающий начало передачи информационной посылки Start=AAh;

Num – адрес вызываемого абонента, Num={0...255};

Cm – команда на считывание информации;

CS1 – контрольная сумма, для защиты посылки:

$$\text{CS1} = \text{Start} \oplus \text{Num} \oplus \text{Cm}, \quad (3)$$

2. Ответ абонента мастеру:

$$\text{Start Num Cm Data CS2}, \quad (4)$$

где Data – передаваемые данные, длина зависит от разрядности передаваемого значения;

CS2 – контрольная сумма, для защиты посылки:

$$\text{CS2} = \text{Start} \oplus \text{Num} \oplus \text{Cm} \oplus \text{Data}, \quad (5)$$

В случае обнаружения ошибки предложенным протоколом мастер системы повторно вызывает абонента.

Определим скорость канала связи, необходимую для своевременной передачи информации о запыленности выработок. Для этого рассмотрим план ведения горных работ на шахте “Западно-Донбасская” ГХК “Павлоградуголь”. Среднее число действующих забоев на январь 2001 года – 5, очистных – 8. Итого, для обслуживания всех забоев необходимо 13 подземных полукомплектов системы.

Диапазон измеряемых датчиками значений составляет 10...500 мг/m³ при абсолютной погрешности (1±0,25C) мг/m³. Следовательно, шаг квантования передаваемой величины должен составить не более 1 мг/m³. Диапазон 0...500 в двоичной системе счисления при этом будет отражен с помощью $\log_2(500) \approx 9$ символов, поэтому для передачи измерительной информации необходимо достаточно 2 байт. Также в посылку необходимо добавить еще один байт для передачи математического ожидания, вызванного загрязнением оптического датчика. Таким образом, переменная Data состоит из 3 байт, а суммарная длина вызывающей и ответной посылки составит 11 байт.

Асинхронный обмен предполагает однобайтовые посылки длиной как минимум 10..11 бит (добавляются старт-, стоп-бит и бит паритета)[8]. Предпочтительно использовать 11-битный обмен, при этом бит паритета будет указывать, от мастера или абонента идет в данный момент сообщение, что исключит конфликты в системе передачи.

Исходя из составленного в (2) и (3) протокола, весь процесс связи с одним подземным полукомплектом потребует 11 байт или 121 бит. Если принять, что время обработки информации по сравнению с длительностью процесса обмена ничтожно мало, то для опроса 13 подземных полукомплектов в течение 30 секунд потребуется период опроса всех абонентов

$$T \leq K \frac{T_k}{n \cdot L}, \quad (6)$$

где K – коэффициент оптимального использования канала связи, $K \approx 0,62$;

T_k – необходимое время опроса всех подземных абонентов, $T_k = 30$ с;

n – количество подземных абонентов, $n=13$;

L – полная длина посылки, включая запрос и ответ, $L = 121$ бит.

Таким образом, период опроса абонентов (он же является и периодом реакции системы) не должен превышать приблизительно 11 мс. Скорость канала связи с разделением времени, соответственно должна быть не ниже 84 бод. Выбранная скорость 1200 бод, являясь минимальной для современной элементной базы, вполне удовлетворяет поставленному условию.

По результатам проведенного анализа можно прийти к выводу, что для организации системы дистанционного приема данных от локальных оптических средств контроля запыленности воздуха система сбора информации должна обладать следующими техническими характеристиками:

- локальные контроллеры для отфильтровывания стохастической составляющей измерений должны усреднять ежесекундные замеры запыленности за минуту;

- топология системы сбора информации должна быть комбинацией бинарного дерева и петли либо шины в зависимости от топологических особенностей шахты;

- желательно, чтобы сегменты бинарного дерева строились с использованием токовых интерфейсов с привлечением штатной аппаратуры питания систем контроля содержания метана;

- допустимо в качестве сегмента бинарного дерева использовать интерфейсы по напряжению, однако это снизит дальность передачи на порядок, для отдельно взятого сегмента;

- отдельно взятые абоненты системы, а также сегменты системы должны предусматривать возможность интеграции в общешахтные сети и информационные системы;

- адекватность системы сбора информации о запыленности воздуха в шахте при современной элементной базе будет обеспечена в любом случае без применения повышающих скорость дисциплин обмена, если количество пунктов контроля находится в пределах 20.

В перспективе, повышение скорости канала для передачи информации о запыленности с точки зрения обеспечения адекватности системы не имеет смысла. Более того, в дальнейшем этот же канал вполне способен обеспечить и передачу данных о других медленнотекущих процессах – содержании метана и углекислого газа.

Литература

1. Романенко В.Д., Игнатенко Б.В. Адаптивное управление технологическими процессами на базе микроЭВМ. – К: Выща школа, 1990. – 336 с.
2. Гитис Э.И., Пискулов Е.А. Аналогово-цифровые преобразователи. – М.: Энергоиздат, 1981. – 360 с.
3. Управляющие вычислительные машины в АСУ технологическими процессами. /Под. ред. Т. Харрисона. – Т.2. – М.: Мир, 1976 – 536 с.
4. Бизин П.С. Верещагин Г.П., Рольник М.А. Шахтная связь и сигнализация. М.: Недра, 1970. – 166 с.
5. Полупроводниковые приборы. Транзисторы. :Справочник. /Под. ред. Н.Н. Горюнова – М.: Энергоиздат, 1985. – 904 с.
6. Полупроводниковые приборы. Диоды высокочастотные. Диоды импульсные. Оптоэлектронные приборы. /Под. ред. А.М. Голомедова – М.: Радио и связь, 1988. – 592 с..
7. Разработка теоретических основ, методики и алгоритма контроля пылевзрывобезопасности горных выработок шахт по показаниям датчиков концентрации пыли. Отчет о НИР (заключ.) №ГР 0100U001813. /НГА Украины; Руководитель В.И. Голинько. –, 2001. - 87с..
8. Дженнингс Ф. Практическая передача данных. – М.: Мир, 1989. – 272 с.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Ткачевым В.В.
Поступила в редакцию 05.09.06*

УДК 621.311.001

© Е.А. Токарева

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ГОРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Розглянуті особливості автоматизації гірничих підприємств на прикладі процесів вугле-збагачення. Запропоновано структурування вихідних даних по двурівневій схемі і розроблений алгоритм функціонування автоматизованої інформаційної системи.

Рассмотрены особенности автоматизации горных предприятий на примере процессов углеобогащения. Предложено структурирование исходных данных задачи оптимального управления по двухуровневой схеме и разработан алгоритм функционирования автоматизированной информационной системы.

The features of automation of the mountain enterprises on an example of processes углеобогащения are considered. It is offered структурирование of an initial given task of optimum control under the two-level circuit and the algorithm of functioning of the automated information system is developed.

Вступление. В настоящее время все более отчетливо проявляется логическое и информационное взаимопроникновение различных уровней автоматизации бизнес - уровня (АСУ), уровня проектирования (САПР) и производственно - технологического уровня (АСУТП). Интеграция этих систем позволяет автоматизации стать реальной производительной силой и охватить предприятие в целом, от технологов-операторов до высшего руководства. Предприятие едино и должно функционировать в едином информационном пространстве только в этом случае появляется возможность оптимального и оперативного управления его финансово-хозяйственной и производственной деятельностью.

Внедрение подобных открытых технологий позволит предприятию сохранить уже вложенные и вновь вкладываемые в автоматизацию инвестиции в течение длительного срока.

Последние достижения. Актуальной проблемой углеобогащения коксующихся марок углей в настоящее время является выбор оптимального варианта угольных шихт. В этом направлении проведено значительное количество исследований, однако разработка научных основ составления угольных шихт для решения этой задачи затруднена из-за недостаточно полного теоретического обоснования истолкования сущности и механизма процесса взаимодействия компонентов шихты [1]. Шихта каждой обогатительной фабрики формируется на основании накопленного опыта. При этом важнейшим свойством используемых в шихте углей является их способность в определенном сочетании давать кокс заданного качества. Кроме того, при составлении угольных шихт учитывается содержание серы, зольность, выход летучих, влага, обогатимость отдельных компонентов [2].

Многочисленные попытки найти представительный показатель коксуюемости углей и шихт не дали пока результатов. Вместо с тем, без знания этой характеристики углей управлять процессом углеподготовки невозможно и на практике обычно руководствуются такими характеристиками как выход летучих и толщина пластического слоя. Ориентировка на эти показатели позволяет приблизенно оценить коксуюемость. Наряду с этим для оценки спекаемости и коксуюемости используется петрографический анализ углей. Этот метод имеет как своих сторонников так и оппонентов [3]. Для коррекции последнего метода предлагается учитывать степень восстановимости углей [4].

Таким образом, на основании целого ряда технологических показателей для каждой обогатительной фабрики формируется шихта с указанием процентного содержания каждой марки углей в ней. Форма планирования предполагает стабильность состава угольной шихты в течение квартала (трех месяцев). В дальнейшем состав шихты может изменяться, следуя например, за изменением сырьевой базы.

Введенное выше определение стабильности состава шихты означает, что угли запланированные на поставки шахт будут в течение квартала поступать более или менее стабильно и в целом выйдут на запланированные показатели по объему. Наличие на участке углеподготовки различных накопительных емкостей призвано сгладить неравномерность поставок и обеспечить нормальное функционирование дозировочного отделения. Этой же цели служат и шахто-группы, обеспечивающие взаимозаменяемость углей, близких по качественным показателям [5].

Функционирование всего углеподготовительного процесса при ориентировке на запасы в основном подчинено критерию "ближайшей выгоды". Как отмечено в [6] такой подход далек от оптимального. Вместе с тем современный уровень оснащения обогатительных фабрик средствами автоматики и контроля не позволяет руководствоваться достоверной информацией о состоянии запасов углей и их качества.

Разработка системы автоматизации углеподготовки различных уровней должна опираться на прочную технологическую основу. Широкое внедрение автоматизации на углеобогатительной фабрике сдерживается следующими особенностями этого подразделения производства:

1. Принятие решений в большинстве случаев приходится принимать в условиях неполной информации.
2. При работе углеобогатительной фабрики должен выполняться ряд ограничений [7]:
 - а) ограничения на марочный состав шихты;
 - б) ограничения на объем накопительных емкостей;
 - в) ограничения на возможности средств технического оснащения;
 - г) ограничения на равномерность поступающих на завод углей по качеству и количеству;
 - д) ограничения на сроки хранения углей;
 - е) ограничения на возможности оперативного управления из-за значительно отставания анализов качества поступающих углей;
3. Недостаточно широкое распространение локальных средств автоматики.

Формулирование целей исследований. В целом, очевидно, что технологические процессы углеподготовки требуют установления приоритетов на выполнение критериев оптимальности по каждому процессу. Задача получения концентрата высокого качества ставит вопрос поддерживания заданного марочного состава шихты на первое место. Как уже отмечалось, состав шихты можно считать постоянным в течении одного квартала. Требование стабильности марочного состава позволяет принять в качестве общего критерия оптимального управления шихтовкой выражение:

$$K = \min \sum_{i=1}^N \min \sum_{j=1}^M (\mathcal{W}_{ji}^\phi - \mathcal{W}_{ji}^3)$$

$$Z_1 - 2\% \leq Z_i \leq Z_1 + 2\%$$

$$Z_1 - 2\% \leq Z_i \leq Z_i + 2\%$$

$$Z_N - 2\% \leq Z_N \leq Z_N + 2\%$$

где: K - критерий оптимальности; N - количество марок в шихте; M - количество шахтогрупп в i -ой марке ; \mathcal{W}_{ji}^ϕ -фактический процент участия j -ой шахтогруппы i -ой марки в шихте; \mathcal{W}_{ji}^3 -заданный процент участия j -ой шахтогруппы i -ой марки в шихте; $Z_i \pm 2\%$ -заданное процентное участие i -ой марки в шихте и его допустимые отклонения.

Выполненные исследования и разработки. Уровень автоматизации рассматриваемого объекта находится в прямой зависимости от информации, которую можно получить об углях, находящихся на обогатительной фабрике и технологических процессах по его переработке. Анализ статистической информации по работе углеобогатительной фабрики позволяет определить два уровня достоверности этой информации. Структура из двух уровней вытекает непосредственно из структуры опробований, которые производятся лабораторией фабрики (рис.1) на

технологических участках, а также структуры отчетной документации по ходу отдельных технологических процессов, различных планов и директив.

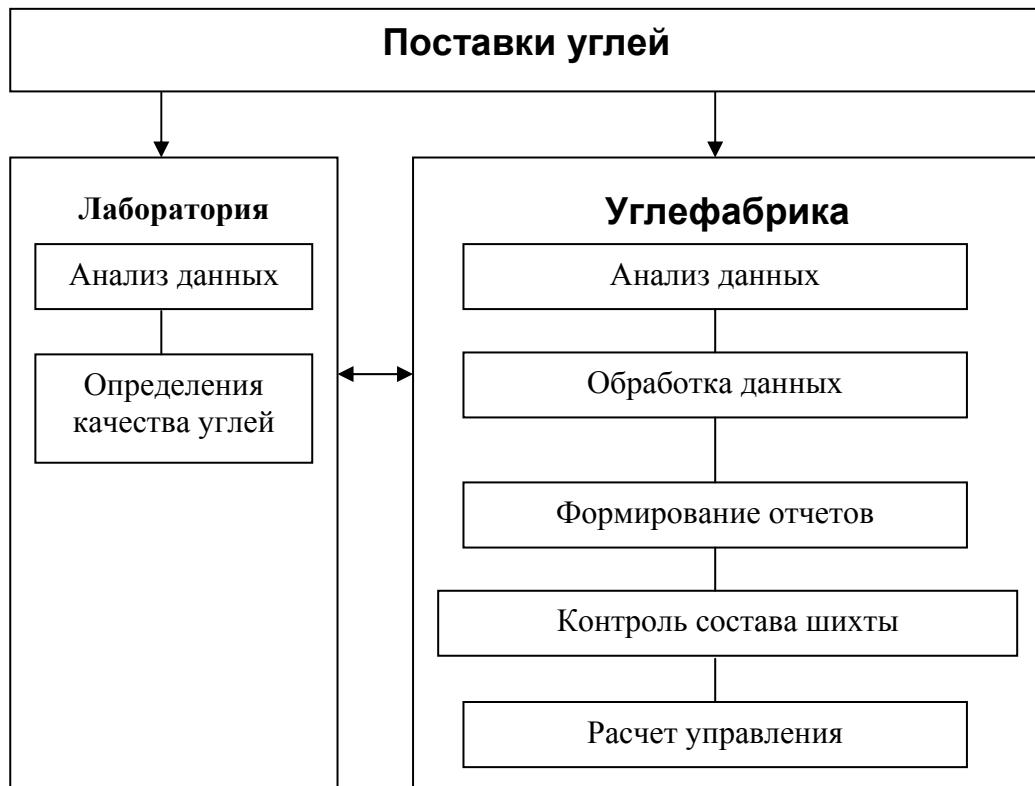


Рис. 1. Упрощенная схема информационных процессов

Первый уровень представлен плановыми и директивными документами. Качественные характеристики сырья уточняются по данным лаборатории. Эта информация подробно характеризует все качественные показатели сырья, однако эти характеристики являются общими для большого интервала времени.

Второй уровень представлен частыми опробованиями углей, которые выполняются лабораторией. Эти опробования характеризуют только важнейшие качественные параметры.

Основные задачи разрабатываемой автоматизированной информационной системы (АИС):

1. Информационное обеспечение деятельности технологического персонала углеобогатительных фабрик.
2. Анализ, коррекция и дополнения информации о находящихся на обогатительной фабрике углях.
3. Накопление данных о количестве углей различного качества и использование их для оперативного расчета угольной шихты.

На основании ежедневно обновляемых данных технологический персонал углеобогатительной фабрики может отслеживать изменение качественных и количественных характеристик в поставках углей. При отсутствии данных по углем конкретной шахты они должны дополняться по результатам опробований сырья лабораторией, а в случае изменения качества – корректироваться по новой информации. Это описание позволяет составить упрощенную блок - схему алгоритма функционирования АИС, показанную на рис. 2.

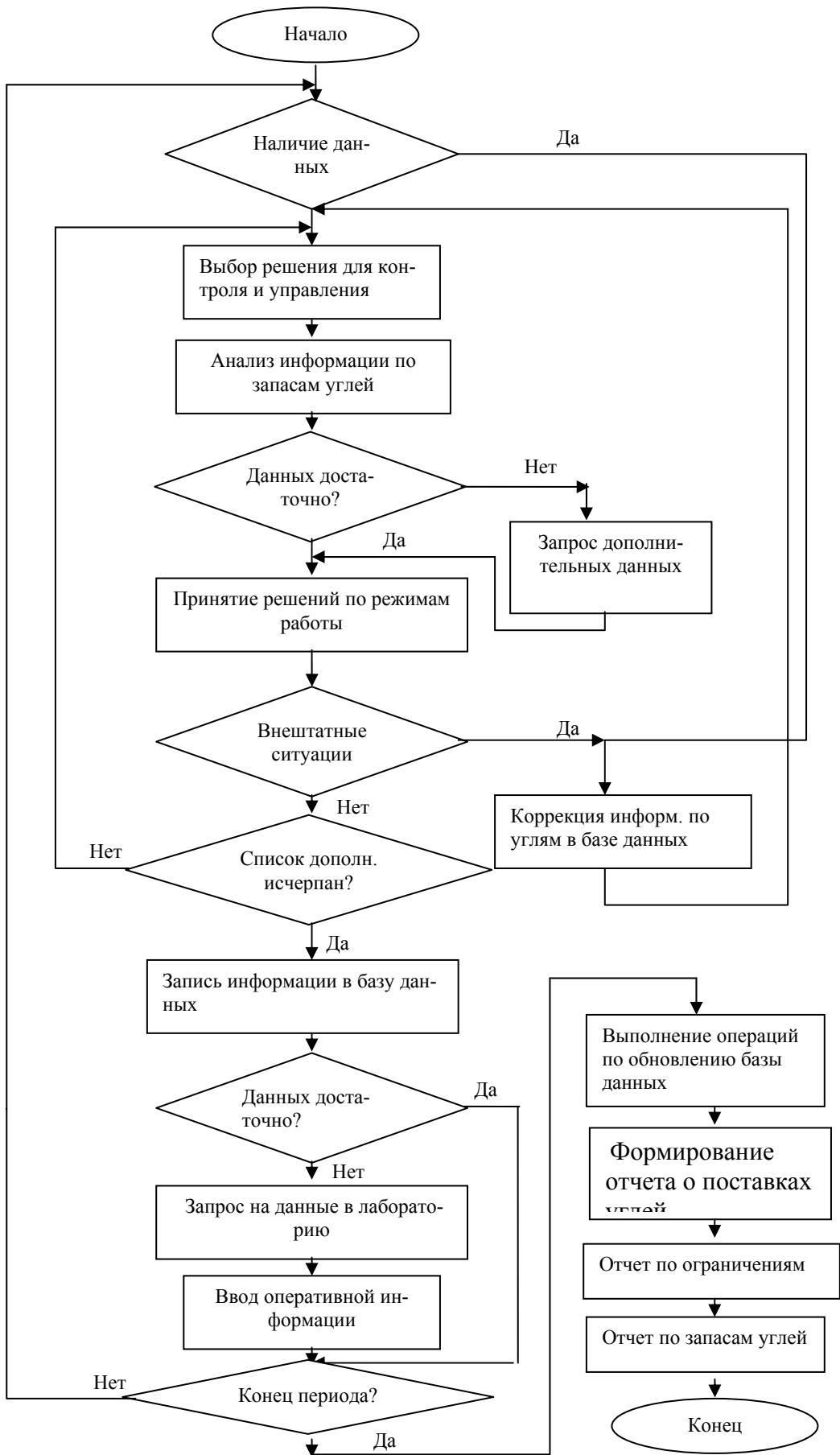


Рис.2. Упрощенный алгоритм работы АИС

Максимально формализованное описание постановки задачи в нашем случае будет выглядеть следующим образом.

1. Наименование задачи: Мониторинг сырьевой базы обогатительных фабрик.

2. Цель работы: Создание, корректировка и дополнение оперативной информации о наличных углях.

3. Информационные процессы:

- обновление данных по углям;
- удаление устаревшей информации;
- добавление новых шахт - поставщиков;
- сохранение данных по текущим поставкам;
- сопоставление плановых и текущих данных;
- обработка оперативной информации по поставкам;
- формирование отчетов;
- формирование данных о текущих запасах углей.

4. Бизнес-правила: функционирование углеобогатительной фабрики производится в условиях ограничений на качество перерабатываемого сырья по зольности содержания серы, выходу летучих веществ, пластометрическим показателям. Кроме того, важным условием является соблюдение заданного состава угольной смеси (шихты), которая поступает на обогащение.

Использование положений теории нормализации основано на том, что определенный набор таблиц обладает лучшими свойствами при включении модификации и удалении данных, чем все остальные наборы таблиц, с помощью которых могут быть представлены те же данные. Введение нормализации отношений при разработке информационной модели обеспечивает её минимальный объем при записи на каком-либо носителе и ее максимальное быстродействие, что напрямую отражается на качестве функционирования информационной системы.

После применения правил нормализации логические группы данных располагаются не более чем в одной таблице. Это дает следующие преимущества:

- данные легко обновлять или удалять
- исключается возможность рассогласования копий данных
- уменьшается возможность введения некорректных данных.

Заключение. Выполненные исследования и разработки являются основой для более широкого и эффективного внедрения средств автоматизации на горных предприятиях.

Литература

1. Автоматизация технологических процессов на горнорудных предприятиях. М., Недра, 1984.- 342 с.
2. Автоматизация управления обогатительными фабриками / Б. Д. Кошарский, А. Я. Ситковский, А. В. Красномовец и др. М., Недра, 1977.– 344 с.
3. Автоматизация производства на углеобогатительных фабриках /Л. Г. Мелькумов, В. А. Ульшин, М. А. Бастунский и др. М., Недра, 1983. – 457 с.
4. Автоматизация обогатительных фабрик / Г. А. Хан, В. П. Картушин, Л. В. Сорокер и др. М., Недра, 1974. – 434 с.

5. Базанова Н. М., Курочкина А. В. Опробование и контроль процессов обогащения. М., Недра, 1983. – 237 с.
6. Марюта А. Н., Качан Ю. Г., Бунько В. А. Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик. М., Недра, 1983. -143 с.
7. Хан Г. А. Опробование и контроль технологических процессов обогащения. М., Недра, 1979. – 211 с.
8. Лазорин А. И., Слесарев В. В. Автоматизация углеприемного комплекса на обогатительных фабриках //Горная электромеханика и автоматика. Респ. Межвед. Научн. Сб. – 1978, вып. 32. – С 72 – 77.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Зберовским А.В.
Поступила в редакцию 05.09.06*

УДК 681.324

© Э.Б. Гезалов

ПРОТОКОЛ ДОСТУПА С ИНТЕРВАЛОМ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ

Предлагается протокол доступа с интервалом безопасности для обслуживания неоднородного трафика (видео, речь и данные) в интегральной локальной сети.

Пропонується протокол доступу з інтервалом безпеки для обслуговування неоднорідного трафіку (відео, мовлення та данні) в інтегральній локальній мережі.

The access protocol with the security interval for service of heterogeneous traffic (video, speech and data's) in an integral local network is offered.

В настоящее время особую актуальность приобрела тенденция на создание высокопроизводительных распределенных автоматизированных информационных систем, обеспечивающих передачу неоднородного трафика (речи, видео и данных). Коммуникационной системой таких систем являются локальные сети связи [1].

Для обеспечения передачи неоднородного трафика в единой локальной сети необходимо учитывать различия в допустимой задержке информации различных видов. Поэтому в таких сетях необходима реализация протоколов доступа, которые бы учитывали приоритетные дисциплины выделения ресурсов моноканала. Кроме того, представляет интерес разработка и изучение комбинированных протоколов доступа, адаптивных к изменяющемуся трафику и обеспечивающих высокую производительность работы локальной компьютерной сети в широком его диапазоне [2].

Проблеме передачи информации различных видов в единой локальной сети посвящены работы многих авторов. В них рассматриваются анализ характера смешанного трафика, дисциплины и модели обслуживания сообщений в локальной сети, однородной по протоколу доступа, комбинированные протоколы доступа, вопросы технической реализации и.т.д. Так, в [3] предложен комбинированный протокол управления доступом в мобильной системе связи. Этот протокол объединяет протоколы контролируемого, синхронного временного и синхронно-случайного доступа. При этом протоколе обеспечивается эффек-

тивная передача неоднородного трафика (речи и данных) в мобильной системе связи. Кроме того, предложенный протокол адаптивен к изменяющемуся трафику в сети. Этот протокол доступа обеспечивает однократную передачу только речевого пакета и пакета данных в цикле доступа каждой станции, а также речевого пакета во временных окнах, неиспользуемых другими станциями.

Предложенный протокол доступа получил развитие в [4,5].

Так, в [4] предложен протокол доступа для интегральной локальной сети, обеспечивающий однократную передачу пакетов речи, видео и данных в цикле доступа каждой станции, а также пакета данных во временных окнах, неиспользуемых другими станциями. В [5] предложенный протокол доступа обеспечивает передачу одного пакета видеинформации и “ m ” пакетов данных в цикле доступа каждой станции, а также пакета данных во временных окнах, неиспользуемых другими станциями.

Предложенные в [4,5] протоколы доступа также являются высокопроизводительными и адаптивными к изменяющейся нагрузке. Однако, при этих протоколах возможны появления конфликтных ситуаций, возникающих в сети. Так, если предыдущая станция передала маркер, в котором сообщает другим станциям о передаче, и при передаче из-за ошибок в канале связи или ошибок данной или другими станциями принял маркер о пустом буфере, то может возникнуть следующая ситуация: во время передачи предыдущей станцией данная станция и другие станции сети будут передавать свои пакеты данных в режиме синхронно-случайного доступа. Кроме того, может возникнуть обратная ситуация: когда передается маркер, сообщающий о пустом буфере, а он принимается из-за ошибок как маркер, сообщающий о передаче предыдущей станцией пакета или пакетов данных. В этом случае станции воздерживаются от передачи в “чужом временном окне”. Для устранения указанных конфликтных ситуаций в локальной сети может быть использован комбинированный протокол доступа с интервалом безопасности.

Рассмотрим локальную сеть, основными элементами физической структуры которой являются абонентские станции (АС), представляющие собой автоматизированные рабочие места (АРМ) инженеров с локальными базами данных, транспортные станции (ТС), реализующие доступ компьютеров через моноканал локальной сети к центральной базе данных (БД), организованной на сервере. Под термином "АС" трактуется совокупность аппаратных и программных средств, выполняющих функции терминала и аппаратуры передачи информации. Используемый тип моноканала коллективного пользования в рассматриваемой системе - шина. Каждый сотрудник предприятия имеет возможность передавать и принимать смешанный трафик (пакетированная речь, видео и данные), если его компьютер подключен к локальной сети. Кроме того, все сотрудники, абоненты локальной сети, имеют право доступа к базе данных, расположенной на сервере. Для доступа к общему каналу и передачи абонентские станции в сети используют протокол гибридного доступа, объединяющий протоколы маркерного, контролируемого и синхронно-случайного (синхронная АЛОНА) доступа.

В локальной сети связи с протоколом гибридного доступа АС и сервер работают следующим образом. На каждой АС буфер разделен на три части: одна часть буфера для хранения речевых пакетов (назовем ее буфер-1), вторая часть (назовем ее буфер-2) для хранения пакетов видеинформации и третья часть (назовем ее буфер-3) для хранения пакетов данных. Каждая станция получает право доступа к общему каналу спустя одно временное окно для передачи пакета данных после получения маркера. Если в буфере-1 и буфере-2 станции, получившей управление на доступ, имеются соответственно речевой пакет и пакет видео, они передаются в множественно-вещательный канал. После чего станция передает маркер, в котором содержится информация о режиме работы станции по передачи пакета или пакетов данных в следующем за маркером временным окном. Если в буфере-2 станции имеется один или “ m ” пакетов данных, то она оповещает об этом другие станции. После передачи маркера станция занимает одно или “ m ” временных окон для передачи пакетов данных.

Таким образом, остальные станции оповещаются о занятости одного или “ m ” временных окон. В этом случае каждая станция получает право доступа к общему каналу спустя одно или “ m ” временных окон для передачи пакетов данных после получения маркера. Если же в буфере-2 станции нет пакетов данных, то после передачи маркера доступ к каналу получает станция, следующая в логическом кольце. Станция, получившая маркер, может выйти в канал спустя одно временное окно. Поскольку текущее временное окно свободно, то станции, имеющие пакеты данных, пытаются захватить моноканал в соответствии с протоколом синхронно-случайного доступа, то есть передают пакеты данных с вероятностью $q_D < 1$. По окончании длительности текущего временного окна управление переходит к станции, удерживающей маркер, то есть к соседней в логическом расположении станции. При этом протоколе каждая станция, получив маркер, анализирует состояние канала связи в течение интервала безопасности. Интервал безопасности необходим для устранения описанных выше конфликтных ситуаций, возникающих в сети из-за ошибок в канале связи или ошибок в станциях сети. Интервал безопасности позволяет устраниТЬ эти ситуации. Для реализации управления доступом в сети маркер кроме традиционных семи полей (стандарт IEEE 802.4) [6] содержит еще одно поле - поле управления, которое в общей структуре кадра - маркера занимает место после однобайтного поля маркера - 00001000. Поле управления кадра маркера содержит информацию о наличии пакета или пакетов данных у станции и имеет значения:

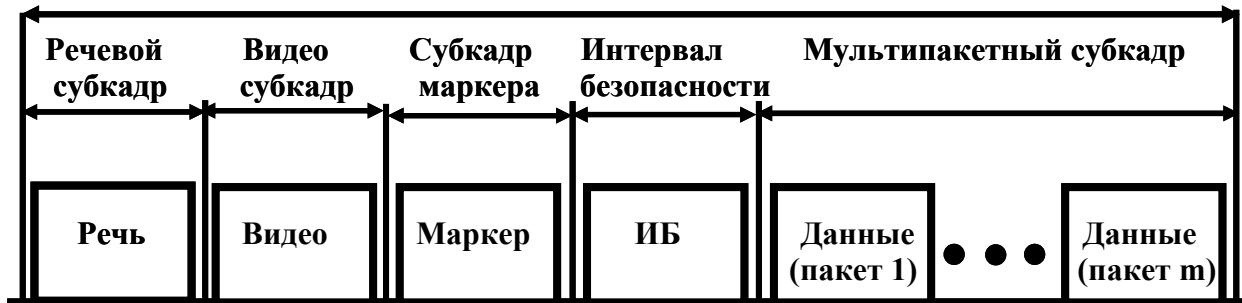
-наличие пакета или пакетов данных: **ЗАНЯТО** (с указанием количества занимаемых окон);

-отсутствие пакетов данных: **СВОБОДНО**.

Таким образом, в цикле каждая станция, получив права доступа, может занять $m+1$ временных окон в каждом цикле доступа, одно из которых - для передачи пакета видеинформации и m - для передачи пакетов данных. В течение остальных $N-1$ (N - количество АС и сервер) временных окон (чужих окон) станция имеет возможность передавать пакеты данных в режиме синхронно-случайного доступа при условии отсутствия пакета данных у станции, владеющей окном.

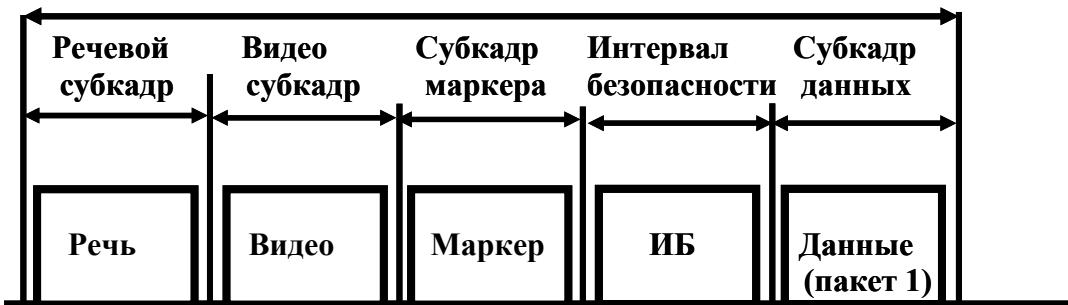
Структура кадров, занимаемых каждой станцией в цикле доступа, показана на рис.1.

Пакетный мультикард



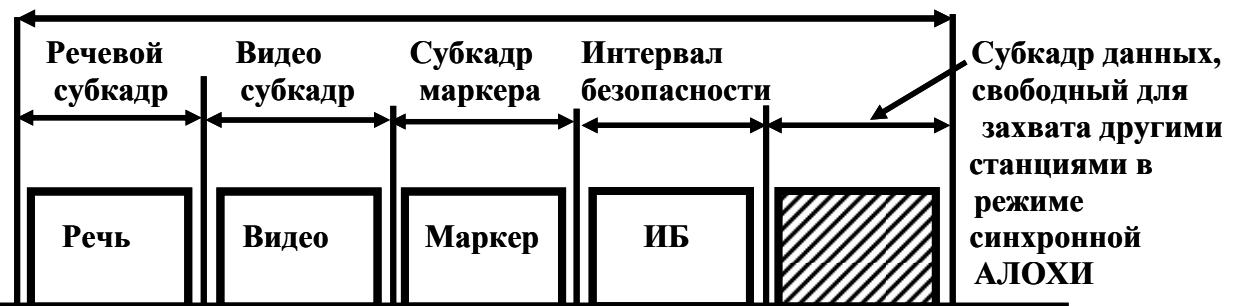
а) Передача речевого пакета, пакета видеонформации и m пакетов данных в цикле доступа

Пакетный кадр



б) Передача речевого пакета, пакета видеонформации и 1-го пакета данных в цикле доступа

Пакетный кадр



в) Передача речевого пакета, пакета видеонформации в цикле доступа

Рис. 1. Структура кадров, занимаемых каждой станцией в цикле доступа

Предложенный комбинированный протокол доступа для локальной сети обеспечивает управление передачей неоднородного трафика (речи, видеинформации и данных). При этом протоколе доступа в локальной сети каждая станция имеет возможность передавать пакеты речи, видеинформации и большие массивы данных в цикле доступа. При нем в локальной сети обеспечивается эффективное использование канала связи за счет реализации для каждой станции возможности передачи пакета данных в режиме синхронно-случайного доступа в неиспользуемых временных окнах других станций. Кроме того, предложенный комбинированный протокол доступа устраняет конфликтную ситуацию в локальной сети из-за ошибок в канале и ошибок станций, и обеспечивает тем самым безопасность передачи сообщений для каждой станции.

Литература

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. - СПб.: Питер , 2003.
2. А.В.Суздалев, О.С.Чугреев. Передача данных в локальных сетях связи.- М.: Радио и связь, 1987.
3. Гезалов Э.Б. Управление доступом в интегрированной мобильной системе связи . Известия Академии Наук Азербайджана. Серия физико-технических и математических наук . Том XVIII. Информатика и проблемы управления. №5. - Баку: Элм , 1998., с.3-6.
4. Гезалов Э.Б. Протокол доступа для интегральной локальной сети . Журнал «Техника» Общества «Знание» Азербайджанской Республики . №2 .- Баку, 2005., с. 46-50.
5. Гезалов Э.Б. Управление передачей информации в локальной сети . Журнал «Техника» Общества «Знание» Азербайджанской Республики . №3-4.- Баку, 2005., с. 34-37.
6. Щербо В.К., Киреичев В.М., Самойленко С.И. Стандарты по локальным вычислительным сетям: Справочник. – М.: Радио и связь, 1990.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Слесаревым В.В.
Поступила в редакцию 29.08.06*

УДК 681.518.54

© Л.І. Мещеряков

ОПТИМІЗАЦІЯ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ МОМЕНТНИМИ ФУНКЦІЯМИ

Представлено методику оптимізації обробки інформації с помічю моментних функцій в системах автоматизації технологіческих комплексів.

Представлено методику оптимізації обробки інформації за допомогою моментних функцій в системах автоматизації технологічних комплексів.

A method of optimization of information treatment is presented by moment of functions in the systems of automation of technological complexes.

При ідентифікації лінійних динамічних об'єктів для визначення оптимального оператора однорідного лінійного об'єкту за критерієм мінімуму середнього квадрата похибки необхідно знати кореляційну функцію вхідної змінної та взає-

мно кореляційну функцію вхідної і вихідної змінних, які отримуються по реалізаціям, що зняті з об'єктів у реальних умовах його функціонування. У багатомірному випадку крім кореляційних функцій вхідних змінних та взаємно кореляційних функцій вхідних і вихідних змінних необхідно також мати взаємно кореляційні функції усіх вхідних змінних, що впливають на об'єкт. Для ідентифікації нелінійних об'єктів кореляційні та взаємно кореляційні функції замінюються відповідними дисперсійними функціями. Проблема визначення оптимальних операторів нелінійних об'єктів находить свій розвиток через інформативну цінність асиметрійних та ексесійних функцій вхідних і вихідних змінних [1, 2, 3], і вона обумовлює необхідність визначення інформаційних оцінок цих функцій для випадкових сигналів гірничих технологічних комплексів (ГТК).

При формалізації задач управління складними процесами одномірна асиметрійна функція (функція асиметрії) випадкового сигналу $U(t)$ (автоасиметрійна) аналітично визначається як невипадкова функція двох аргументів $\gamma_{uu}(t, v)$, яка дляожної пари значень t і v дорівнює асиметрії умовного математичного сподівання відповідних перетинів сигналу

$$\gamma_{uu}(t, v) = M \left\{ \frac{1}{\sigma_{uu}^3} M \left[M(U_t | U_v) - MU_t \right]^3 \right\}. \quad (1)$$

Нормоване значення одномірної асиметрійної функції визначається як

$$\lambda_{uu}(t, v) = \frac{\gamma_{uu}(t, v)}{(AU_t)^3}. \quad (2)$$

Автоасиметрійна функція через щільність імовірності описується як

$$\gamma_{uu}(t, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sigma_{uu}^3} \left[\int_{-\infty}^{\infty} u_t f(u_t; t | u_v; v) du_t - \int_{-\infty}^{\infty} u_t f_u(u_t; t) du_t \right]^3 f_u(u_v; v) du_v, \quad (3)$$

де $f_u(u_t; t)$ – одномірна щільність імовірності випадкового сигналу входу $U(t)$; $f_u(u_t; t | u_v; v)$ – умовна щільність імовірності випадкового сигналу входу $U(t)$.

Більш цінною інформативною оцінкою є одномірна взаємоасиметрійна функція, що визначається як невипадкова функція декількох аргументів $\gamma_{yu}(s, v, t)$ і яка дляожної пари значень t , v і s дорівнює асиметрії умовного математичного сподівання перетину одного випадкового сигналу щодо перетинів інших сигналів. Наприклад, для векторів сигналів вихіду $Y(s)$ і входу $U(t)$ функція відобразиться у вигляді

$$\gamma_{yu}(s, t) = M \left\{ \frac{1}{\sigma_{yu}^3} \left[M(Y_s | U_t) - MY_s \right]^3 \right\}, \quad (4)$$

а для векторів сигналів вихіду $Y(s)$, стану $X(v)$ і входу $U(t)$ як

$$\gamma_{yxu}(s, v, t) = \frac{1}{\sigma_{yxu}^3} M \left\{ \left[M(Y_s | X_v) - MY_s \right] \left[M(X_v | U_t) - MX_v \right] \left[M(Y_s | U_t) - MY_s \right] \right\}.$$

Через щільність імовірності функція (4) записується у вигляді (5)

$$\begin{aligned} \gamma_{yu}(s, t) &= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sigma_{yu}^3} \left[\int_{-\infty}^{\infty} y_s f(y_s; s | u_t; t) dy_s - \int_{-\infty}^{\infty} y_s f_y(y_s; s) dy_s \right]^3 f_y(y_s; s) dy_s, \\ \gamma_{yxu}(s, v, t) &= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sigma_{yxu}^3} \left[\int_{-\infty}^{\infty} y_t f(y_t; t | x_v; v) dy_t - \int_{-\infty}^{\infty} y_t f_y(y_t; t) dy_t \right] \left[\int_{-\infty}^{\infty} x_v f_x(x_v; v | u_t; t) dx_v - \right. \\ &\quad \left. - \int_{-\infty}^{\infty} x_v f_x(x_v; v) dx_v \right] \left[\int_{-\infty}^{\infty} y_s f(y_s; s | u_t; t) dy_s - \int_{-\infty}^{\infty} y_s f_y(y_s; s) dy_s \right] f_y(y_s; s) dy_s, \end{aligned} \quad (5)$$

де $f(y_s; s | u_t; t)$ – умовна щільність імовірності $Y(s)$ відносно $U(t)$; $f_y(y_s; s)$, $f_u(u_t; t)$ – одномірні щільності імовірності випадкових сигналів $Y(s)$, $U(t)$.

На практиці доцільніше використання одномірної нормованої асиметрійної функції, що визначається як асиметрійне відношення випадкових значень сигналів $Y(s)$, $X(v)$ і $U(t)$ при довільних значеннях їх аргументів s , v і t

$$\lambda_{yxu}(s, v, t) = \frac{\gamma_{yxu}(s, v, t)}{A_y(s) A_x(v) A_u(t)}. \quad (6)$$

При моделюванні об'єктів та систем автоматизації оцінка одномірної взаємоасиметрійної функції $\lambda_{yxu}(s, v, t)$ відображає ступінь асиметрійності розподілу умовного математичного сподівання $M(Y_s | X_v | u_t) = \varphi(u_t)$ при всій множині можливих значень інформативних змінних s , v і t .

Представлення множинного асиметрійного відношення функції на випадок декількох сигналів визначається як одномірна множинна асиметрійна функція

$$\gamma_{u|u}(t; v_1, v_2, \dots, v_n) = M \left\{ \frac{1}{\sigma_{uu}^3} M \left[M(U_t | U_{v_1}, \dots, U_{v_n}) - MU_t \right]^3 \right\}, \quad (7)$$

Тоді одномірна множинна взаємоасиметрійна функція визначиться як

$$\gamma_{y|u}(t; v_1, v_2, \dots, v_n) = M \left\{ \frac{1}{\sigma_{yu}^3} M \left[M(Y_t | U_{v_1}, \dots, U_{v_n}) - MY_t \right]^3 \right\}. \quad (8)$$

Одномірні нормовані оцінки знаходяться поділом кожної з асиметрійних функцій на відповідну їй асиметрію випадкового сигналу в момент часу t

$$\lambda_{u|U}(t; v_1, v_2, \dots, v_n) = \frac{\gamma_{u|U}(t; v_1, v_2, \dots, v_n)}{(AU(t))^3}, \quad (9)$$

$$\lambda_{y|U}(t; v_1, v_2, \dots, v_n) = \frac{\gamma_{y|U}(t; v_1, v_2, \dots, v_n)}{(AY(t))^3}.$$

Очевидно, що в кожній точці t, v_1, v_2, \dots, v_n зони виміру одномірні нормовані множинні асиметрійні функції являють собою множинні асиметрійні відношення випадкового значення сигналу в момент часу t і випадкових величин $U_{v_1}, U_{v_2}, \dots, U_{v_n}$. Цим визначається ступінь сукупного впливу множини значень випадкового сигналу на задане значення того ж самого сигналу для одномірної автоасиметрійної функції або іншого сигналу для одномірної взаємоасиметрійної функції. В автоасиметрійному випадку функція умовного математичного сподівання $M(U_t | u_{v_1}, \dots, u_{v_n}) = \varphi(u_{v_1}, \dots, u_{v_n})$ є моделлю внутрішньої структури енергоінформаційного сигналу $U(t)$ і сила зв'язку по цій моделі визначається і одномірною множинною асиметрійною функцією $\gamma_{u|U}(t; v_1, \dots, v_n)$. Модель же сукупного впливу $U(v)$ для значень аргументів v_1, v_2, \dots, v_n на значення випадкового сигналу $Y(t)$ для кожного t задається функцією множинного, умовного математичного сподівання $M(Y_t | u_{v_1}, \dots, u_{v_n}) = \varphi(u_{v_1}, \dots, u_{v_n})$ і зв'язку функцією $\gamma_{y|U}(t; v_1, \dots, v_n)$.

Відповідно ексцесійна функція при моделюванні об'єктів і систем автоматизованого управління аналітично визначається як невипадкова функція двох аргументів $\chi_{uu}(t, v)$, що дляожної пари значень t і v дорівнює ексцесу умовного математичного сподівання відповідних перетинів випадкового сигналу, визначається як одномірна ексцесійна функція (функція ексцесу) випадкового інформативного сигналу $U(t)$ (автоексцесійна функція).

$$\chi_{uu}(t, v) = M \left\{ \frac{1}{\sigma_u} \left[M(U_t | U_v) - MU_t \right]^4 - 3 \right\}. \quad (10)$$

Нормоване значення одномірної ексцесійної функції знаходиться як

$$\vartheta_{uu}(t, v) = \frac{\chi_{uu}(t, v)}{(EU_t)}. \quad (11)$$

Одномірна автоексцесійна функція випадкового сигналу входу $U(t)$ через відповідну щільність імовірності описується формулою (12)

$$\chi_{uu}(t, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ \frac{1}{\sigma_u} \left[\int_{-\infty}^{\infty} u_t f(u_t; t | u_v; v) du_t - \int_{-\infty}^{\infty} u_t f_u(u_t; t) du_t \right]^4 - 3 \right\} f_u(u_v; v) du_v, \quad (12)$$

де $f_u(u_t; t)$ – одномірна щільність імовірності випадкового сигналу $U(t)$; $f_u(u_t; t | u_v; v)$ – умовна щільність імовірності випадкового сигналу $U(t)$.

Невипадкова функція двох аргументів $\chi_{yu}(t, v)$, що для кожної пари значень t і v дорівнює ексесесу умовного математичного сподівання перетину одного випадкового сигналу щодо перетину іншого сигналу, визначається як однорідна взаємна ексесесійна функція. Для сигналів виходу $Y(t)$ і входу $U(v)$ вона визначається виразом

$$\chi_{yu}(t, v) = M \left\{ \frac{1}{\sigma_y} \left[M(Y_t | U_v) - MY_t \right]^4 - 3 \right\}. \quad (13)$$

З урахуванням виразів щільності імовірності функція (13) записується як

$$\chi_{yu}(t, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ \frac{1}{\sigma_{yu}} \left[\int_{-\infty}^{\infty} y_t f_y(y_t; t | u_v; v) dy_t - \int_{-\infty}^{\infty} y_t f_y(y_t; t) dy_t \right]^4 - 3 \right\} f_y(y_t; t) dy_t, \quad (14)$$

де $f(y_t; t | u_v; v)$ – умовна щільність імовірності $Y(t)$ відносно $U(v)$; $f_y(y_t; t)$, $f_u(u_v; v)$ – одномірні щільність імовірності випадкових сигналів $Y(t)$, $U(v)$.

У системах управління раціональніше використовувати одномірну нормовану ексесесійну функцію. Вона визначається як ексесесійне відношення випадкових значень сигналів $Y(t)$ і $U(v)$ при довільних значеннях їх аргументів t і v

$$g_{yu}(t, v) = \frac{\chi_{yu}(t, v)}{E_y(t)}. \quad (15)$$

Інформаційна оцінка одномірної взаємної ексесесійної функції $\gamma_{yu}(t, v)$ відображає ступінь розсіювання розподілу умовного математичного сподівання $M(Y_t | U_v) = \varphi(u_v)$ при всій множині можливих значеннях перетинів t і v .

Одномірні множинні ексесесійні функції поширяють оцінку множинного ексесесійного відношення на випадок декількох випадкових сигналів

$$\chi_{u|u}(t; v_1, v_2, \dots, v_n) = M \left\{ \frac{1}{\sigma_{uu}^4} M \left[M(U_t | U_{v_1}, \dots, U_{v_n}) - MU_t \right]^4 - 3 \right\}. \quad (16)$$

А одномірна множинна взаємна ексесесійна функція визначається як

$$\chi_{y|u}(t; v_1, v_2, \dots, v_n) = M \left\{ \frac{1}{\sigma_{yu}^4} M \left[M(Y_t | U_{v_1}, \dots, U_{v_n}) - MY_t \right]^4 - 3 \right\}. \quad (17)$$

Нормовані оцінки множинних взаємних ексесесійних функцій відобразяться як

$$g_{u|U}^2(t; v_1, v_2, \dots, v_n) = \frac{\chi_{u|U}(t; v_1, v_2, \dots, v_n)}{EU(t)}, \quad (18)$$

$$g_{y|U}^2(t; v_1, v_2, \dots, v_n) = \frac{\chi_{y|U}(t; v_1, v_2, \dots, v_n)}{EY(t)}. \quad (19)$$

Оптимізуючи інформаційні оцінки одномірних нормованих множинних ексесесійних функцій відображають множинні ексесесійні відношення випадкового сигналу в момент часу t і випадкових величин $U_{v_1}, U_{v_2}, \dots, U_{v_n}$ у кожній точці t, v_1, v_2, \dots, v_n зони виміру. Цим визначається ступінь сукупного впливу множини

значені випадкового сигналу на задане значення того ж самого випадкового сигналу для однорідної автоекспесійної функції або іншого випадкового сигналу для однорідної взаємоекспесійної функції. В автоекспесійному випадку функція умовного математичного сподівання $M(U_t | u_{v_1}, \dots, u_{v_n}) = \varphi(u_{v_1}, \dots, u_{v_n})$ є імовірнісною моделлю внутрішньої структури випадкового енергoinформаційного сигналу $U(t)$ і сила зв'язку по цій моделі визначається множинною експесійною функцією $\chi_{u|U}(t; v_1, \dots, v_n)$. Модель же сукупного впливу $U(v)$ для аргументів v_1, v_2, \dots, v_n на значення випадкового сигналу $Y(t)$ для кожного t задається функцією множинного умовного математичного сподівання $M(Y_t | u_{v_1}, \dots, u_{v_n}) = \varphi(u_{v_1}, \dots, u_{v_n})$, а тіснота зв'язку визначається функцією $\chi_{y|U}(t; v_1, \dots, v_n)$.

В результаті експериментальних досліджень визначені і представлені на рис. 1–8 декілька з типових дисперсійних, асиметрійних і експесійних функцій сигналів миттєвої потужності, що споживається привідними двигунами барабанних млинів MMC 70-23 при двох різних технологічних режимах по заповненню барабану ($\varphi = 35\%$, $\varphi = 43\%$) рудою, що здрібнюється. З них видно як суттєво змінюються інформаційні характеристики визначених функцій і ці зміни можуть бути використані у якості інформативних джерел в системах автоматизованого управління технологічними комплексами.

1.

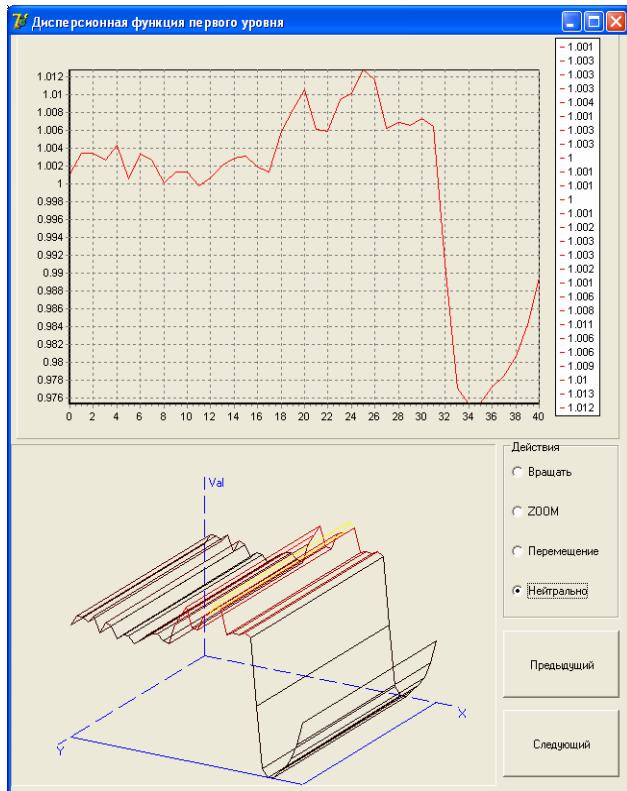


Рис. 1. Дисперсійна функція 1-го рівня сигналу потужності при заповненні $\varphi = 35\%$ ГТК типу MMC70-23

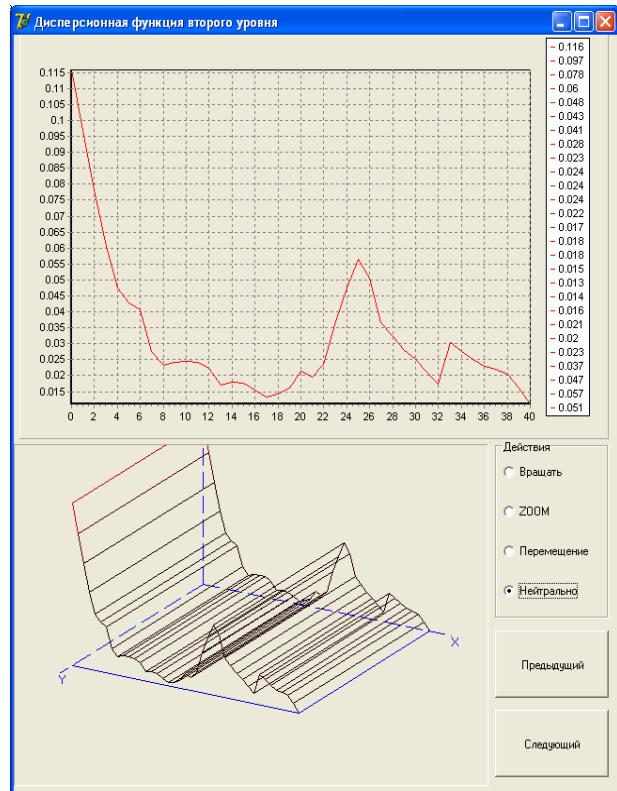


Рис. 2. Дисперсійна функція 2-го рівня сигналу потужності при заповненні $\varphi = 35\%$ ГТК типу MMC70-23

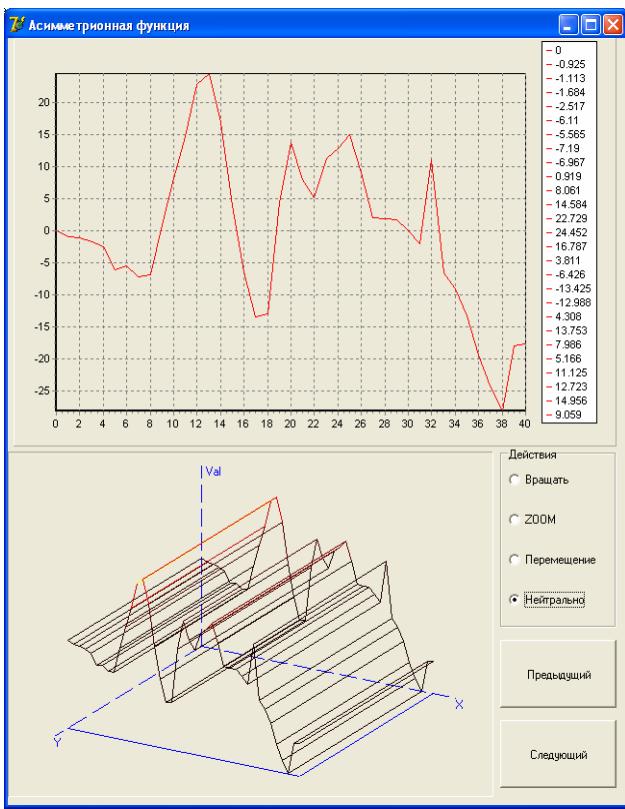


Рис. 3. Асиметрійна функція сигналу потужності при заповненні $\varphi = 35\%$

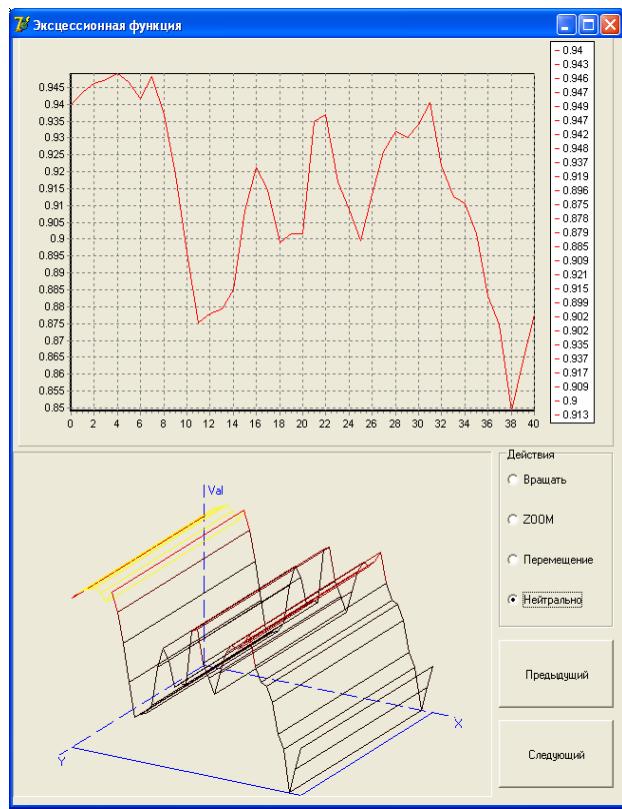


Рис. 4. Ексцесійна функція сигналу потужності при заповненні $\varphi = 35\%$

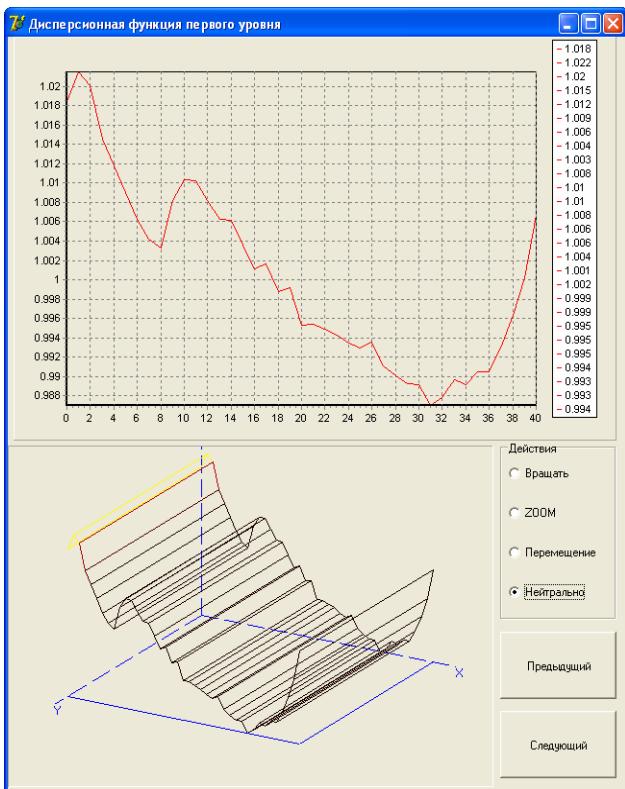


Рис. 5. Дисперсійна функція 1-го рівня сигналу потужності при заповненні $\varphi = 43\%$ ГТК типу MMC70-23

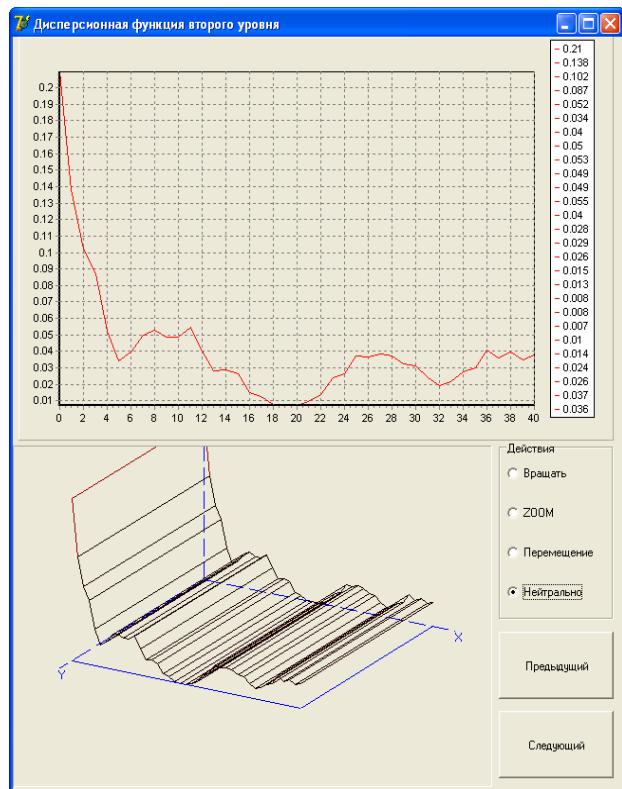


Рис. 6. Дисперсійна функція 2-го рівня сигналу потужності при заповненні $\varphi = 43\%$ ГТК типу MMC70-23

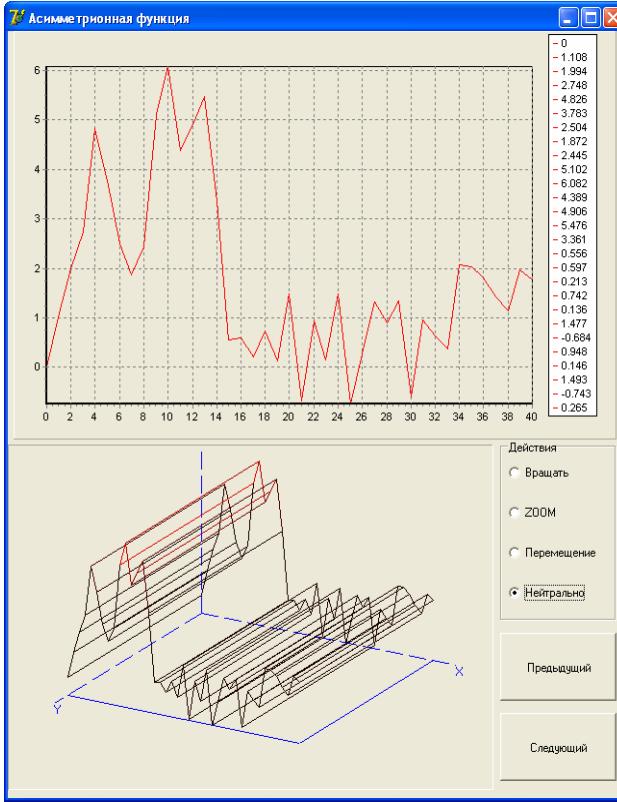


Рис. 7. Асиметрійна функція сигналу потужності при заповненні $\varphi = 43\%$

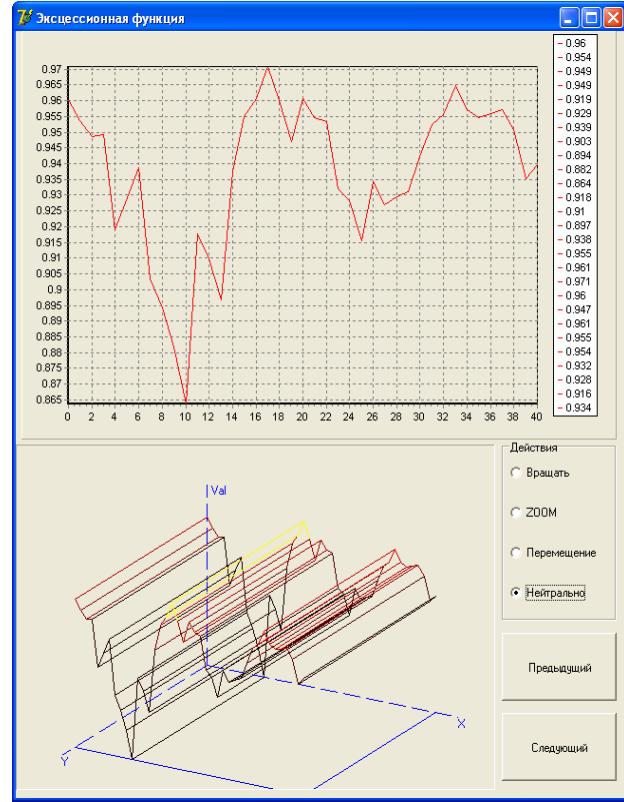


Рис. 8. Ексцесійна функція сигналу потужності при заповненні $\varphi = 43\%$

Для рішення задач оперативного діагностування і управління ГТК можуть бути використана узагальнена взаємна асиметрійна функція, що забезпечує одержання характеристики умовної асиметрії щодо процесу $U(t)$ статистичного зв'язку двох сигналів $X(t)$ і $Y(t)$. При цьому взаємодія двох випадкових сигналів стану $X(t)$ і виходу $Y(t)$ вимірюється при фіксованих у різні моменти часу значеннях сигналу входу $U(t)$. Ця оцінка умовного статистичного зв'язку при автоматизації процесів в ГТК визначається функцією трьох аргументів³.

$$\gamma_{yx|U}(t, v; w) = M \left\{ \left[M(Y_t | U_w - MY_t) \right]^2 \left[M(X_v | U_w - MX_v) \right] \right\}. \quad (20)$$

Значення вагового ступеня за структурними спів множниками визначається умовами розв'язуваної задачі. Типовим прикладом практичного використання даної інформаційної оцінки служить взаємодія випадкових сигналів виходу $Y(t)$ і входу $U(t)$ динамічного ГТК, що управляється, при фіксованому значенні випадкового сигналу стану $X(t)$. Внутрішній фізичний зміст узагальненої взаємної асиметрійної функції $\gamma_{yu|X}(t, v; w)$ складається в оцінці сили зв'язку між $Y(t)$ і $U(t)$ при заданому $X(t)$, коли тіснота їх зв'язку з $X(t)$ визначається відповідними одномірними взаємними асиметрійними функціями $\gamma_{yx}(t, \varepsilon)$ і $\gamma_{ux}(v; q)$. Вираз $\gamma_{yu|X}(t, v; w)$ через щільність імовірності виразиться так

$$\begin{aligned} \gamma_{yu|x}(t, v; w) = & \int_{-\infty}^{\infty} \left[\left[\int_{-\infty}^{\infty} y_t f_y(y_t; t | x_w, w) dy_t - \int_{-\infty}^{\infty} y_t f_y(y_t; t) dy_t \right]^2 \times \right. \\ & \left. \times \left[\int_{-\infty}^{\infty} u_v f_u(u_v; v | x_w; w) du_v - \int_{-\infty}^{\infty} u_v f_u(u_v; v) du_v \right] \right] f_x(x_w; w) dx_w \end{aligned} \quad (21)$$

Вираз (21) визначає узагальнену взаємну асиметрійну функцію $\gamma_{yu|X}(t, v; w)$ як коваріацію умовних математичних сподівань, будучи, таким чином, лінійною характеристикою зв'язку між двома нелінійними функціями регресії. Функція $\gamma_{yu|X}(t, v; w)$ відбиває складовий компонент парної кореляції $K_{yu}(t, v)$ зазначених сигналів, що обумовлений впливом випадкового сигналу $X(t)$ в момент часу $t = w$. Нормована узагальнена взаємна асиметрійна функція випадкових сигналів $Y(t)$ і $U(t)$ щодо сигналу $X(t)$ визначається як

$$\lambda_{yu|x}(t, v; w) = \frac{\gamma_{yu|x}(t, v; w)}{A_y(t) A_u(v)} \quad (22)$$

У виразі (22) випадковий сигнал стану $X(t)$ з позицій задач управління можна використовувати як фіксуючу умову стану, при різних поточних значеннях якого розглядається взаємодія сигналів виходу $Y(t)$ і входу $U(t)$. Узагальнені автоасиметрійні функції аналогічні функціям (21) і (22) тому що відображають асиметрію лінійного зв'язку між функціями авторегресії по траєкторіях випадкових сигналів. Причому самі функції авторегресії $M(U_t | u_w) = \psi_{u1}(u_w)$ і $M(U_v | u_w) = \psi_{u2}(u_w)$ звичайно є нелінійними.

Асиметрійні функції (21) і (22) являють собою коваріації умовних моментних функцій випадкових сигналів. Тому можна розширити їх клас за рахунок введення оцінки умовного зв'язку двох випадкових сигналів $Y(t)$ і $U(t)$ при фіксованих у різні моменти часу w і q значеннях сигналів станів $X1(t)$ і $X2(t)$

$$\gamma_{yu|x1x2}(t, v; w, q) = \text{cov} \left[M(Y_t | X1_w)^2, M(U_v | X2_q) \right]. \quad (23)$$

Даний вираз дозволяє визначити непрямий асиметричний зв'язок пари випадкових сигналів $Y(t)$ і $U(t)$ через взаємозв'язок двох інших випадкових сигналів станів $X1(t)$ і $X2(t)$. Оскільки кожній обмірюваній парі значень випадкових сигналів виходу $Y(t)$ і входу $U(v)$ відповідає деякий вектор тимчасових перетинів фонового випадкового сигналу стану $X(t)$ то можна використовувати й асиметрійну оцінку умовного зв'язку, обумовлену як узагальнена множина асиметрійна функція через вираз

$$\gamma_{yu|X}(t, v; w_1, \dots, w_n) = \text{cov} \left[M(Y_t | X_{w_1}, \dots, X_{w_n})^2, M(U_v | X_{w_1}, \dots, X_{w_n}) \right]. \quad (24)$$

У виразі (24) умовні математичні сподівання випадкових значень сигналів $Y(t)$ і $U(v)$ визначаються щодо фонового вектора значень випадкового сигналу $X(t)$ в кінцевій множині точок w_1, \dots, w_n з діапазону виміру. Поділ функцій $\gamma_{yu|xu}(t, v; w, q)$ і $\gamma_{yu|x}(t, v; w_1, \dots, w_n)$ на відповідні значення $A_y(t)$ і $A_x(v)$ дозволяє одержати їх нормовані значення. Аналітичні визначення щодо ексцесійних функцій аналогічні.

Таким чином, узагальнені множинні моментні функції у аналітичних виразах в якості умови під знаком математичних сподівань розглядають вимірювані вектори значень випадкових процесів в різні моменти часу, тобто включають в себе множинність по моментам вимірювання, а не по факторам, інакше говорячи – множинність по часу, що відбувають енергоінформаційні сигнали. Таким же чином можна визначити узагальнені множинні моментні функції, які враховують множинність у просторі, що відбувають частіше вібраційні та акустичні сигнали. Це підкреслює уніфікованість представлення класу моментних функцій та обумовлюються їх інформаційні властивості.

Література

1. Мещеряков Л.И. Статистические моментные связи энергоинформационных сигналов // Горная электромеханика и автоматика: Респ. межвед. науч. сб., 2003. – Вып. 70. – С. 69–70.
2. Мещеряков Л.И Адаптивна імовірностно-моментна ідентифікація гірничих комплексів // Сб. науч. трудов НГАУ. – Дніпропетровск, 2005. – № 23. – С. 299–308.
3. Мещеряков Л.И. Собственные и структурные статистические моментные связи информационных сигналов // Вибраци в технике и технологиях, 2004. – №1(22). – С. 41–44.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Ткачевым В.В.
Поступила в редакцию 06.09.06*

УДК 621.001

© Ю.М. Гольдштейн, В.И. Кузнецов

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНКУРЕНТОСПОСОНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Разработана математическая модель для многокритериальной оценки конкурентоспособности сложных технических систем. Модель позволяет использовать как количественные, так и качественные показатели, характеризующие сложные технические системы.

Розроблено математичну модель для багатокритеріальної оцінки конкурентоздатності складних технічних систем. Модель дозволяє використовувати як кількісні, так і якісні показники, що характеризують складні технічні системи.

The mathematical model for multi-criteria estimation of competitiveness of complex technical systems is developed. The model allows to use quantitative and qualitative parameters describing complex technical systems.

Рассматривается задача об оптимальном распределении ограниченного объема разнообразных работ между конкурирующими сложными техническими системами (СТС) близкого назначения и о возможных направлениях модер-

низации этих систем с целью повышения их конкурентоспособности. Распределение работ может производиться как на рыночной (конкурентной), так и на плановой основе.

Примерами подобных систем могут служить транспортные системы, например, конвейерные, автомобильные, железнодорожные, речные, морские и комбинированные системы, системы перевозки пассажиров в крупном городе, системы жизнеобеспечения крупных городов, системы энергообеспечения крупных предприятий, городов и регионов.

Эти системы характеризуются большими затратами на разработку, модернизацию и эксплуатацию, а также долгосрочностью их создания и эксплуатации. Конкуренция увеличивает риск непроизводительных затрат, особенно при разработке новых и модернизации уже существующих систем. Поэтому оценка конкурентоспособности важна для анализа эффективности и рисков, для выбора направлений модернизации системы.

Интегральная количественная мера конкурентоспособности системы – доля рынка или объема работ выполняемая этой системой в конкурентной среде. Конкурентоспособность технической системы зависит от общего объема работ, она определяется потенциальным объемом работ для данной системы, составом конкурентов, совокупностью технических и потребительских характеристик рассматриваемых систем.

В [1] изложен метод оценки конкурентоспособности сложных технических систем по одному ведущему критерию. В общем случае сложные технические системы с точки зрения конкурентоспособности характеризуются рядом показателей. Как правило, это – несколько ключевых количественных и качественных показателей и ни одна из систем-конкурентов не превосходит остальные по всем показателям.

Разработан ряд методов многокритериального сравнительного анализа и приложения к анализу технических систем и проектов [2-6].

При применении большинства таких методов возникают две основные проблемы: как получить оценки по отдельным критериям и как агрегировать эти оценки в общую оценку полезности альтернативы. Обычно вначале разрабатывают перечень критериев. Далее проводится оценка каждой из альтернатив. При наличии системы локальных оценок осуществляется переход к глобальным оценкам альтернатив и их ранжированию. Разные методы отличаются в основном алгоритмами получения глобальных оценок. Количественные глобальные оценки альтернатив будем, следуя [2], называть приоритетами.

Целью настоящей статьи является разработка математической модели, позволяющей проводить сравнительный анализ конкурентоспособности СТС одновременно по нескольким критериям. Это позволяет более адекватно оценивать их конкурентоспособность и проводить оптимальное распределение объема работ между конкурирующими сложными техническими системами близкого назначения.

При разработке математической модели существенно используется понятие потенциальной конкурентоспособности [1]. Потенциальная конкурентоспособность сложной технической системы определяется ее долей в оптимальном

(по выбранному критерию или набору критериев) разделе ограниченного объема работ между рассматриваемыми системами. Критерий здесь понимается как количественная или качественная характеристика, существенная для суждения об объекте, а показатель – как количественная или качественная оценка оцениваемого объекта по определенному критерию. Можно сказать, что при рассматриваемом подходе система критериев – это система координат в многомерном пространстве, в котором анализируются объекты, а набор показателей объекта – это точка (или область), занимаемая объектом в пространстве критериев [6].

В качестве критерия оптимальности может выступать минимум суммы стоимостей сложных технических систем (или их услуг), необходимых для выполнения всего объема работ. Если объем работ может распределяться между техническими системами непрерывно, то решается задача линейного программирования (ЛП), а если задачи рынка носят дискретный характер, то решается задача целочисленного линейного программирования (ЦЛП) [1]. Но стоимость сложной технической системы является далеко не единственной и исчерпывающей характеристикой, определяющей ее конкурентоспособность.

Центральная идея данной работы заключается в объединении в одной модели оптимизационной задачи с методами многокритериального сравнительного анализа. Для улучшения модели оценки конкурентоспособности, в качестве критерия оптимальности введем максимум суммы полезностей сложных технических систем, необходимых для выполнения всего объема работ. Под полезностью сложных технических систем из рассматриваемого в задаче набора понимаются компоненты вектора их приоритетов. Для вычисления компонент вектора приоритетов в рамках предварительно выбранной системы критериев можно использовать различные многокритериальные методы анализа решений [3-5]. Для рассматриваемой ниже модели выбран метод анализа иерархий (МАИ) [2, 7, 8].

Сущность метода анализа иерархий состоит:

- 1) в представлении проблемы многокритериального сравнения сложных технических систем в виде иерархии;
- 2) в вынесении экспертных суждений на каждом уровне иерархии с использованием особой числовой шкалы, позволяющей сравнивать объекты, как по количественным, так и по качественным критериям;
- 3) в специальной математической обработке суждений.

Состав критериев зависит от рассматриваемой задачи и применяемых сложных технических систем. При использовании МАИ желательно ограничиться небольшим числом критериев – не более 7 [2]. В качестве примера предлагается следующий характерный набор критериев

1. Производительность (технические возможности).
2. Стоимость (разработки, эксплуатации, модернизации).
3. Адаптируемость к изменяющимся требованиям.
4. Надежность.
5. Экологичность.

Рассмотрим этапы применения метода анализа иерархий для определения полезности технических систем по выбранной системе критериев сравнения.

1. Как показывает опыт, в задаче сравнительного анализа объектов можно ограничиться доминантными трёхуровневыми или четырёхуровневыми иерархиями (рис.1).

Четырёхуровневые иерархии целесообразно использовать при большом числе критериев (более 7–10): критерии объединяются в группы критериев, вводится дополнительный уровень иерархии – групповые или комплексные критерии. Доминантные иерархии имеют древовидную структуру с одной вершиной – "целью" иерархии. Цель составляет высший уровень иерархии (уровень 1). На этом уровне может находиться лишь один объект. На следующем "вниз" уровне 2 в трёхуровневой иерархии находятся критерии, а в четырёхуровневой иерархии – групповые критерии. По системе этих критериев оцениваются сравниваемые объекты (называемые обычно "альтернативами"). Альтернативы располагаются на самом нижнем уровне.

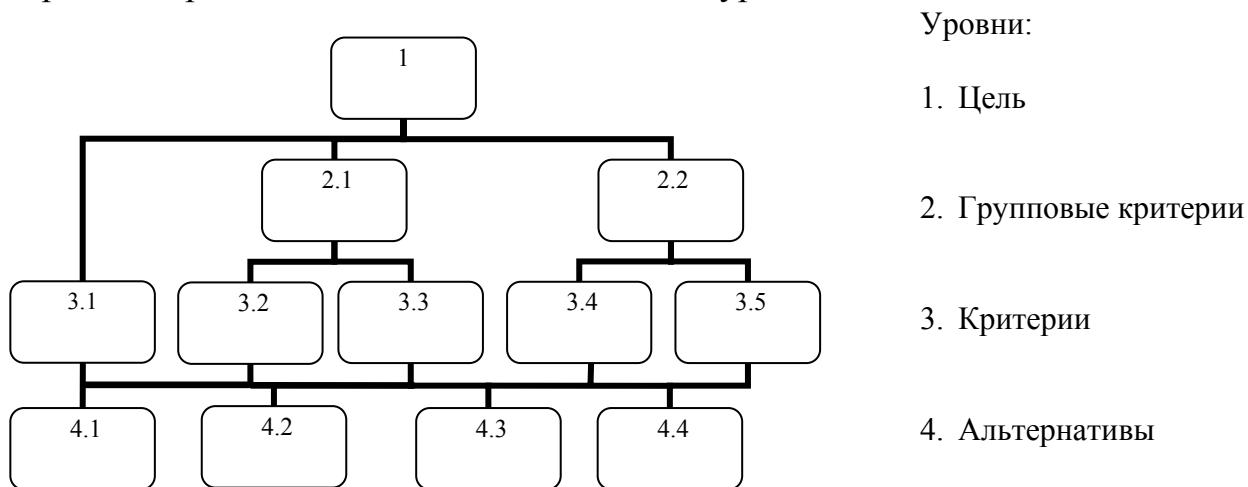


Рис. 1. Доминантные многоуровневые иерархии

2. В методе анализа иерархий первичной операцией является парное сравнение: два объекта, находящихся на одном уровне сравниваются по своей относительной значимости для одного объекта вышележащего уровня. Если критерий имеет определенную числовую меру, например, масса выводимого полезного груза, стоимость, то в качестве результата оценки удобно (но не обязательно) взять отношения соответствующих характеристик (заданных, либо рассчитанных). Если критерий не имеет принятой меры, то сравнение в МАИ проводится с использованием специальной "шкалы относительной важности" (шкала 1-9). Эта шкала имеет следующие основные уровни, выбранные с учетом экспериментально установленных психофизиологических особенностей человека, проводящего сравнение [2]:

- 1 – нет превосходства одного объекта над другим,
- 3 – слабое превосходство,
- 5 – сильное превосходство,
- 7 – очень сильное превосходство,
- 9 – абсолютное превосходство.

Четные уровни шкалы (2, 4,...) – промежуточные [2].

Остановимся на парном сравнении более подробно. Пусть на рассматриваемом иерархическом уровне находится n объектов, а на более высоком уровне m объектов. Предположим, что все n объектов могут быть объективно оценены по их влиянию на каждый из m объектов более высокого иерархического уровня; нормированные на единицу, эти оценки w_i (заранее неизвестные) будут иметь вид:

$$w_1, w_2, \dots, w_n, \\ 0 < w_i < 1, \quad \sum w_i = 1$$

Существенно, что в МАИ ценность элемента может быть малой, но не нулем. Составим из этих оценок матрицу парных сравнений A , элементы которой $a_{ij} = w_i/w_j$ определяют, во сколько раз i -й элемент (стоящий в строке) более важен, чем j -й элемент (в столбце) по влиянию на рассматриваемый элемент-критерий более высокого уровня. Матрица A квадратная $n \times n$, с положительными элементами. Очевидно, что все элементы на главной диагонали матрицы – полученные при сравнении элемента с самим собой – единичные, $a_{ii} = 1$. Результаты сравнения i элемента с j элементом и j элемента с i элементом взаимно обратные числа – матрица A обратно симметрична: $a_{ij} = 1/a_{ji}$. Из этих двух операций сравнения выполняется только одна: если элемент матрицы a_{ij} оценен, то симметричный относительно главной диагонали матрицы элемент вычисляется.

При условии известных истинных весов, матрица парных сравнений принимает следующий вид:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & \dots & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & 1 \end{pmatrix}.$$

В большинстве случаев веса неизвестны. В этих случаях оценки проводятся экспертом. И матрица парных сравнений сразу принимает вид:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & \dots & 1 \end{pmatrix},$$

где a_{ij} – экспертная оценка i -го объекта по сравнению с j -м объектом по "шкале 1-9".

Для данного иерархического уровня конструируют m матриц парных сравнений – по каждому элементу вышележащего уровня, т.о. всего проводится $m \cdot n \cdot (n-1)/2$ парных сравнений.

Если в работе участвуют несколько (S) равноправных экспертов, и их мнения существенно расходятся, то в качестве оценки рекомендуется использовать среднее геометрическое оценок экспертов [2]:

$$a_{ij} = \left(a_{ij}^{(1)} \cdot a_{ij}^{(2)} \cdot \dots \cdot a_{ij}^{(S)} \right)^{1/S}$$

При необходимости могут быть учтены и различия в компетентности или ранге экспертов.

3. На третьем этапе производится математическая обработка матриц парных сравнений по всей иерархической структуре:

- исходя из матриц парных сравнений, определяются локальные приоритеты для каждой матрицы;
- для элементов каждого иерархического уровня вычисляются синтезированные приоритеты;
- вычисляются глобальные приоритеты альтернатив по совокупности критериев.

Совокупность приоритетов каждого типа образует вектор приоритетов. Под приоритетами понимаются положительные числа. Сумма компонентов вектора приоритетов равна 1.

Определение приоритетов позволяет линейно упорядочить (ранжировать) сложные технические системы, первоначально рассматриваемые как точки многомерного пространства критериев. Приоритеты позволяют количественно оценить их сравнительную ценность по выбранной системе критериев.

Рассмотрим детальнее процесс определения вектора локальных приоритетов по известной матрице парных сравнений.

Пусть n -мерный вектор X составлен из искомых приоритетов x_i :

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix}, \quad 0 < x_i \leq 1, \quad \sum_{i=1}^n x_i = 1.$$

Если бы “истинные значения” оценок объектов, w_i , были известны, то можно было бы записать $x_i = w_i/w$ где $w = \sum w_i$.

Умножим вектор X на матрицу сравнений A слева

$$(A \cdot X) = \sum_j a_{ij} x_j = \sum_j \frac{w_i}{w_j} x_j = w_i \sum_j \frac{x_j}{w_j} = \frac{w_i}{w} \sum_j \frac{w_j}{w_j}.$$

Поскольку $\sum (w_j/w_j) = \sum 1 = n$, то подстановка “истинных значений” в это выражение дает:

$$A \cdot X = nX.$$

Следовательно, задача определения вектора локальных приоритетов сводится к задаче о нахождении собственного вектора матрицы парных сравнений:

$$A \cdot X = \lambda X$$

и последующей нормировки этого вектора:

$$\sum x_i = 1$$

Задача о нахождении собственных векторов и собственных значений матрицы имеет несколько решений – спектр матрицы $\{\lambda_k, X_k\}$. В рассматриваемой

задаче искомым является вектор, который соответствует максимальному собственному значению. По теореме Перрона максимальное по абсолютной величине собственное значение положительной квадратной матрицы единственно и положительно, и соответствующий ему собственный вектор – положителен. Кроме того, максимальное собственное значение положительной обратно симметричной матрицы не меньше её ранга: $\lambda_{\max} \geq n$. Эти свойства матриц сравне-ний позволяют использовать известные вычислительные методы для определения максимального собственного значения и собственного вектора матрицы, являющегося вектором приоритетов. (В состав практических всех математических пакетов включены средства для нахождения собственных значений и векторов матриц – Eigenvalues, Eigenvectors).

Получив систему приоритетов сложных технических систем можно перейти к оценке их конкурентоспособности.

Пусть задано m типов работ, которые необходимо выполнить при помощи рассматриваемых сложных технических систем; $i \in \{1..m\}$ - номер типа работы. Всего за рассматриваемый период необходимо выполнить a_i работ i -го типа.

Задано n типов сложных технических систем. Пусть $K_{ij} \in \{0,1, \dots, K_{ij \max}\}$ - количество работ i -го типа, выполняемых одним экземпляром сложной технической системы j -го типа, а U_{ij} (utility – полезность) – полезность выполнения работы i -го типа сложной технической системой j -го типа. Полезность понимается как некоторое число, характеризующее набор преимуществ и определяется через приоритет сложной технической системы j -го типа для выполнения работы работы i -го типа:

$$U_{ij} = f(P_{ij}) \quad (1)$$

В модели принято, что $U_{ij} = P_{ij}$.

Пусть X_{ij} – заранее неизвестное количество сложных технических систем j -го типа используемых для выполнения работ i -го типа.

Задача состоит в том, чтобы максимизировать суммарную полезность:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n U_{ij} X_{ij} Z_{ij} \rightarrow \max \quad (2)$$

При этом все работы должны быть выполнены:

$$\sum_{j=1}^n K_{ij} X_{ij} = a_i \quad (3)$$

Количество каждого из типов сложных технических систем не должно превысить допустимое значение:

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq b_j \quad (4)$$

Количество сложных технических систем – неотрицательное число:

$$X_{ij} \in \{0,1,\dots\} \quad (5)$$

Необходимо найти матрицу $\|X_{ij}\|$, максимизирующую значение целевой функции (2) при ограничениях (3)-(5).

Матрица $\|Z_{ij}\|$ – это (0, 1)-матрица, элементы которой зависят от технических возможностей рассматриваемых систем по выполнению заданных работ. Ее элементы равны 1, если система может выполнить соответствующую заданную работу, и равны нулю в противном случае.

Таким образом, оценка конкурентоспособности с использованием предложенной математической модели включает в себя следующие этапы.

1. Формирование системы критериев.
2. Формирование множества сложных технических систем-конкурентов.
3. Формирование множества подлежащих выполнению работ.
4. Определение приоритетов выполнения каждой из работ сложными техническими системами из рассматриваемого множества этих систем.
5. Решение задачи оптимального распределения работ по системам по критерию максимума суммы полезностей путем решения соответствующего типа задачи линейного программирования (2) – (5).

Модель позволяет использовать как количественные, так и качественные показатели конкурентоспособности технических систем, что делает ее релевантной различным конкурентным ситуациям и задачам распределения ресурсов. Представляется, что предложенный подход, основанный на комбинации задач линейного программирования и методов многокритериального сравнительного анализа, обладает большой гибкостью и может использоваться для решения широкого класса прикладных задач многофункциональной оптимизации.

Литература

1. Математическая модель для оценки конкурентоспособности транспортных космических систем /Гольдштейн Ю.М., Дорошевич В.К., Ковалев Б.А., Кузнецов В.И. // Техническая механика. –1999. – № 1. – С. 63 – 68.
2. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
3. Ларичев О.И. Наука и искусство принятия решений. – М.: Наука, 1979.– 300 с.
4. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. – Киев: Наук. думка, 2002. – 382 с.
5. Воронин А.Н. Системный анализ и многокритериальная оценка космических проектов экспертными методами // Проблемы управления и информатики. – 2004. - №1. – С. 121-135.
- 6.. Многокритериальный сравнительный анализ объектов ракетно-космической техники /Гусынин В.П., Гольдштейн Ю.А., Дорошевич В.К., Кузнецов В.И., Кучугурный Ю.П // Космічна наука і технологія. 2005. Т 12. № 1. – С. 1-7.
7. Ногин В.Д. Упрощенный метод анализа иерархий на основе нелинейной свертки критериев // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2004. Т.44, №7. – С. 1261-1270.
8. Тоценко В.Г. О проблеме реверса рангов альтернатив при мультикритериальном оценивании // Проблемы управления и информатики. – 2006. - № 3. – С. 65-74.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Слесаревым В.В.
Поступила в редакцию 19.09.2006*

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОКОНДУКТОМЕТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА МЕТАНА С НЕИЗОЛИРОВАННЫМ СРАВНИТЕЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ

Приведено результаты досліджень спрямованих на підвищення точності контролю вмісту метану в дегазаційних трубопроводах термокондуктометричним методом. Запропоновані рішення, які дозволяють знизити похибки вимірювання при використанні термокондуктометричного датчика метану з неізольованим порівняльним елементом.

Приведены результаты исследований направленных на повышение точности контроля содержания метана в дегазационных трубопроводах термокондуктометрическим методом. Предложены решения, позволяющие снизить погрешность измерения при применении термокондуктометрического датчика метана с неизолированным сравнительным элементом.

The results of researches directed on the increase of exactness of control of maintenance of methane in decontamination pipelines a thermoconductometric method are present. Solutions, allowing reducing the error of measuring at application of thermoconductometric sensor of methane with the uninsulated unsalted comparative element, are offered.

В последнее время все большее внимание уделяется использованию в качестве энергетического сырья каптируемого дегазационными системами метана. Важнейшее значение при этом отводится обеспечению надежного контроля содержания метана в дегазационных трубопроводах.

Среди стационарных автоматических средств контроля метана наибольшее распространение получили кондуктометрические газоанализаторы, предназначенные для непрерывного измерения концентрации метана в газовых смесях, отсасываемых дегазационными установками. Отечественным производителем таких средств является ОАО «Красный металлист», которым освоен выпуск аппаратуры АКРД с термокондуктометрическим датчиком метана ДМД, предназначеннной для контроля за работой дегазационных систем. Следует отметить, что выпускаемой аппаратуре присущ ряд недостатков, заключающихся в существенном влиянии на результаты измерения давления, температуры, влажности и газового состава контролируемой среды.

Известен ряд моделей газоанализаторов для контроля дегазационных систем, выпуск которых освоен зарубежными фирмами. Примером таких газоанализаторов может служить микропроцессорный метанометр ММ-2А [2]. Он содержит выносной термокондуктометрический датчик, соединенный с измерительным блоком кабелем длиной до 5 м. Обеспечивает контроль содержания метана в диапазоне 0 – 100 об.% и имеет два управляющих выхода для отключения оборудования при недопустимой концентрации метана в трубопроводе.

Как отечественные, так и зарубежные кондуктометрические анализаторы метана имеют две камеры с идентичными термоэлементами – рабочую и сравнительную. В рабочую камеру за счет свободной или принудительной конвекции поступает анализируемая газовая смесь, а сравнительная камера выполняется герметичной и заполняется эталонным газом. Такая конструкция анализаторов обеспечивает достаточную стабильность нуля измерительного моста при

изменении температуры окружающей среды и параметров питания, однако не устраняет влияние на результаты измерения изменения влажности, давления, содержания углекислого газа и др. компонентов, а также обуславливает относительно большую длительность переходных процессов при изменении температуры анализируемой смеси. Кроме того, при эксплуатации анализаторов возникают трудности с обеспечением герметичности сравнительной камеры, что приводит к смещению нуля измерительного моста. Это обуславливает нестабильность «нуля» анализаторов, относительно большую погрешность измерения, необходимость регулирования и настройки в месте установки, регулярного обслуживания и надзора за работой таких газоанализаторов.

Частично устраниить указанные недостатки можно при применении предложенного однокамерного термокондуктометрического датчика с неодинаковыми электротепловыми параметрами чувствительных элементов [3,4]. Однако вопросы выбора параметров термоэлементов, конструкции и режимов работы такого датчика до настоящего времени в достаточной мере не обоснованы.

Целью настоящей публикации является теоретическое обоснование параметров термокондуктометрического датчика метана с неизолированным сравнительным элементом, позволяющих обеспечить стабильность нуля измерительного моста при изменении температуры окружающей среды и параметров питания.

В общем случае различие тепловых режимов чувствительных элементов можно достичь различными способами, выполнением элементов с разным сопротивлением или разными размерами, шунтированием одного из элементов и др. Рассмотрим вариант однокамерного датчика с чувствительными элементами имеющими примерно одинаковое сопротивление, но существенно отличающиеся между собой своими размерами. Это обеспечивается, например, при применении для изготовления спиралей термоэлементов пелисторного типа платинового микропровода различного диаметра. Учитывая то, что при рабочей температуре менее нагретый элемент будет иметь существенно меньшее сопротивление для симметрирования измерительного моста последовательно с ним целесообразно введение дополнительного сопротивления R_o . Схема такого моста приведена на рис.1.

Теоретическая зависимость величины напряжения на термоэлементе термокаталитического датчика от величины тока, полученная в [5], имеет вид

$$U_9 = I_9 R_{09} (1 + \beta t_2) + \beta b_9 R_{09} I_9^3, \quad (1)$$

где U_9 - напряжение на термоэлементе, В; I_9 - ток через термоэлемент, А; R_{09} - сопротивление термоэлемента при 0°C , Ом; β - температурный коэффициент сопротивления, $1/{}^{\circ}\text{C}$; t_2 - температура газа, ${}^{\circ}\text{C}$; $b_9 = \frac{R_9}{\alpha_9 F_9}$ - терморезистивный коэффициент термоэлемента, ${}^{\circ}\text{C}/\text{A}^2$; R_9 - сопротивление термоэлемента при температуре его начального разогрева, Ом; F_9 – площадь поверхности элемента, м^2 ; α_9 - суммарный коэффициент теплоотдачи элемента при температуре его начального разогрева, $\text{Вт}/(\text{м}^2 {}^{\circ}\text{C})$.

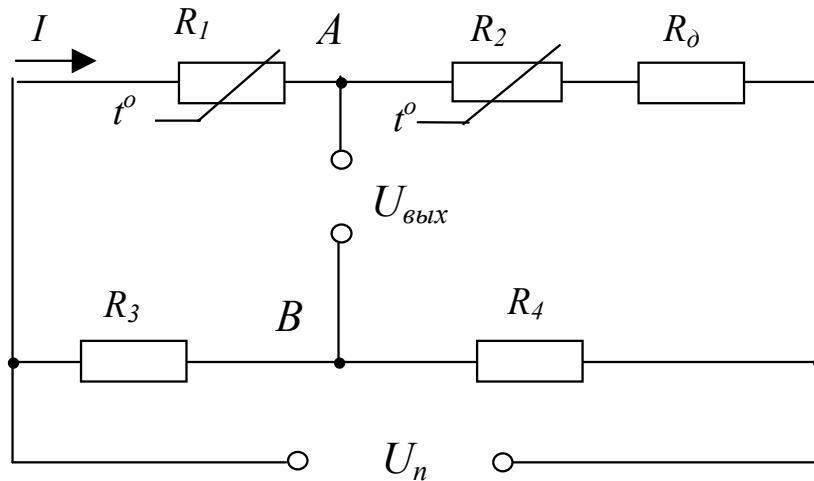


Рис.1. Схема моста с термоэлементами существенно отличающимися размерами: R_1, R_2 - термоэлементы; R_d – дополнительный резистор; R_3, R_4 - балластные резисторы.

Исходя из выражения (1) величина напряжения на термоэлементе датчика R_1 с более высокой температурой первоначального разогрева будет

$$U_1 = IR_{01}(1 + \beta t_e) + \beta b_1 R_{01} I^3. \quad (2)$$

Соответственно напряжение на втором плече измерительного моста с дополнительным сопротивлением

$$U_2 = IR_{02}(1 + \beta t_e) + \beta b_2 R_{02} I^3 + IR_d. \quad (3)$$

В работе [6] было теоретически доказано, что в воздухе в широком диапазоне температур терморезистивный коэффициент платиновых терморезисторов является постоянной величиной. Это было подтверждено и последующими экспериментальными исследованиями [5]. В таком случае при независимости величины сопротивления дополнительного и балластных резисторов от температуры условие сохранения нуля сбалансированного моста от изменения температуры окружающей среды будет иметь вид

$$\frac{dU_1}{dt_e} = \frac{dU_2}{dt_e}. \quad (4)$$

Продифференцировав правые части уравнений (2) и (3) получим условие независимости нуля сбалансированного моста от изменения температуры при питании измерительного моста от стабилизированного источника тока

$$R_{01} = R_{02}. \quad (5)$$

Из последнего выражения следует, что для обеспечения температурной стабильности моста термокондуктометрического датчика с неодинаковыми электротепловыми параметрами чувствительных элементов необходимо применять платиновые терморезисторы с одинаковым начальным сопротивлением.

Измерительные мосты термокондуктометрических анализаторов, как правило, питаются от источника стабилизированного напряжения или тока. Однако при значительных колебаниях напряжения в питающей сети, температуры и в

силу др. причин не исключены незначительные изменения величины питающего напряжения. Условие сохранения нуля симметричного сбалансированного моста (при $R_3 = R_4$) при возможных изменениях тока через термоэлементы имеет вид

$$\frac{dU_1}{dI} = \frac{dU_2}{dI}. \quad (6)$$

С учетом равенства начальных сопротивлений термоэлементов, заменим R_{01} и R_{02} на R_0 и продифференцируем правые части уравнений (2) и (3) по току получим

$$3\beta b_1 R_0 I^2 = 3\beta b_2 R_0 I^2 + R_\partial. \quad (7)$$

С полученного выражения (7) найдем значение величины дополнительного сопротивления, при котором обеспечивается стабильность нуля сбалансированного моста при изменении тока через терморезисторы

$$R_\partial = 3\beta R_0 I^2 (b_1 - b_2). \quad (8)$$

Подставив в уравнение (8) значение b , получим

$$R_\partial = 3\beta R_0 I^2 \left(\frac{R_1}{\alpha_1 F_1} - \frac{R_2}{\alpha_2 F_2} \right), \quad (9)$$

где R_1 , R_2 и α_1, α_2 - соответственно сопротивление и суммарный коэффициент теплоотдачи первого и второго термоэлементов при температуре их начального разогрева Ом и Вт/(м² °C); F_1, F_2 – площадь поверхности соответственно первого и второго элемента, м².

Исходя из полученных выражений, было рассчитано значение величины дополнительного сопротивления для различных вариантов выполнения чувствительных элементов термокондуктометрического датчика. Так, при применении для изготовления спиралей рабочего и сравнительного термоэлементов пелесторного типа платинового микропровода соответственно диаметром 30 мкм и 50 мкм, при соотношении $F_1 = 0,2F_2$, начальном сопротивлении элементов $R_0 = 3\text{Ом}$ и токе через термоэлементы 100 мА расчетное значение величины дополнительного сопротивления составляет $R_\partial = 1,8\text{Ом}$. Для предельного случая, при $F_1 \ll F_2$, величина дополнительного сопротивления составляет $R_\partial = 3,6\text{Ом}$.

Значение суммарных коэффициентов теплоотдачи термоэлементов при температуре их начального разогрева определялось исходя из величин терморезистивных коэффициентов, рассчитанных по результатам экспериментально измеренных значений электрических параметров элементов по выражению

$$b_3 = \frac{U_3 - I_3 R_{03} (1 + \beta t_e)}{\beta R_{03} I_3^3}. \quad (10)$$

Введение в измерительный мост дополнительных сопротивлений рассчитанной величины предопределяет его несимметричность, которая возрастает по мере увеличения неоднозначности параметров термоэлементов. В таком случае

при установке нуля моста путем изменения величины балластных резисторов и неравенстве величин сопротивлений R_3 и R_4 условие (6) не является справедливым. Это говорит о том, что при выборе дополнительного сопротивления по выражению (9) сбалансированный несимметричный мост не обеспечивает стабильности нуля при небольших возможных изменениях параметров питания. Покажем это наглядно. На рис. 2 качественно представлены вольтамперные характеристики плеч моста с рассчитанным дополнительным сопротивлением для случая $F_1 = 0,2F_2$, а также зависимость разности напряжений на указанных плечах моста от величины тока.

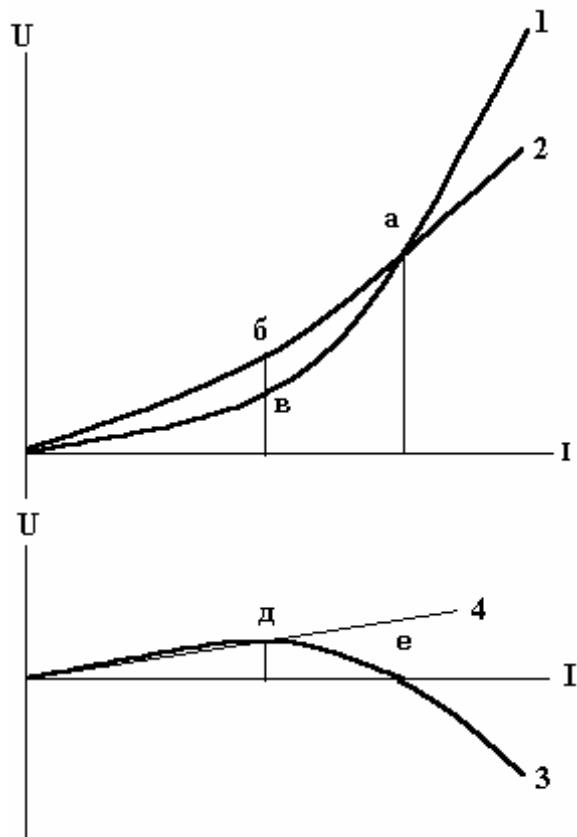


Рис. 2. Вольтамперные характеристики элементов моста: 1 – термоэлемента R_1 ; 2 - плеча моста с R_2 и дополнительным сопротивлением R_d ; 3 – разностная кривая $\Delta U_3 = U_1 - U_2$; 4 – разностная кривая плеча несимметричного моста с балластными резисторами

Очевидно, что условие (6) выполняется при значении тока через термоэлементы, где характеристики 1 и 2 имеют одинаковый наклон. Это соответствует точкам *b* и *v* на рис. 2. В то же время сбалансировать мост при симметрии балластной ветви моста можно только при величине тока через термоэлементы соответствующей точке *a*, то есть точке пересечения кривых 1 и 2. Крутизна разностной характеристики 3 при таком значении тока (в точке *e*) достигает значительной величины, а это влечет за собой нестабильность нулевых показаний сбалансированного моста при возможных изменениях параметров питания моста, например, при изменении потерь напряжения в электрических проводниках, соединяющих выносной датчик с измерительным преобразователем.

Если остановить свой выбор на несимметричном сбалансированном мосте, то при неравенстве сопротивлений балластных резисторов $R_3 < R_4$ появляется разностная кривая плеча с балластными резисторами 4, угол наклона которой зависит от степени несимметричности моста. В таком случае подбор величины балластных резисторов выходя из условия обеспечения баланса моста в точке δ , соответствующей точке перегиба разностной характеристики 3, тоже не обеспечивает высокой стабильности нулевых показаний сбалансированного моста при возможных изменениях параметров его питания. В этом случае, для того чтобы повысить стабильность нуля моста, необходимо смешать рабочую точку в область меньших токов, где величина угла наклона кривых 3 и 4 не сильно отличается. Однако в таком случае чувствительность датчика является весьма низкой и поэтому такой режим его работы является неприемлемым. Обеспечить стабильность нуля анализатора при возможных изменениях параметров питания термоэлементов и выборе режима питания соответствующего точке δ можно при использовании для компенсации разностного напряжения моста с симметричной балластной ветвью прецизионных источников опорного напряжения, величина которого соответствует напряжению в точке А (рис. 1) при выбранном режиме питания термоэлементов.

Второй вариант – это использование неуравновешенного измерительного моста с симметричной балластной ветвью, режим работы которого выбирается из условия обеспечения одинаковой крутизны характеристик рабочей ветви моста 1 и 2, что соответствует точке δ на разностной характеристике 3. Нулевой концентрации метана при этом будет соответствовать напряжение в точке δ разностной характеристики 3. Такой режим может быть реализован при использовании современных прецизионных источников опорного напряжения и применении для обработки выходного сигнала измерительного моста микропроцессоров.

Окончательный выбор требует проведения экспериментальных исследований, а также зависит от удобств настройки анализатора в процессе изготовления и эксплуатации и возможности программно реализовать процесс настройки в автоматическом режиме.

Как показано в работе [7], добиться абсолютной идентичности термоэлементов и в случае использования датчиков с симметричными элементами практически невозможно. На рис.3 качественно показан типичный характер зависимости выходного напряжения измерительного моста с одинаковыми термоэлементами, сбалансированного при U_{cp} , от напряжения питания в зоне близкой к U_{cp} . При неидентичности какого либо параметра терморезисторов, например их сопротивлений, изменение условий, при которых устанавливался нуль моста, например напряжения питания моста, всегда ведет к появлению напряжения на его выходе, причем полярность этого напряжения является неоднозначной. Предложенная в работе [7] схема включения термоэлементов и методика балансировки моста, позволяет существенно уменьшить уход нуля.

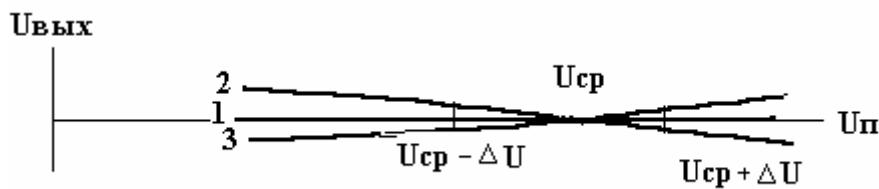


Рис. 3. Зависимость выходного напряжения измерительного моста, сбалансированного при U_{cp} , от напряжения питания: 1 – идеальная; 2 – при $R_k > R_p$; 3 – при $R_p > R_k$;

В нашем случае, при использовании неизолированного сравнительного элемента и использовании сбалансированного несимметричного моста, характер зависимости выходного напряжения моста, сбалансированного при U_{cp} , от напряжения питания, является однозначным но качественно не меняется. Поэтому решения обеспечивающие повышение стабильности нуля, которые предложены в работе [7], могут быть использованы и при разработке анализаторов с неизолированным сравнительным элементом.

В итоге можно сделать выводы, что применение для измерения концентрации метана в дегазационных трубопроводах однокамерного термокондуктометрического датчика с неодинаковыми электротепловыми параметрами чувствительных элементов позволяет упростить конструкцию датчика анализатора, исключить длительные переходные процессы, возникающие при изменении температуры газовой смеси, исключает недостатки двухкамерных анализаторов, связанные с нарушениями герметичности сравнительной камеры. Для обеспечения стабильности нуля измерительного моста при изменении температуры окружающей среды при конструировании датчиков анализаторов необходимо выбирать платиновые термоэлементы с одинаковыми начальными сопротивлениями. В то же время сбалансированный измерительный мост однокамерного термокондуктометрического датчика с неодинаковыми электротепловыми параметрами чувствительных элементов не позволяет обеспечить высокую стабильность нулевых показаний анализатора при возможных изменениях параметров питания моста. Поэтому более целесообразно использование неуравновешенного измерительного моста с симметричной балластной ветвью, режим работы которого выбирается из условия обеспечения одинаковой крутизны вольтамперных характеристик элементов рабочей ветви моста и введение для устранения смещения нуля прецизионного источника опорного напряжения.

Для окончательного выбора параметров термоэлементов и режимов работы измерительного моста необходимо проведение экспериментальных исследований различных вариантов выполнения однокамерного термокондуктометрического датчика с неодинаковыми электротепловыми параметрами чувствительных элементов. При этом необходимо учитывать, что выбранный вариант должен обеспечивать удобство настройки анализатора в процессе изготовления и эксплуатации, а также возможность программно реализовать процесс настройки в автоматическом режиме при применении современных микропроцессорных средств в анализаторах.

Литература

1. Карпов Е.Ф., Рязанов А.В. Автоматизация и контроль дегазационных систем. - М.: Недра, 1983. - 162 с.
2. Система мониторинга параметров рудничной атмосферы SMP-NT. – Катовице: Центр электрификации и автоматизации горнодобывающей промышленности "ЕМАГ", 2001. – 8 с.
3. Патент України 13933А, МК G 01 N 27/18. Термокондуктометричний датчик / В.О. Бойко, В.С. Фрундін, В.В. Ісаєв та ін. // Опубл. 25.04.97 Бюл. №2.
4. Фрундін В.Е. Однокамерный термокондуктометрический датчик // Сб. науч. тр. НГА Украины. – 1999. – №5. – С. 168-171.
5. Голинько Н.И., Котляров А.К., Белоножко В.В. Контроль взрывоопасности горных выработок шахт. – Днепропетровск: Наука и образование, 2004. – 207 с.
6. Карпов Е.Ф., Биренберг И.Э., Басовский Б.И. Автоматическая газовая защита и контроль рудничной атмосферы. – М.: Недра, 1984. – 285 с.
7. Голинько В.И., Белоножко В.В. Совершенствование термокатализитических средств контроля содержания метана / Гірнича електромеханіка та автоматика: Наук. техн. зб. – 2003. – Вип. 70. – С. 92-100.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Кременчуцким Н.Ф.
Поступила в редакцию 18.09.06*

УДК 504.06: 622

© А.А. Юрченко

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СКВАЖЕННЫХ ЗАРЯДОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПЫЛЕГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ МАССОВЫХ ВЗРЫВАХ В КАРЬЕРАХ

Приведен метод определения рациональных параметров скважинных зарядов по результатам планируемого промышленного эксперимента, при котором обеспечивается снижение пылегазовых выбросов массовых взрывов в карьере.

Наведений метод визначення раціональних параметрів свердловинних зарядів за результатами планового промислового експерименту, при якому забезпечується зниження пилегазових викидів масових вибухів в кар'єрі.

Method defining rational parameters of hole charges according to results of planned industrial experiment providing reducing dust and gas emission of mass blasting in quarries.

При открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых важнейшей природоохранной задачей является защита атмосферы от загрязнения пылегазовыми выбросами при производстве массовых взрывов. Известно, что ежегодно в мире при разрушении горных пород используется 7-9 млрд. кг взрывчатых веществ [1]. Массовые взрывы при этом выбрасывают в атмосферу 350-450 млрд. м³ вредных газов. Кроме этого, в атмосферу поступает значительное количество пыли, концентрация которой превышает предельно-допустимые значения в несколько тысяч раз. Загрязнение воздуха, наряду с нанесением ущерба здоровью людей, пагубно влияет на сельскохозяйственные угодья, леса, здания и сооружения, памятники культуры и др. Поэтому разработка способов и средств по снижению пылегазовых выбросов в атмосферу при массовых взрывах в карьерах является одной из первоочередных задач по охране окружающей среды.

Известны и апробированы в промышленности большое количество способов и средств борьбы с пылью и вредными газами при массовых взрывах в карьерах, которые подразделяются на три большие группы: организационные, технологические и инженерно-технические [2]. К ним можно отнести пылеулавливание при бурении скважин, проведение взрывов в период максимальной ветровой активности, выбор минимально допустимых расстояний между взываемыми блоками, применение взрывчатых веществ (ВВ) с нулевым или близким к нулевому кислородным балансом, взрывание малогазовых ВВ в обводненных скважинах, взрывание в зажатой среде или высоких уступов, использование зарядов малого диаметра, использование рациональной конструкции скважинного заряда ВВ и забойки, применение воздушно-механической пены и орошения, проветривание карьера свободными струями и термиками и другие. Однако, для управления массовым взрывом, как правило, используют один из приведенных способов. Зачастую применяемый способ не уменьшает выбросы, а только их рассеивает. Полученные эмпирические выражения описывают зависимость технологических и экологических результатов взрыва от одного из вышеприведенных параметров.

В настоящей работе выполнена попытка комплексного подхода к применению инженерно-технических мероприятий по снижению пылегазовых выбросов при массовых взрывах в карьерах. Сущность предлагаемого метода заключается в том, что при существующих технологиях ведения взрывных работ и организационных мероприятиях по снижению выбросов для конкретного горного массива с фиксированными минералогическим составом, физико-механическими свойствами и технологическими характеристиками путём проведения планируемого промышленного эксперимента определяют оптимальные (рациональные) значения параметров скважинных зарядов, при которых обеспечиваются выполнение технологических требований к результатам массового взрыва при минимальных пылегазовых выбросах в атмосферу [3].

Предлагаемый метод уменьшения вредных выбросов предусматривает при выборе рациональных параметров скважинных зарядов рассмотрение массового взрыва как объекта управления с регулируемыми входными и выходными параметрами, что позволяет при решении задач оптимизации технологических процессов использовать хорошо развитый математический аппарат современной теории управления. В качестве входных регулируемых параметров нами приняты удельный заряд взрывчатого вещества (q), диаметр скважины (d), соотношение длины забойки и взрывчатки в скважине (l_3) (Рис.1). В качестве выходных параметров этой системы, которые характеризуют качество массового взрыва с технологической и экологической сторон, принимаем средний размер кусков взорванной горной массы (K_c) и высоту выброса пылегазового облака (H). Такой подход к решению задач управления массовым взрывом позволяет даже при неполном знании механизма изучаемого процесса путём направленного эксперимента получить его математическую модель в виде аналитических зависимостей выходных параметров от входных. Такая математическая модель может быть использована при решении задач управления массовым взрывом и изучения внутренних связей процесса разрушения горного массива.

При выборе диапазона изменения удельного заряда для рассматриваемого карьера с существующей крепостью горных пород и их трещиноватостью руководствуются тем, что верхний предел должен обеспечивать рыхление без переизмельчения и не должно быть перехода в заряд выброса, а нижний предел не должен перейти в камуфлетное действие при взрыве. В настоящее время получены ряд аналитических зависимостей, в соответствии с которыми можно рассчитать требуемый удельный расход взрывчатого вещества (ВВ), коррелированный со свойствами пород. Для условий Кривбасса при взрывании пород средней крепости удельный расход ВВ составляет $q = 0,4\text{--}0,8 \text{ кг}/\text{м}^3$ [2]. Поскольку при взрыве 1кг ВВ в атмосферу выбрасывается до 1000 л вредных газов, то увеличение удельного заряда должно также ограничиваться и экологическим показателем – уменьшение пылегазовых выбросов в атмосферу.

При выборе диапазона изменения диаметра скважин руководствуются результатами экспериментальных исследований, которые устанавливают, что максимальная высота и время подъёма выбрасываемых газов и пыли в значительной мере зависит от диаметра применяемых зарядов и в меньшей мере от типа используемого ВВ. При этом диаметр скважин в зависимости от типа применяемого бурового оборудования составляет 105, 220, 250 и 320 мм.

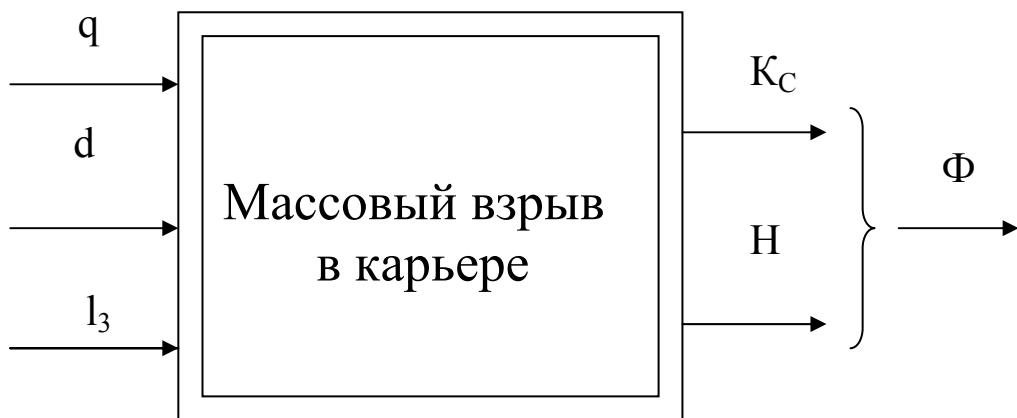


Рис.1. Модель массового взрыва как объект управления

Максимальную высоту подъема пылегазового облака можно рассчитать по выражению [2]:

$$H_{\max} = 1160 d_{\text{ск}}^2, \quad (1)$$

где $d_{\text{ск}}$ – диаметр скважины, м.

При выборе длины забойки руководствуются тем положением, что отношение длины забойки к диаметру скважины должно быть постоянным и равным примерно 20 [2]. При этом должно обеспечиваться соблюдение критерия

$$Q^{1/3} / l_3 = \text{const}, \quad (2)$$

где Q – масса заряда в скважине, кг; l_3 – длина забойки, м.

Для оценки экологического и технологического качества массового взрыва в карьере нами предложен показатель в виде [3]

$$\Phi = \left| \frac{H - H_H}{H_H} \right| + \left| \frac{K_C - K_{CH}}{K_{CH}} \right|, \quad (3)$$

где Φ – показатель качества взрыва; H – высота подъёма пылегазового облака, м; H_H – нормируемая (минимальная) высота пылегазового облака, м; K_C – средний

размер кусков горной массы после разрушения взрывом, мм; K_{ch} – нормируемое значение среднего размера кусков взорванной горной массы, мм.

Определение оптимальных параметров скважинных зарядов, при которых показатель качества массового взрыва будет наилучшим (минимальным), можно осуществить с помощью методов математической статистики [4]. Эти методы позволяют при неполном знании внутренних связей исследуемого процесса путем проведения натурных промышленных экспериментов определить аналитическую зависимость показателя качества результатов массового взрыва Φ от входных регулируемых параметров q , d , l_3 . Исследования полученной зависимости на экстремум дают возможность определить значения параметров скважинных зарядов, при которых достигается наилучшее значение показателя качества результатов массового взрыва, т.е. при которых высота пылегазового выброса будет минимальна, а средний размер кусков взорванного горного массива будет близок к требуемому (нормируемому).

Перед проведением экспериментов необходимо установить диапазон варьирования параметров скважинных зарядов. Определяют максимальное значение каждого параметра в натуральных единицах измерения, что в кодированных значениях параметра соответствует +1. Аналогично минимальное значение каждого параметра соответствует -1, а среднее значение называют нулевым уровнем, что в кодированном выражении соответствует 0. С учетом этого выбираем следующие диапазоны варьирования входных регулируемых параметров:

Удельный расход ВВ - верхний уровень - 0,8 кг/м³ (+1);
 - нулевой уровень - 0,7 кг/ м³ (0);
 - нижний уровень - 0,6 кг/ м³ (-1);
 - шаг варьирования – 0,1 кг/м³.

Диаметр скважин - верхний уровень - 320 мм (+1);
 - нулевой уровень - 212,5 мм (0);
 - нижний уровень - 105 мм (-1);
 - шаг варьирования - 107,5 мм.

Соотношение заполнения скважины взрывчаткой и забойкой:

- верхний уровень - 3 (+1);
- нулевой уровень - 2,5 (0);
- нижний уровень - 2 (-1);
- шаг варьирования - 0,5.

Полный факторный эксперимент предусматривает проведение 2^k опытов, где k - количество входных параметров [4]. Для трёх факторов опыты проводятся при их комбинациях, соответствующим координатам вершин куба, который имеет центр в точке с нулевым уровнем факторов (q_0 , d_0 , l_{30}), а ребро имеет длину в два шага варьирования. Задать план проведения эксперимента можно и с помощью матрицы. Если изменить начало отсчёта (перенести его в точку нулевого уровня) и изменить масштаб осей с натуральных значений (q , d , l_3) в шаги варьирования (q , d , l_3), то план проведения эксперимента можно записать в виде матрицы. В новой системе координат вершины куба (точки проведения опытов) выражены в кодированных величинах (в шагах варьирования), которые принимают значения +1 или -1 (Табл.1).

Таблица 1

План проведения эксперимента 2^3

Номер опыта	q	D	l_3
1	+1	+1	+1
2	-1	+1	+1
3	+1	-1	+1
4	-1	-1	+1
5	+1	+1	-1
6	-1	+1	-1
7	+1	-1	-1
8	-1	-1	-1

Для перехода с кодированных значений факторов в натуральные и наоборот легко получить зависимости перевода:

$$\begin{aligned}\bar{q} \Delta q &= q - q_0, \\ \bar{d} \Delta d &= d - d_0, \\ \bar{l}_3 \Delta l_3 &= l_3 - l_{30},\end{aligned}\quad (4)$$

где \bar{q} , \bar{d} , \bar{l}_3 – кодированные значения факторов; Δq , Δd , Δl_3 – шаги варьирования факторов; q , d , l_3 - натуральные значения факторов; q_0 , d_0 , l_{30} - нулевые значения факторов.

С целью определения аналитической зависимости выходных параметров от входных, т. е. математической модели управления результатами массового взрыва в карьере, при проведении эксперимента в каждом опыте необходимо производить измерение высоты выброса пылегазового облака H и средний размер кусков взорванной горной массы K_c . Результаты измерений сводим в табл. 2.

Для нивелирования случайных помех в связи с длительностью сроков проведения эксперимента каждый опыт проводят трижды, причём последовательность их проведения определяют по ряду случайных величин. Математическое ожидание каждого выходного параметра находят как среднеарифметическое по результатам параллельных опытов.

Таблица 2

Результаты измерений выходных параметров при проведении эксперимента

N опыта	Входные параметры			Выходные параметры		
	\bar{q}	\bar{d}	\bar{l}_3	H , м	K_c , мм	Φ
1	+1	+1	+1	H_1	K_{c1}	Φ_1
2	-1	+1	+1	H_2	K_{c2}	Φ_2
3	+1	-1	+1	H_3	K_{c3}	Φ_3
4	-1	-1	+1	H_4	K_{c4}	Φ_4
5	+1	+1	-1	H_5	K_{c5}	Φ_5
6	-1	+1	-1	H_6	K_{c6}	Φ_6
7	+1	-1	-1	H_7	K_{c7}	Φ_7
8	-1	-1	-1	H_8	K_{c8}	Φ_8

Для оценки качества разрабатываемой математической модели управления массовым взрывом, её адекватности реальному процессу, весьма важно знать близки ли ошибки определения выходных параметров в разных областях факторного пространства или, другими словами, однородны ли дисперсии выходных параметров. Проверку однородности дисперсий осуществляют с помощью критерия Кохнера, который применяется, если во всех точках одинаковое число параллельных опытов [4]. Вычисления критерия производят следующим образом:

- для каждого опыта находят дисперсию по выражению

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (H_{ij} - H_i)^2}{m-1}, \quad (5)$$

где S_i^2 – дисперсия опыта; m – число параллельных опытов; $i = 1, 2, \dots, N$ – номер опыта в эксперименте; $j = 1, 2, \dots, m$ – номер параллельного опыта; H_{ij} – высота выброса пылегазового облака (или другого выходного параметра) i -го опыта в эксперименте в j -ом параллельном опыте, м; H_i – математическое ожидание высоты выброса пылегазового облака (или другого выходного параметра) i -го опыта в эксперименте, м.

Далее среди всех S_i^2 находим наибольшую, которую делим на сумму всех дисперсий

$$G = S_{\max}^2 / \sum_{i=1}^N S_i^2. \quad (6)$$

Это и есть критерий Кохнера. И если значение полученного критерия меньше табличного для степеней свободы $\gamma_1 = m-1$, $\gamma_2 = N$, то гипотезу об однородности дисперсий можно принять [4]. Этот критерий свидетельствует об управляемости объекта и полноте учета входных параметров.

Теория планирования промышленных экспериментов позволяет получить математическую модель управления массовым взрывом в виде системы уравнений, которые выражают зависимость высоты выброса пылегазового облака H и среднего размера кусков взорванной горной массы K_c от значений входных параметров

$$\begin{aligned} H &= f(q, d, l_3), \\ K_c &= f(q, d, l_3). \end{aligned} \quad (7)$$

Полный факторный эксперимент позволяет получить уравнения системы (7) в виде:

$$\begin{aligned} H &= b_0 + b_1 q + b_2 d + b_3 l_3 + b_{12} qd + b_{13} ql_3 + b_{23} dl_3 + b_{123} qdl_3; \\ K_c &= b_0 + b_1 q + b_2 d + b_3 l_3 + b_{12} qd + b_{13} ql_3 + b_{23} dl_3 + b_{123} qdl_3, \end{aligned}$$

где b_0 – свободные члены уравнения; b_1, b_2, b_3 – коэффициенты при линейных членах; $b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$ – коэффициенты при нелинейных членах.

Планируя эксперимент на первом этапе стремятся получить линейную модель. Однако, чаще всего встречаются случаи, когда эффект одного входного параметра зависит от значения других входных параметров. В этом случае имеет место эффект взаимодействия входных параметров. Для количественной оценки эффектов взаимодействия надо, пользуясь правилом перемножения

столбцов матрицы (Табл.1.), получить столбцы произведения факторов. Матрица планирования эксперимента 2^3 с учетом возможных взаимодействий представлена в табл.3.

Таблица 3
Матрица планирования полного факторного эксперимента 2^3 с учетом
эффектов взаимодействия

№ опыта	\bar{q}	\bar{d}	l_3	$\bar{q}\bar{d}$	$\bar{q}l_3$	$\bar{d}l_3$	$\bar{q}\bar{d}l_3$
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
2	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1
3	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1
4	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
5	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1
6	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1
7	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1
8	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1

Для определения коэффициентов уравнений применяют метод наименьших квадратов, который благодаря симметричности матрицы планирования экспериментов и условия нормировки (сумма квадратов элементов каждого столбца равна числу опытов) сводится к присвоению столбцу значений выходных параметров (табл.2.) и алгебраическому сложению полученных значений [4]. Деление результатов сложения на число опытов в матрице планирования даёт искомый коэффициент. Свободные члены уравнений вычисляются как среднеарифметическое значение соответствующего выходного параметра во всех опытах эксперимента. Таким образом, после определения значений коэффициентов получаем систему уравнений (7) в кодированных значениях переменных, в шагах их варьирования. Воспользовавшись выражением (4) эту систему уравнений можно получить в натуральных значениях переменных.

После определения коэффициентов уравнений системы необходимо произвести проверку их значимости. Такая проверка нужна для отсеивания входных параметров или их эффектов взаимодействия в математической модели управления массовым взрывом в карьере.

Суть проверки сводится к сравнению значений коэффициентов с ошибкой опыта. Если величина коэффициента меньше ошибки опыта, то с заданной вероятностью можно сказать, что данный входной параметр или эффект взаимодействия параметров не оказывает существенного влияния на величину исследуемого выходного параметра. Проверка каждого коэффициента проводится независимо и может быть определена методом доверительного интервала по выражению

$$\Delta b_i = \pm t_{kp} \sqrt{\frac{S^2}{Nm}}, \quad (8)$$

где t_{kp} – табличное значение критерия Стьюдента при выбранном уровне значимости и числе степеней свободы, с которым определялась дисперсия воспроизводимости; S^2 - дисперсия воспроизводимости опытов при определении выходных параметров.

Коэффициент значим, если его абсолютная величина больше доверительного интервала $|b_i| > \Delta b_i$.

Полученная таким образом математическая модель управления массовым взрывом в карьере позволяет рассчитать высоту выброса пылегазового облака и средний размер кусков взорванной горной массы при любых значениях удельного расхода ВВ, диаметра скважин и соотношения заполнения скважины взрывчаткой и забойкой для карьера, на котором проводились эксперименты. Эта модель может быть использована для изучения влияния каждого параметра скважинных зарядов или их комбинаций на технологические и экологические результаты массового взрыва в карьере, а также для решения задач оптимизации.

Перед использованием математической модели для решения задач управления и оптимизации необходимо проверить достоверность описания реального процесса системой полученных уравнений, то есть её адекватность. Проверку адекватности производят по критерию Фишера [4], значение которого вычис-

$$\text{лиают по выражению } F = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S_0^2}, \quad (9)$$

где S_0^2 - дисперсия опыта; $S_{\text{ад}}^2 = \frac{\sum_{n=1}^N (H_i - \bar{H})^2}{N-d}$ - дисперсия адекватности,

где H_i - высота выброса пылегазового облака (или другой выходной параметр) в i -ом опыте, полученная в результате эксперимента, м; \bar{H}_i - значение того же выходного параметра, вычисленного по уравнениям математической модели; N - число опытов в эксперименте; d - число членов уравнения математической модели. Математическая модель адекватно описывает реальный процесс, если полученное значение критерия меньше табличного.

Конечным результатом исследований является определение значений параметров скважинных зарядов, при которых результаты массового взрыва будут оптимальны. В связи с тем, что математическая модель имеет число уравнений меньше числа переменных и традиционными методами не решается, для решения задач оптимизации вводим показатель качества массового взрыва в виде выражения (3), который выражается одним числом, легко определяемый и учитывает как технологические, так и экологические требования. Для определения значений входных регулируемых параметров системы, при которых показатель Φ минимален, то есть относительная разница выходных параметров системы и их нормируемых значений наименьшая, необходимо прежде всего получить аналитическую зависимость $\Phi = (\Phi, q, d, l_3)$ в виде

$$\Phi = b_0 + b_1 q + b_2 d + b_3 l_3 + b_{12} qd + b_{13} ql_3 + b_{23} dl_3 + b_{123} qdl_3. \quad (10)$$

Коэффициенты при независимых переменных этого уравнения определяются аналогично определению коэффициентов системы уравнений (7). При этом используются значения показателя Φ в каждом опыте проведенного эксперимента (Табл.2). Оптимальные значения скважинных зарядов можно определить, исследовав выражение (10) на экстремум традиционным методом. В конечном итоге исследование сводится к решению следующей системы уравнений

$$\begin{aligned}\partial\Phi/\partial q &= b_1 + b_{12}d + b_{13}l_3 + b_{123}dl_3 = 0, \\ \partial\Phi/\partial q &= b_2 + b_{12}q + b_{23}l_3 + b_{123}ql_3 = 0, \\ \partial\Phi/\partial l_3 &= b_3 + b_{13}q + b_{23}d + b_{123}qd = 0.\end{aligned}\quad (11)$$

Таким образом, предложенный метод определения оптимальных параметров скважинных зарядов может быть использован при разработке паспортов массовых взрывов в карьере, а также для разработки математической модели управления взрывом. На модели возможно проведение исследований по определению степени влияния каждого параметра скважинных параметров или их комбинации на результаты взрыва с экологической и технической точки зрения.

Литература

1. Зберовский А. В. Охрана атмосферы в экосистеме "карьер -окружающая среда-человек". – Днепропетровск, РИО АП ДКТ, 1997. -136 с.
2. Проблемы экологии массовых взрывов в карьерах / Э.И.Ефремов, П.В.Бересневич, В.Д.Петренко и др.; Под ред. чл.-кор. НАН Украины Э.И. Ефремов. - Днепропетровск: Січ, 1996. -179 с.
3. Патент на изобретение №65928 А. Способ определения рациональных параметров массовых взрывов в карьере./ Долинский В.А., Юрченко А.А., Бюл. № 4, 2004.
4. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976 с.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Зберовским А.В.
Поступила в редакцию 04.09.06*

УДК 622.454.23

© Н.Ф. Кременчуцкий, О.А. Муха,
И.И. Пугач, С.И. Пугач, Е.В. Столбченко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ НАГНЕТАТЕЛЬНОМ СПОСОБЕ ПРОВЕТРИВАНИЯ ТУПИКОВЫХ ВЫРАБОТОК

В статье разработаны методики расчета параметров вентиляционных систем, как при жестком, так и при гибком трубопроводах.

У статті розроблені методики розрахунку параметрів вентиляційних систем як при гібкому та і при твердому трубопроводах.

In the article the calculation methods of parameters of ventilation systems both at hard and at flexible pipelines are developed.

Решение вопросов вентиляции тупиковых выработок имеет большую актуальность. На шахтах проводится ежегодно тысячи км тупиковых выработок. Длина отдельных выработок достигает 3 километров, а расход воздуха, подаваемого для проветривания одной выработки на газовых шахтах $2000 \text{ м}^3/\text{мин}$. Иногда на шахте расход воздуха для проветривания тупиковых выработок превышает потребность воздуха для проветривания очистных забоев. На некоторых шахтах суммарная мощность вентиляторов местного проветривания превышает мощность вентиляторов главного проветривания.

Целью статьи является разработка методов расчета вентиляционной системы тупиковой выработки для определения рациональных параметров местного проветривания, как при жестком, так и при гибком трубопроводах.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

1. Разработка методики определения необходимых и оптимальных диаметров и длины трубопроводов для обеспечения заданного расхода воздуха в забое тупиковой выработки.

2. Определение расхода воздуха, поступающего в забой тупиковой выработки при известных (заданных) диаметрах и длине тупиковой выработки.

При нагнетательном способе проветривания депрессия вентилятора определяется по формуле [1]

$$h_B = R_{mp} Q_B Q_{3n} + V_{cp}^2 \rho / 2, \quad (1)$$

где R_{mp} – сопротивление трения трубопровода, $\frac{H \cdot c^2}{M^8}$; Q_B – подача вентилятора, m^3/c ; Q_{3n} – расход воздуха в конце тупиковой выработки, m^3/c ; V_{cp} – средняя скорость движения воздуха на выходе из трубопровода, m/c ; ρ – плотность воздуха, kg/m^3 .

Аэродинамическое сопротивление трения круглого трубопровода [2] определяется по формуле

$$R_{mp} = 6,48 \alpha L_{mp} / D_{mp}^5, \quad (2)$$

где α – коэффициент сопротивления трения, $\frac{H \cdot c^2}{M^4}$; L_{mp} – длина трубопровода (участка), м; D_{mp} – диаметр трубопровода, м.

Зависимость между Q_B и Q_{3n} определяется формулой

$$Q_B = K_{ym.mp} Q_{3n}, \quad (3)$$

где $K_{ym.mp}$ – коэффициент утечек воздуха.

Коэффициент утечек воздуха для жестких вентиляционных трубопроводов определяется по формуле [3]

$$K_{ym.mp} = \left(\frac{1}{3} K_{ym.cm} D_{mp} \frac{L_{mp}}{l_{36}} \sqrt{R_{mp}} + L \right)^2, \quad (4)$$

где $K_{ym.cm}$ – коэффициент удельной стыковой воздухопроницаемости при фланцевом соединении звеньев трубопровода; l_{36} – длина звена трубопровода, м; в формуле (4) R_{mp} в кПа.

Коэффициент утечек воздуха при большой длине трубопровода определяется при решении дифференциального уравнения

$$dK_{ym.mp} = \frac{K_{ym.cm}}{l_{36}} D_{mp} L_{mp}^{0,5} \sqrt{6,48 \frac{\alpha}{D_{mp}^5}} dl. \quad (5)$$

После интегрирования

$$K_{ym.mp} = 1,7 \frac{K_{ym.cm}}{l_{36}} D_{mp}^{-1,5} L_{mp}^{1,5} \alpha^{0,5} + c, \quad (6)$$

где c – постоянная величина.

При $L_{mp}=0$, $K_{ym.mp} = 1$, поэтому формула (6) будет иметь вид

$$K_{ym.mp} = 1,7 \frac{K_{ym.cm}}{l_{36}} D_{mp}^{-1,5} L_{mp}^{1,5} \alpha^{0,5} + 1. \quad (7)$$

При исходных данных $K_{ym.cm} = 0,006$, $l_{36} = 4$ м, $D_{mp} = 0,5$ м, $L_{mp} = 600$ м, $\alpha = 0,00027$; $K_{ym.mp} = 1,623$ согласно формуле (4), а согласно формуле (7) $K_{ym.mp} = 1,534$. Различие величины коэффициента составляет 5%, что находится в пределах точности расчетов.

С учётом (7) депрессия вентилятора определяется

$$h_B = 6,48 \frac{\alpha L}{D^5} \left(1,7 \frac{K_{ym.cm}}{l_{36}} D_{mp}^{-1,5} L_{mp}^{1,5} \alpha^{0,5} + 1 \right) Q_{3n}^2 + \frac{8\rho Q_{3n}^2}{\pi^2 D^4}. \quad (8)$$

Характеристика вентилятора описывается уравнением

$$h_x = a - b K_{ym.mp}^2 Q_{3n}^2, \text{ да Па} \quad (9)$$

а с учётом (7)

$$h_x = a - b \left(1,7 \frac{K_{ym.cm}}{l_{36}} D_{mp}^{-1,5} L_{mp}^{1,5} \alpha^{0,5} + 1 \right)^2 Q_{3n}^2,$$

где a , b – коэффициенты эмпирической формулы, описывающей характеристику вентилятора.

Математическая модель вентиляционной системы в развернутом виде будет

$$\begin{aligned} 48 \frac{\alpha L}{D_{mp}^5} \left(1,7 \frac{K_{ym.cm}}{l_{36} D_{mp}^{1,5}} L_{mp}^{1,5} \alpha^{0,5} + 1 \right) Q_{3n}^2 + \frac{8\rho}{\pi^2 D_{mp}^4} Q_{3n}^2 = \\ = a - b \left(1,7 \frac{K_{ym.cm}}{l_{36} D_{mp}^{1,5}} L_{mp}^{1,5} \alpha^{0,5} + 1 \right)^2 Q_{3n}^2, \end{aligned} \quad (10)$$

При неизвестных длине трубопровода и диаметре расход воздуха в конце трубопровода определяется формулой

$$Q_{3n} = \sqrt{\frac{a}{A_1 + A_2 + bA_3}}, \quad (11)$$

$$\text{где } A_1 = 6,48 \frac{\alpha L}{D_{mp}^5} \left(1,7 \frac{K_{ym.cm}}{l_{36} D_{mp}^{1,5}} L_{mp}^{1,5} \alpha^{0,5} + 1 \right); A_2 = \frac{8\rho}{\pi^2 D_{mp}^4};$$

$$A_3 = \left(1,7 \frac{K_{ym.cm}}{l_{36} D_{mp}^{1,5}} L_{mp}^{1,5} \alpha^{0,5} + 1 \right)^2$$

При ранее приведённых исходных данных и с использованием уравнения, описывающего характеристику вентилятора ВМ – 6 (при $\alpha = 20$)

$$h = 324 - 4,2 Q_B, \text{ да Па} \quad (12)$$

согласно (11) $Q_{3n} = 1,7 \text{ м}^3/\text{с}$.

Уравнение (10) можно преобразовать к виду

$$B_4 L^3 + B_3 L^{2,5} + B_2 L^{1,5} + B_1 L + B_0 = 0, \quad (13)$$

$$\text{где } B_4 = \left(1,7 \frac{K_{ym.cm}}{l_{36} D_{mp}^{1,5}} \alpha^{0,5} \right)^2 b Q_{3n}^2; B_3 = 11,016 \frac{\alpha^{1,5} K_{ym.cm}}{D_{mp}^{6,5} l_{36}} Q_{3n}^2; \\ B_2 = 3,4 \frac{K_{ym.cm}}{l_{36} D^{1,5}} \alpha^{0,5} b Q_{3n}^2; B_1 = \frac{6,48 \alpha}{D^5} Q_{3n}^2; B_0 = \frac{8 \rho}{\pi^2 D^4} Q_{3n}^2 + b Q_{3n}^2 - a.$$

Уравнение (13) позволяет определить длину трубопровода, при которой на конец трубопровода при известном диаметре можно подать заданный расход воздуха. При ранее приведенных исходных данных расход воздуха $3 \text{ м}^3/\text{с}$ на конец трубопровода можно подать при длине $L_{mp} = 172 \text{ м}$

Уравнение (10) можно преобразовать к виду

$$F_5 D_{mp}^{-6,5} + F_4 D_{mp}^{-5} + F_3 D_{mp}^{-4} + F_2 D_{mp}^{-3} + F_0 = 0, \quad (14)$$

$$\text{где } F_5 = 11,0162 \alpha^{1,5} L^{2,5} \frac{K_{ym.cm}}{l_{36}} Q_{3n}^2; F_4 = 6,48 \alpha L Q_{3n}^2; F_3 = \frac{8 \rho Q_{3n}^2}{\pi^2}; \\ F_2 = \left(1,7 \frac{K_{ym.cm}}{l_{36}} L^{1,5} \alpha^{0,5} \right)^2 b Q_{3n}^2; F_1 = 3,4 \frac{K_{ym.cm}}{l_{36}} L^{1,5} \alpha^{0,5} b Q_{3n}^2; F_0 = b Q_{3n}^2 - a.$$

Уравнение (14) позволяет определить необходимый диаметр трубопровода, при котором при известной длине трубопровода можно подать заданный расход воздуха.

При рассмотрении технических вопросов важное место занимает оптимизация параметров. При определении оптимального диаметра трубопровода расход электроэнергии, затрачиваемой на проветривание тупиковой выработки определяется по формуле [2]

$$Z_3 = \frac{Q_\varepsilon h_\varepsilon}{1000 \eta_\varepsilon} T \tau C, \quad (15)$$

где Q_ε – дебит вентилятора, $\text{м}^3/\text{с}$; h_ε – депрессия трубопровода, Па; η_ε – КПД вентилятора; T – число часов работы вентилятора в течение года, τ – количество лет работы, C – стоимость 1 кВт·ч, потребляемой электроэнергии, грн.

Стоимость трубопровода определяется по формуле

$$K_m = L_{mp} (b_2 D_{mp}^2 + b_1 D_{mp} + b_0), \text{ грн} \quad (16)$$

где L_{mp} – длина трубопровода, м; D_{mp} – диаметр трубопровода, м; b_0, b_1, b_2 – коэффициенты эмпирической формулы, описывающей стоимость трубопровода.

При определении оптимального диаметра трубопровода местного проветривания определяется экстремум функции одного переменного. Согласно теореме Вейерштрасса, если $f_0(x)$ непрерывна функция на конечном отрезке $[a, b]$, то решение обеих задач:

$$f_0(x) \rightarrow \min, a \leq x \leq b; \quad f_0(x) \rightarrow \max, a \leq x \leq b \quad \text{существует.}$$

Согласно теореме Ферма если функция f_0 является дифференцируемой в точке \bar{x} , и, если точка \bar{x} составляет локальный экстремум (минимум или максимум) этой функции f_0 , то $f'_0(\bar{x}) = 0$.

Стоимость электроэнергии и трубопровода определяется уравнением

$$\begin{aligned} \mathcal{E} = & \frac{11,016\alpha^{1,5}L^{2,5}}{D_{mp}^{6,5}} \cdot \frac{K_{ym.cm}}{l_{36}} \cdot \frac{T\tau C}{1000\eta_e} \cdot Q_{3n}^3 + 6,48 \frac{\alpha L}{D_{mp}^5} \cdot \frac{T\tau C}{1000\eta_e} Q_{3n}^3 + \\ & + \frac{8\rho}{\pi^2 D_{mp}^4} \cdot \frac{T\tau C}{1000\eta_e} Q_{3n}^3 + b_2 LD_{mp}^2 + b_1 LD_{mp} + b_0 L \rightarrow \min, \end{aligned} \quad (17)$$

Оптимальный диаметр, обеспечивающий минимальную стоимость, определяется при решении уравнения

$$\frac{d\mathcal{E}}{dD_{mp}} = 0. \quad (18)$$

Это уравнение можно записать в виде

$$-6,5K_3D^{-7,5} - 5K_2D^{-6} - 4K_1D^{-5} + 2b_2L + b_1L = 0, \quad (19)$$

$$\text{где } K_3 = \frac{11,016\alpha^{1,5}L^{2,5}K_{ym.cm}T\tau CQ_{3n}^3}{1000\eta_e l_{36}}, \quad K_2 = \frac{6,48\alpha L\tau CQ_{3n}^3}{1000\eta_e}, \quad K_1 = \frac{8\rho T\tau CQ_{3n}^3}{\pi^2 1000\eta_e}$$

При исходных данных $\alpha = 0,0003$, $L_{mp} = 600$ м, $T = 8760$ час., $\tau = 2$ лет, $C = 0,195$, $Q_{3n} = 3$ м³/с.

$b_2 = -12,76$, $b_1 = 51,85$ оптимальный диаметр согласно (19) равен $D_{mp.on} = 0,68$ м. Принимаем $D_{mp.on} = 0,70$ м.

При решении уравнения (19) $D_{mp.on} = 0,68$ м обеспечивает минимальную стоимость расходов на проветривание, т.к. $\frac{d^2\mathcal{E}}{dD_{mp}^2} > 0$.

Депрессию гибкого трубопровода можно рассчитать по формуле [5]

$$h_{mp} = 0,133 \frac{Q_{3n}^2 K_{ym} L_{mp}}{D_{mp}^5} + \frac{8\rho}{\pi^2 D_{mp}^4} Q_{3n}^2 \quad (20)$$

где K_{ym} – коэффициент утечек воздуха в трубопроводе,

$$K_{ym} = 1 + b_0 D_{mp}^2 Q_{3n} L_{mp}^2 \quad (21)$$

где b_0 – коэффициент, характеризующий воздухопроницаемость гибкого трубопровода.

$$b_0 = \begin{cases} 10^{-6} & \text{- при хорошем качестве стыковых соединений;} \\ 2 \cdot 10^{-6} & \text{- при среднем качестве.} \end{cases}$$

Математическая модель вентиляционной системы при гибком трубопроводе с использованием уравнения (9)

$$0,133 \frac{Q_{3n}^2 K_{ym} L_{mp}}{D_{mp}^2} + \frac{8\rho Q_{3n}^2}{\pi^2 D_{mp}^4} = a - b K_{ym}^2 Q_{3n}^2. \quad (22)$$

Уравнение (21) можно записать в виде

$$A_4 Q_{3n}^4 + A_5 Q_{3n}^3 + A_6 Q_{3n}^2 + A_7 = 0, \quad (23)$$

$$\text{где } A_4 = b(b_0 D_{mp}^2 L_{mp}^2)^2; \quad A_5 = 0,133 b_0 L_{mp}^2 + 2b_0 D_{mp}^2 L_{mp}^2;$$

$$A_6 = 0,133 \frac{L_{mp}}{D_{mp}^2} + \frac{8\rho}{\pi^2 D_{mp}^4} + b; A_7 = -a.$$

Уравнение (23) позволяет определить расход воздуха на конце гибкого трубопровода при известной длине.

При исходных данных $b_0=2 \cdot 10^{-6}$; $D_{mp} = 0,8$ м; $L_{mp} = 600$ м и работе вентилятора ВМ-6 согласно (23) $Q_{3n}=3,4$ м³/с.

Уравнение (22) можно преобразовать к виду

$$B_5 L_{mp}^4 + B_6 L_{mp}^3 + B_7 L_{mp}^2 + B_8 L_{mp} + B_9 = 0 \quad (24)$$

где $B_5 = bb_0^2 D_{mp}^4 Q_{3n}^4$; $B_6 = 0,133b_0 Q_{3n}^3 D_{mp}^{-2}$; $B_7 = 2bb_0 D_{mp}^2 Q_{3n}^3$; $B_8 = 0,133 Q_{3n}^2 D_{mp}^{-2}$; $B_9 = 8\rho Q_{3n}^2 \pi^{-2} D^{-4} + b Q_{3n}^2 - a$.

Уравнение (24) используется для определения длины гибкого трубопровода на конец которого можно подать заданный расход воздуха.

Принимаем $Q_{3n} = 3$ м³/с; $D_{mp} = 0,8$ м; $Q_{3n} = 4$ м/с.

Для принятых исходных данных согласно (24) $L_{mp} = 305$ м.

Уравнение (22) можно записать в виде

$$F_6 D_{mp}^4 + F_7 D_{mp}^2 + F_8 D_{mp}^{-4} + F_9 D_{mp}^{-2} + F_{10} = 0 \quad (25)$$

где $F_6 = bb_0^2 Q_{3n}^4 L_{mp}^4$; $F_7 = 2bb_0 Q_{3n}^3 L_{mp}^2$; $F_8 = 1,28 Q_{3n}^2 \pi^{-2}$;

$F_9 = 0,133 Q_{3n}^2 L_{mp} + 0,133b_0 Q_{3n}^3 L^3$; $F_{10} = b Q_{3n}^2 - a$.

Используя уравнение (25) определяется необходимая величина диаметра трубопровода, при которой можно подать при известной длине гибкого трубопровода заданный расход воздуха.

Для численного определения принимается длина трубопровода $L_{mp} = 400$ м и расход воздуха 3 м³/с. При принятых исходных данных величина необходимого диаметра трубопровода $D_{mp} = 0,6$ м.

Таким образом в статье предложены математические модели вентиляционной системы местного проветривания при нагнетательном способе проветривания, методики расчета расхода воздуха, поступающего в призабойное пространство тупиковой выработки, определения длины трубопровода, при которой на конец трубопровода поступает заданный расход воздуха, необходимого диаметра трубопровода, обеспечивающего поступление заданного расхода воздуха на конец трубопровода при известной длине, методика оптимизации диаметра жесткого трубопровода, обеспечивающего минимальную стоимость, расходуемой на проветривания электроэнергии и амортизации трубопровода.

Задачи решаются как при жестком, так и при гибком трубопроводах.

Методика проверена численными определениями величины параметров для конкретных условий.

Материалы статьи могут использоваться при вентиляционных расчетах на шахтах. Основные положения статьи используются при чтении лекций по дисциплине «Вентиляция шахт и рудников».

Литература

1. Рудничная вентиляция: Справочник / Под ред. К.З. Ушакова. – М.: Недра, 1988. – 440 с.
2. Ушаков К. З., Бурчаков А. С., Пучков Л. А., Медведев И. И. Аэрология горных предприятий. М.: – Недра, 1987. – 421 с.
3. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – Киев, 1994. – 311 с.
4. Кременчуцкий Н. Ф., Муха О. А. Определение оптимального диаметра дегазационного трубопровода при одновременном учете стоимости труб газопровода и расходуемой вакуум-насосом электроэнергии // Научн. тр. НГА Украины. – 2002. – № 13. – С. 212-218.
5. Мясников А.А., Казаков С.П. Проветривание подготовительных выработок при проходке комбайнами. М.: – Недра, 1981. – 269 с.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Голинько В.И.
Поступила в редакцию 18.09.06*

УДК 622.235

© В.И. Голинько, М.Ю. Иконников

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ АЭРОГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ШАХТНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СЕТИ

Дослідженні аерогазодинамічні процеси при регулюванні витрат повітря у вентиляційній мережі вугільної шахти. Запропоновані рішення, що дозволяють прогнозувати "сплески" концентрації метану при регулюванні витрат повітря на видобувній дільниці вугільної шахти та підвищити безпеку праці гірників.

Исследованы аэрогазодинамические процессы при регулировании расхода воздуха в вентиляционной сети угольной шахты. Предложены решения, которые позволяют прогнозировать "всплески" концентрации метана при регулировании расхода воздуха на добывчном участке угольной шахты и повысить безопасность работы горняков.

It is investigated the aero and gas dynamic processes during the regulation of air expenditure in the ventilation network of coal mine. It is proposed the decisions, which help to forecast the "splashes" of metan concentration during the regulation of air expenditure on the extracting sector of coal mine and increase the safety of the work of miners.

Интенсификация и концентрация процессов угледобычи, переход на большую глубину сопровождается значительным ростом и неравномерностью газоизделия в горных выработках шахт. Существующие способы проветривания шахт зачастую не позволяют полностью использовать потенциальные возможности добывчной техники из-за возникающего "газового барьера".

Поиск путей преодоления "газового барьера" требует разработки новых способов повышения эффективности вентиляции, одним из которых является создание систем оперативного управления проветриванием шахт. Однако до настоящего времени недостаточно исследованы аэрогазодинамические процессы при перераспределении воздуха в вентиляционной сети, существующие методы управления проветриванием угольных шахт по газовому фактору не достаточно эффективны, требуется доработка технические средства оперативного управления проветриванием выемочных участков, пригодных для газовых шахт, что сдерживает решение указанной проблемы [1].

Усилиями ряда научно-исследовательских, проектно-конструкторских, учебных учреждений (НГУ, ИГТМ АН Украины, ДонУГИ, МакНИИ, ГУА, КНИУИ) была создана подсистема диспетчерского контроля и управления проветриванием угольных шахт "АТМОС", которая позволяет производить перераспределение воздуха по горным выработкам в зависимости от газовой обстановки на добывчных участках.

Целью данной работы является исследование аэrogазодинамических процессов при регулировании расхода воздуха в вентиляционной сети, что позволит разработать методы безопасного оперативного управления проветриванием выемочных участков шахт по газовому фактору. Системы управления вентиляцией на основе разработанных методов повысят эффективность проветривания и безопасность труда в газовых шахтах путем оперативного перераспределения воздуха, исключающего "всплески" содержания метана при регулировании расхода воздуха и пропуске транспорта.

Согласно литературным данным, протекающие в шахтной вентиляционной сети процессы в зависимости от их длительности можно разделить на быстротекущие переходные процессы установления давления, переходные аэродинамические процессы по дебиту воздуха и переходные газодинамические процессы по дебиту метана.

Наиболее быстротекущие процессы изменения давления приводят к появлению переходных процессов по дебиту воздуха, а последние — к появлению переходных газодинамических процессов.

Переходные аэро- и газодинамические процессы сами по себе не представляют особого интереса при нормальной эксплуатации шахт, поскольку доминирующий в обеспечении безопасных условий труда горнорабочих фактор - содержание метана в атмосфере очистного забоя и на исходящей струе участка - определяется отношением выделившегося метана к дебиту воздуха [2].

Режим проветривания шахты - это непрерывный ряд отдельных переходных процессов, вызванных действиями регулирующих устройств, производственными возмущениями и реакциями на них вентиляционной системы. Поэтому для обеспечения безопасности работ и правильной оценки действия устройств регулирования при нормальных условиях их работы, а также их конструирования, настройки и эксплуатации необходимо знать характер переходных процессов, появляющихся в результате возмущений.

В вентиляционной системе всегда имеются возмущающие воздействия и, говоря об установленном режиме, всегда следует иметь в виду режим возмущений. Особенно важно знать переходные процессы для решения проблемы автоматизации проветривания, так как вся теория автоматического регулирования базируется на знании динамических свойств объекта автоматизации.

Известно, что непрерывная подача завышенного количества воздуха, рассчитанного на максимально возможное газовыделение на участках, экономически нецелесообразна и во многих случаях технически неосуществима, в связи с чем и возникает необходимость регулировать дебит воздуха в шахтной вентиляционной сети по газовому фактору.

Изучение характера поведения вентиляционной сети газовой шахты при различных видах возмущений позволяет выявить возможные пути безопасного оперативного управления проветриванием шахт с целью создания безопасных комфортных условий труда горнорабочих и обеспечения экономичности проветривания шахт [3].

Инерционные свойства шахтных вентиляционных сетей можно определить непосредственными измерениями на конкретных объектах. Но практически не существует даже двух одинаковых шахт, в связи с чем такие измерения следует проводить в широких масштабах.

Исследованию подлежат выемочные участки и шахтные вентиляционные сети в целом. На выемочных участках регистрируется изменение давления, дебита воздуха и концентрации метана во времени после скачкообразного возмущения, единичного импульса возмущения, серии импульсных возмущений одного знака и импульсных возмущений разных знаков.

Для определения инерционных свойств шахтной вентиляционной сети в целом достаточно установить характер изменения давления и дебита воздуха во времени при скачкообразных возмущениях. Для решения этого вопроса, оценивая специфику аэrogазодинамических процессов и инерционных свойств призабойного пространства, с одной стороны, и специфику аэрогазодинамических процессов и инерционных свойств выработанного пространства, с другой, необходимо получить хотя бы приближенное их описание.

Разработка системы автоматического контроля и управления шахтным вентиляционным комплексом выдвинула на первый план необходимость исследовать динамические свойства шахтной вентиляционной сети, так как знание последних – это знание объекта регулирования и управления.

Для исследования переходных аэродинамических процессов в вентиляционной сети уравнения неустановившегося движения должны учитывать распределенный характер параметров сети, т. е. быть уравнениями в частных производных, учитывать инерционные и упругие свойства воздуха и его утечки, играющие существенную роль в проветривании; кроме того, эти уравнения должны быть тем или иным способом “решаемы”, что очень трудно, так как шахтная вентиляционная сеть – это разветвленная нелинейная многосвязная система и уравнения, полученные для одной выработки, из-за сложности и не исследованности краевых условий не могут быть механически использованы для описания динамики группы разветвленных выработок.

Уравнения должны учитывать инерционные свойства воздушного потока, а также отражать не только факт рассеяния энергии на преодоление аэродинамического сопротивления, но и накопление ее, обусловленное инерционностью и сжимаемостью воздушной среды. Мерой инерционности последней является так называемая акустическая масса La , равная частному от деления произведения плотности и длины на сечение [1]:

$$La = \frac{\rho \cdot l}{S} \quad (1)$$

Коэффициент La связывает изменение расхода воздуха и потерю давления в воздухопроводе при неустановившемся движении в нем.

Инерционность потока неразрывно связана с его сжимаемостью. Упругие

свойства воздушного потока, т. е. его сжимаемость, или податливость, учитываются так называемой акустической гибкостью

$$C_a = \frac{S \cdot l}{\rho \cdot c^2} \quad (2)$$

где c - скорость звука.

Коэффициент C_a связывает изменение давления (депрессии) в выработке с избыточным притоком в нее воздуха при неустановившемся движении.

Натурные эксперименты по исследованию переходных аэрогазодинамических процессов были проведены Национальным горным университетом на шахте "Візейська" государственного предприятия "Львіввугілля".

При скачкообразном изменении сопротивления участкового РРВ добычного участка указанной шахты, на сопряжении лавы с бортовым штреком давление в лаве изменилось на 100 Па (рис.1) и произошло увеличение более чем в 2 раза дебита метана (рис.2), что привело к "всплеску" содержания метана на участке (рис.3).

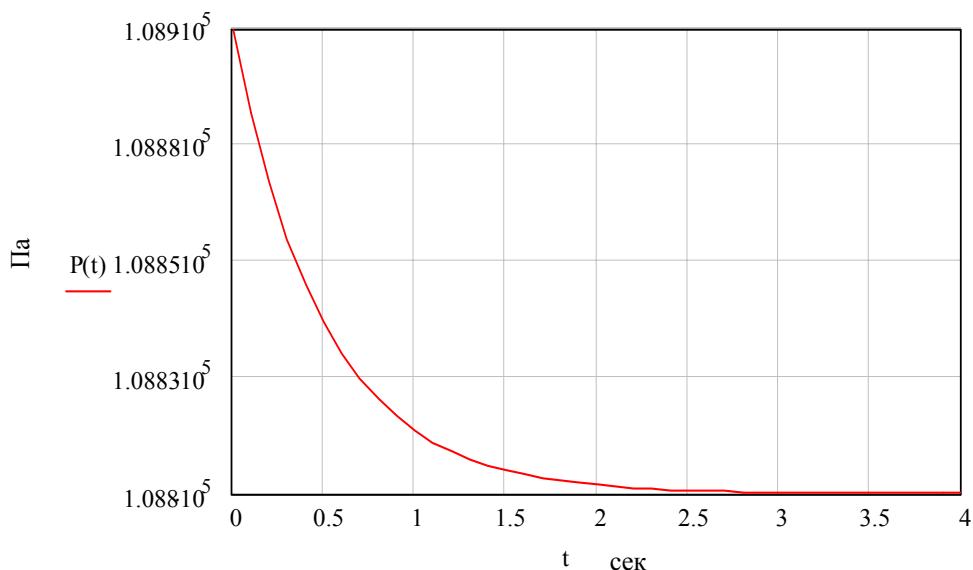


Рис. 1. Переходный процесс по давлению на сопряжении лавы с бортовым штреком шахты "Візейська" ГП "Львіввугілля"

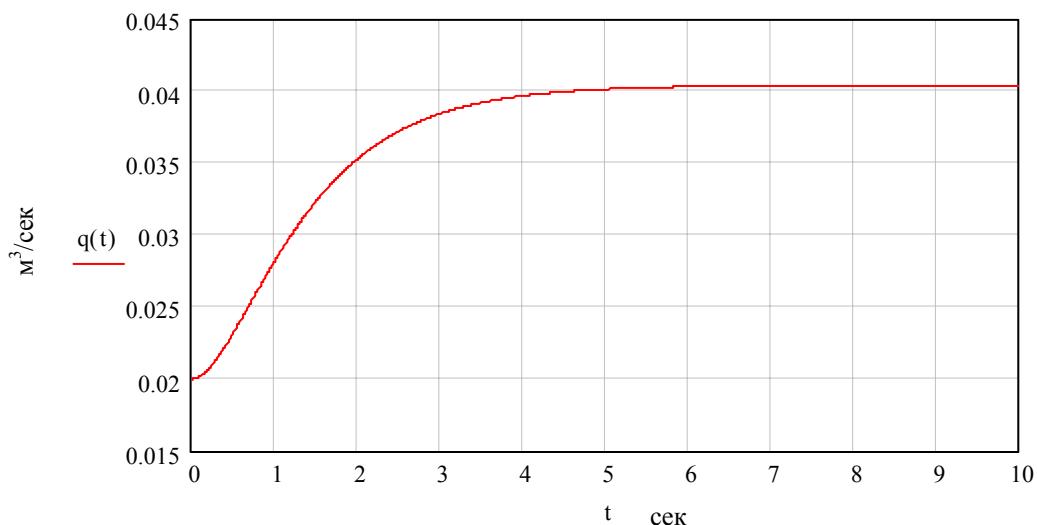


Рис. 2. Переходный процесс по дебиту метана на сопряжении лавы с бортовым штреком шахты "Візейська" ГП "Львіввугілля"

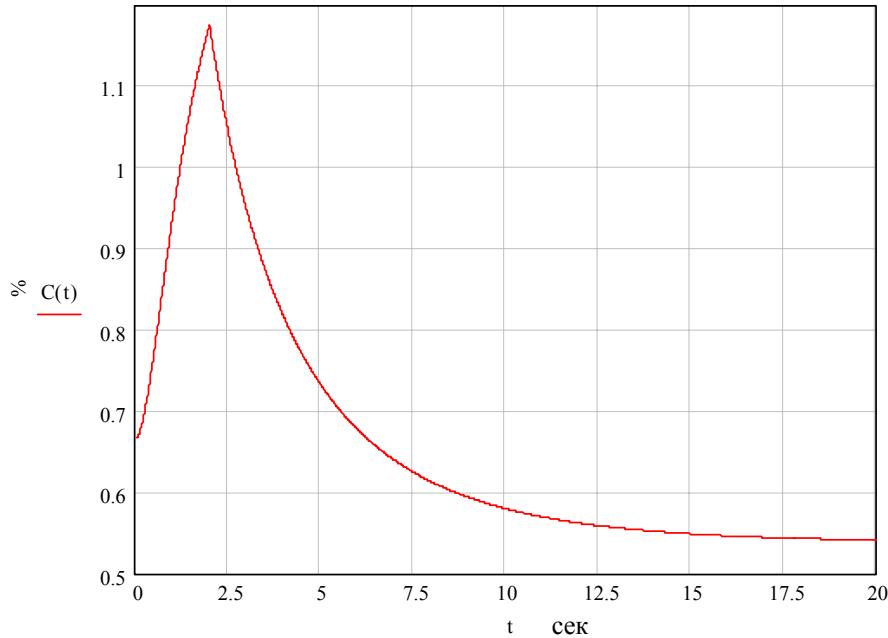


Рисунок 3 - Переходный процесс по содержанию метана на сопряжении лавы с бортовым штреком шахты "Візейська"

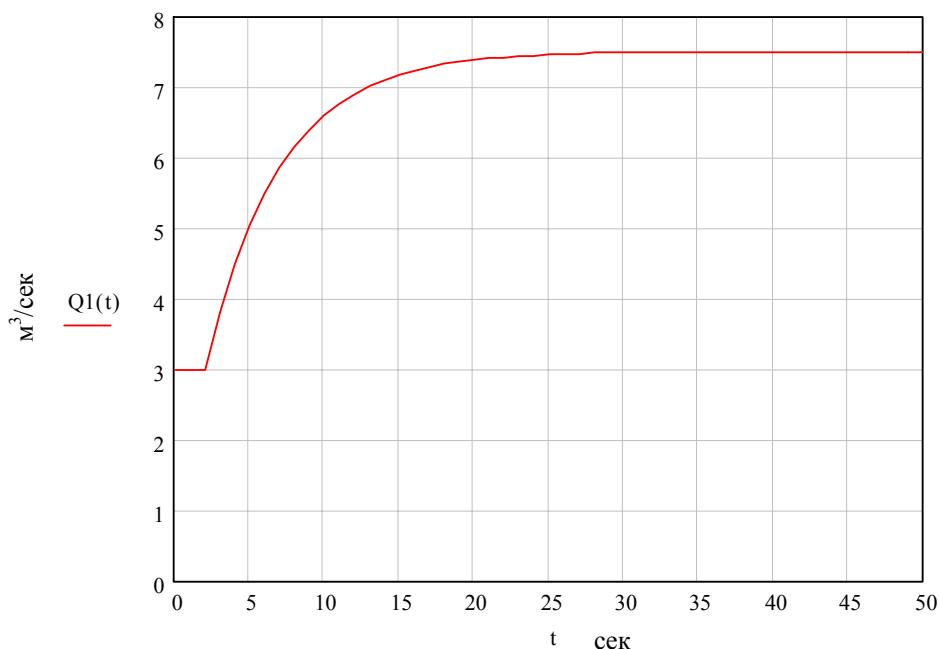


Рис. 4. Переходный процесс по расходу воздуха на сопряжении лавы с бортовым штреком шахты "Візейська" ГП "Львівугілля"

Из анализа результатов натурного эксперимента (рис.4, рис.5) следует, что скорость изменения дебита воздуха в сопряжении лавы с бортовым штреком и на выходе из участка различна. Кривые нарастания дебита воздуха аппроксимируются экспоненциальной зависимостью:

$$Q = Q_0 + \Delta Q \cdot (1 - e^{-\beta t}) \quad (3)$$

где Q_0 - начальный расход воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$; ΔQ - величина изменения дебита воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$; β - коэффициент, определяемый по результатам эксперимента, с^{-1} ; $\beta = 1/T$, где T - постоянная времени переходного процесса, с.

С учетом времени задержки начала переходного процесса t_3 уравнение (3) принимает вид:

$$Q = Q_0 + \Delta Q \cdot (1 - e^{-\beta \cdot (t-t_3) \cdot (1 - sign(t_3 - t))}) \quad (4)$$

Переходный процесс по воздуху при резком изменении сопротивления регулятора расхода воздуха (открывание двери для пропуска транспорта) во время эксперимента на выходе участка и на сопряжении лавы с бортовым штреком описывается экспоненциальными зависимостями:

$$Q_{вых} = 3,0 + 4,5 \cdot (1 - e^{-0,14t}), \quad (5)$$

$$Q_a = 3,0 + 4,5 \cdot (1 - e^{-0,067(t-2) \cdot (1 - sign(2-t))}). \quad (6)$$

Таким образом, переходный процесс по воздуху на участке носит экспоненциальный характер и начинается со сдвигом на промежуток времени, равный длительности переходного процесса по давлению между источником возмущения (исполнительным устройством регулятора расхода воздуха) и точкой определения переходного процесса по воздуху.

Возникновение всплеска концентрации метана в исходящей струе участка связано с активным участием в системе проветривания выработанных пространств, куда газ поступает из близлежащих спутников. Увеличение подачи воздуха на участок сопровождается увеличением дебита утечек, движущихся сквозь выработанное пространство.

Под влиянием возросшей депрессии утечки более интенсивно „промывают” выработанное пространство, в результате чего на вентиляционный штрек выносится дополнительное количество газа, вызывая всплески дебита и концентрации метана.

На параметры всплеска, величину и длительность, по-видимому, влияет и увеличившаяся депрессия, способствующая более интенсивному отсосу метана из выработанного пространства каналов и трещин, по которым он фильтруется из спутников. Следствием резкого увеличения дебита утечек является повышение степени турбулизации струек воздуха внутри выработанного пространства, что приводит к более интенсивному перемешиванию и выносу газа.

Система проветривания выемочного участка, разрабатывающего пласты со спутниками, представляет собой объект, существенный элемент которого - выработанное пространство - имеет случайное строение. Поэтому, получить числовые данные, характеризующие газодинамические свойства участка, необходимые для разработки и настройки конкретной системы управления проветриванием на базе предварительного решения дифференциальных уравнений, крайне сложно, так как точно сформулировать параметры выработанного пространства и его внутренних, "глубинных", процессов очень трудно. С другой стороны, соблюдение правил безопасности (ПБ), ставящих жесткие нормы концентрации метана, диктует необходимость точного прогнозирования газодинамической обстановки на участке, складывающейся в результате различных по величине и форме регулирующих воздействий. Однако необходимость построения схем автоматического управления выемочным участком, когда требуются конкретные числовые данные поведения системы в динамике, заставила

ученых НГУ, работающих в области управления проветриванием шахт, разрабатывать методы исследования, дающие необходимые результаты.

Совершенно очевидно, что при создании принципиальной схемы регулирования любого технологического объекта наиболее правильно было бы исходить из математического описания процесса (в данном случае переходного газодинамического процесса) - уравнений связи между его входными и выходными величинами. Получить такое описание весьма трудно вследствие недостаточной изученности как динамики, так и статики процесса, зависимости его течения от большого числа взаимосвязанных переменных, разнообразия режимов работы, нормальных эксплуатационных возмущений и т. п. В этих условиях решать задачу исследования динамических свойств изучаемого объекта лучше путем экспериментального определения статических и динамических характеристик объекта управления. Эти характеристики являются решениями алгебраических и дифференциальных уравнений для установившихся состояний и

переходных процессов на объекте. Поэтому они эквивалентны математическому описанию процесса и могут быть использованы при изучении динамики и статики объекта.

Определение зависимости дебита метана от давления, расхода воздуха и аэродинамических характеристик исполнительного устройства регулятора расхода воздуха (ИУРРВ) в процессе управления вентиляционным режимом рассмотрим на примере выемочного участка, отрабатывающего длинный столб обратным ходом (рис.5).

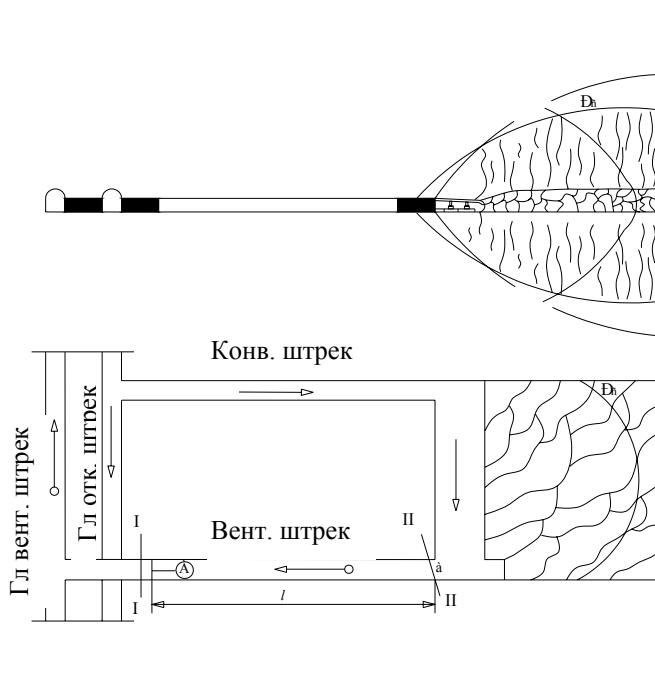


Рис. 5. Технологическая схема управления проветриванием участка

Депрессия вентиляционного штрека между сечениями I-I и II-II при установившихся режимах проветривания расходуется на перемещение воздуха по выработке и преодоления сопротивления регулятора

$$h_{I-II} = P_a - P_A = rlQ_0^2 + h_p, \quad (7)$$

$$h'_{I-II} = P'_a - P'_A = rlQ_1^2 + h'_p, \quad (8)$$

где P_a , P'_a , P_A , P'_A - давление в точке "а" и в точке "A" соответственно до и после открывания регулятора, Па; r - удельное аэродинамическое сопротивление вентиляционного штрека, Па·с²/м⁷; l - расстояние от ИУРРВ до сечения II-II, м; Q_0 , Q_1 - расход воздуха до и после регулирования, м³/с; h_p , h'_p - депрессия на регуляторе до и после регулирования, Па.

Вычитая из (8) уравнение (7), получим величину изменения давления в сечении II-II, вызванную регулированием расхода воздуха

$$-(\Delta P_a - \Delta P_A) = rl(Q_1^2 - Q_0^2) + \Delta h_p. \quad (9)$$

При регулировании расхода воздуха на крыльях вентиляционной сети со значительным разветвлением изменениями депрессий в местах сопряжения участковых штреков с главными можно пренебречь. В этом случае

$$\Delta P_A = 0. \quad (10)$$

С другой стороны, изменение давления в сечении II-II можно определить по параметрам выработанного пространства [4]. Для этого примем, что в выработанном пространстве существует эквипотенциальная поверхность, на которой давление метана не зависит от давления в лаве, т.е. $P_c = const$ и режим движения газа в выработанном пространстве ламинарный, тогда

$$P_c - P_a = r_{en} \cdot q_0, \quad (11)$$

$$P_c - P'_a = r_{en} \cdot q_1, \quad (12)$$

где r_{en} – сопротивление выработанного пространства при ламинарном режиме фильтрации, Па·с/м³; q_0, q_1 – дебит метана до и после регулирования, м³/с.

Вычитая (11) из (12) и продифференцировав по времени, получим скорость изменения дебита метана от изменения давления в сечении II-II

$$\frac{dP}{dt} = r_{en} \frac{dq}{dt} \quad (13)$$

Главной характеристикой регулятора расхода воздуха является пропускная способность ИУРРВ, определяемая из зависимости

$$K_p = \frac{Q}{\sqrt{h_p}}, \quad (14)$$

где Q - расход воздуха через ИУРРВ, м³/с; h - перепад давления на исполнительном органе регулятора, Па, откуда изменение депрессии на ИУРРВ при регулировании

$$\Delta h_p = \frac{1}{K_p^2} (Q_1^2 - Q_0^2), \quad (15)$$

После перехода от приращений к дифференциальному выражению (9) с учетом (14), падения давления на элементе инерционности (1), изменения массы воздуха в самом объеме выработки за счет сжимаемости (2), с учетом граничных условий зависимость изменения давления на добывном участке при регулировании расхода воздуха имеет вид

$$\Delta P_t = \Delta P \left[1 - e^{-\frac{1}{2(r \cdot l + \frac{1}{K_p^2}) Ca \cdot Q + La \cdot Ca} t} \right], \quad (16)$$

Продифференцировав (15) по времени и подставив в (13), с учетом постоянной интегрирования, дебит метана во время регулирования изменяется по зависимости

$$q = q_0 + \frac{\Delta P}{r_{en}} \left[e^{\frac{-1}{2(r \cdot l + \frac{1}{K_p^2})Ca \cdot Q + La \cdot Ca} t} - 1 \right], \quad (17)$$

Для определения значений концентрации метана во время переходного процесса необходимо разделить значение q на текущее значение расхода воздуха

$$C = \frac{100 \cdot q}{Q} = \frac{100}{Q} \left\{ q_0 + \frac{\Delta P}{r_{en}} \left[e^{\frac{-1}{2(r \cdot l + \frac{1}{K_p^2})Ca \cdot Q + La \cdot Ca} t} - 1 \right] \right\}, \% \quad (18)$$

Натурные эксперименты по исследованию переходных аэрогазодинамических процессов при плавном изменении сопротивления исполнительного устройства регулятора расхода воздуха были проведены Национальным горным университетом на шахте "Візейська" государственного предприятия „Львівугілля". Эксперимент проводился на добычном участке указанной шахты, ИУРРВ был установлен на выходе с бортового штрека.

Результаты проверки полученных аналитических зависимостей на натуральном объекте подтвердили их достоверность, сходимость расчетных параметров аэрогазодинамических процессов на добычном участке при регулировании расхода воздуха с результатами натурного эксперимента.

Таким образом, теоретические исследования, приведенные в данной работе позволяют аналитически описать переходных аэродинамических процессов на выемочном участке угольной шахты с учетом падения давления на элементе инерционности, изменения массы воздуха в самом объеме выработки за счет сжимаемости при изменении расхода воздуха, протекающего через данный участок.

Аналитическое описание переходных газодинамических процессов с учетом пропускной способности исполнительного устройства регулятора расхода воздуха, позволяет прогнозировать величину "всплеска" концентрации метана и по результатам натурного эксперимента определять качественные характеристики проветривания при регулировании расхода воздуха на выемочном участке угольной шахты.

Использование результатов данной работы при создании систем управления проветриванием добычных участков позволит улучшить условия труда горнорабочих и повысить его безопасность.

Литература

1. Абрамов Ф.А., Бойко В.А. Автоматизация проветривания шахт. – Киев: "Наукова думка", 1967. – 310 с.
2. Правила безпеки у вугільних шахтах: Затв. Наказом Державного комітету України з надгляду за охороною праці 16.11.04 №257 / Київ, 2005. -398 с.
3. Клебанов Ф.С. Воздух в шахте. – Москва, 1995. – 600 с.
4. Евстратенко И.А. Моделирование газодинамических явлений в обрушенных пространствах после массовых взрывов. Сборник научных трудов НГУ №19, Том 3 – Днепропетровск: Наука и образование, 2004. – 284 с.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Кременчуцким Н.Ф.
Поступила в редакцию 20.09.06*

РАЦИОНАЛЬНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ В ЛАВАХ ГЛУБОКИХ ШАХТ

Предложен новый энергосберегающий способ кондиционирования воздуха в лавах глубоких шахт без применения холодильных машин, отличающийся тем, что осуществляют разделение воздуха в воздухоподающей выработке на горячий и холодный потоки с помощью вихревой трубы, а в дальнейшем преобразуют тепловую энергию в электрическую.

Запропоновано новий енергозберігаючий спосіб кондиціонування повітря без застосування холодильних машин в лавах глибоких шахт, який відрізняється тим, що здійснюють розілення повітря у повітряподаючій виробці на горячий і холодний потоки за допомогою вихрової труби, а далі перетворюють теплову енергію в електричну.

It is supposed the new energy storing method of conditioning of air in lavas of deep mines without application of refrigeration machines, which is different by streams in a pipe in the whirlwind form carry out the division of air in ear the plain working on hot and cold passages, and in future thermal energy will be transformed in electric one.

Вступление. Общеизвестно, что как чрезмерно высокие (на глубоких горизонтах), так и слишком низкие (в выработках околосвольного двора) температуры шахтного воздуха создают серьезную угрозу подземным рабочим, снижают производительность труда, оказывают существенное влияние на технологию горных работ, их безопасность и экономическую эффективность. В настоящее время все большее значение приобретает рациональное регулирование теплово-го режима глубоких шахт в различных условиях. Эта проблема давно уже стала быть новой. В Украине и за рубежом ей посвящена достаточно обширная литература. К сожалению, опубликованные работы касаются либо отдельных сторон проблемы, либо определенных типов горных предприятий, главным образом, глубоких угольных шахт Донбасса. Основные трудности добычи угля в Донбассе обусловлены увеличением глубины ведения горных работ, - средняя глубина шахт Украины уже сейчас составляет 720 метров, 26 шахт ведут горные работы на глубине свыше 1000 метров, а 4 шахты превысили отметку 1400 м [1-3]. Температура шахтного воздуха в очистных и подготовительных забоях на достигнутых глубинах составляет 27-30°C, а в отдельных выработках достигает 36°C и более при относительной влажности 85-100%. В развитии действующих глубоких шахт в Донецком регионе актуальной неотложной в решении задачей является нормализация температурных условий в рабочих забоях. На глубоких шахтах только Донецкой области за период с 1990 по 2004 г зарегистрировано 357 тепловых ударов [2]. Следовательно, эффективная и стабильная работа угольных предприятий невозможна без улучшения температурных условий в глубоких угольных шахтах Донбасса.

Существующие традиционные способы и средства регулирования теплово-го режима глубоких угольных шахт являются энергоемкими, а без охлаждения воздуха строительство новых и эксплуатация действующих глубоких угольных

шахт в Донбассе невозможно, поэтому необходимы научно-обоснованные методы, направленные на всевозможное уменьшение затрат энергии в таких системах. Таким образом, создание менее энергоемких систем кондиционирования глубоких шахт является актуальной задачей сегодняшнего дня. Возникший тепловой барьер заставляет определиться с альтернативами: либо прекратить горные работы на больших глубинах, либо разработать принципиально новые энергосберегающие способы и средства регулирования тепловых условий труда на рабочих местах.

Целью настоящей работы является разработка нового энергосберегающего способа кондиционирования шахтного воздуха без применения холодильных машин и энергоустановки для его реализации с использованием геотермальной энергии.

Поставленная задача решается тем, что в предложенном способе кондиционирования рудничного воздуха, который включает охлаждение воздуха в воздухоподающей выработке и отвод теплого воздуха за пределы добычного участка, разделяют воздух в воздухоподающей выработке на горячий и холодный потоки с помощью вихревой трубы. Поток горячего воздуха отводят через каналы в выработанном пространстве, которые соединяют воздухоподающую и воздухоотводящую выработки, потом направляют горячий воздух в устройство для преобразования тепловой энергии в электрическую.

Указанные признаки составляют сущность предлагаемого способа, так как являются необходимыми для достижения технического результата. Предполагается операция быстрого охлаждения воздуха с помощью вихревой трубы с компрессором, в которой разделяют поток воздуха на холодный и горячий. Холодный поток направляется на охлаждение воздуха в очистной выработке (лаве), а поток горячего воздуха поступает в каналы, пройденные в выработанном пространстве. Там он дополнительно нагревается за счет геотермальной энергии и поступает в устройство для преобразования тепловой энергии в электрическую. Этим, с нашей точки зрения, обеспечивается меньшая энергоемкость процесса охлаждения шахтного воздуха.

Причинно-следственная связь признаков, которые составляют суть технического результата, достигается и объясняется следующим образом. Образование каналов в выработанном пространстве позволяет охватить значительно большую часть горного массива для съема (отвода) теплоты от поверхности горного массива, чем в известных существующих способах. Это обеспечивает возможность получить значительно большую геотермальную энергию, которую целесообразно использовать для работы энергопреобразующего устройства, получить дополнительную электрическую энергию для питания компрессора и действия вихревой трубы. Эта дополнительная энергия обеспечивает получение технического, экологического и экономического эффекта.

Сущность предлагаемого нами энергосберегающего способа кондиционирования шахтного воздуха поясняется на конкретном примере его реализации (рис.1).

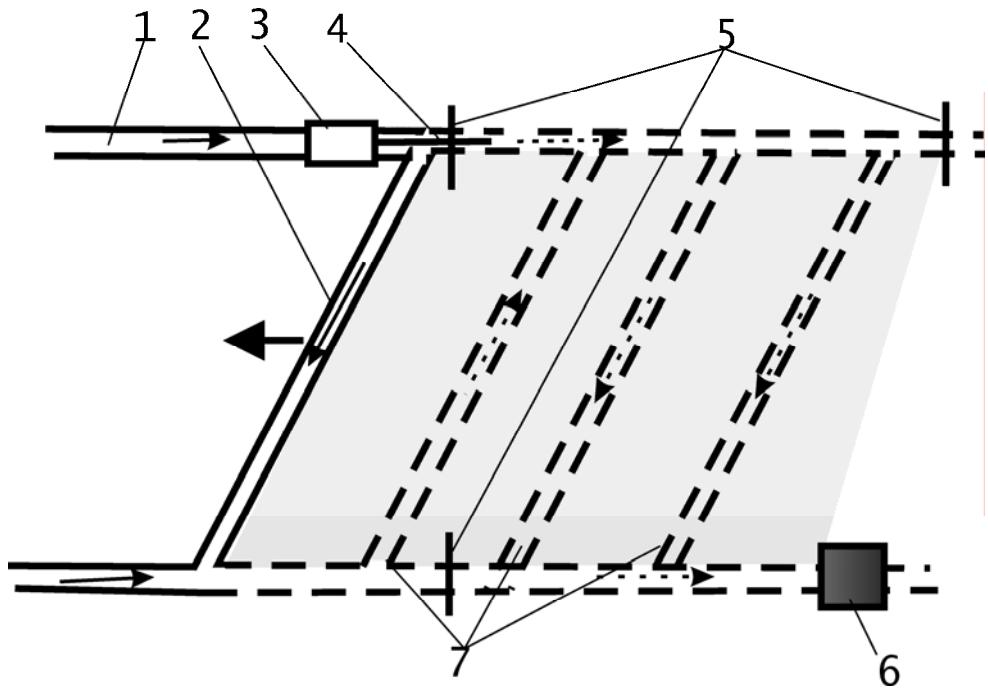


Рис.1. Схема реализации предлагаемого способа кондиционирования воздуха в лаве: 1 – воздухоподающая выработка; 2 - очистная выработка; 3 - вихревая труба с компрессором; 4 - трубопровод теплого воздуха; 5 - вентиляционная перемычка; 6 - устройство для преобразования тепловой энергии в электрическую; 7 - каналы, пройденные в выработанном пространстве;

Способ кондиционирования шахтного воздуха реализуется таким образом. При отработке угольного пласта на глубине 1500 м температура горного массива будет составлять около 50°C . Это создает проблему с обеспечением благоприятных (комфортных) температурных условий на рабочих местах в очистном забое 2. Воздух из выработки 1 подается в вихревую трубу с компрессором 3, где происходит разделение его на холодный поток, с температурой около 15°C , и горячий, с температурой более 30°C . Поток холодного воздуха подается в очистную выработку (лаву) 2. Поток горячего воздуха по теплоизолированному трубопроводу 4 подается за вентиляционную изолирующую перемычку 5, отделяющую выработанное пространство от действующих выработок. В выработанное пространство поступает также шахтный воздух после проветривания очистной выработки 2. В выработанном пространстве созданы каналы 7, представляющие собой пройденные комбайновым способом выработки квадратного поперечного сечения с размерами 2×2 м. Направление движения воздуха в каналах регулируется установкой вентиляционных перемычек 7. Совокупность расположенных в выработанном пространстве выработок 2, каналов 7 и перемычек 5 представляет *геотеплообменник*, в котором происходит получение теплоты из недр теплоагентом, в роли которого выступает воздух, движущийся по выработкам. При движении по каналам 7 шахтный воздух дополнительно нагревается до температуры окружающих горных пород, составляющей около 50°C , и приобретает дополнительную *геотермальную энергию*. Из каналов 7 шахтный воздух поступает в устройство 6 для прямого преобразования тепло-

вой энергии в электрическую. Полученная в устройстве 6 электроэнергия используется для работы компрессора 3 и на другие цели. После отработки запасов выемочного участка *геотеплообменник* и устройство 6 продолжают работать в режиме экологически безопасного генератора, который не дает вредных выбросов электрической энергии.

Физическая сущность предложенного способа улучшения температурных условий в лавах глубоких шахт состоит в использовании теплоты породного массива для обеспечения менее энергоемкого процесса кондиционирования шахтного воздуха. Из воздухоподающей выработки, используя вихревой эффект получаем охлажденный воздух и подаем на рабочие места, а горячему воздуху сообщаем дополнительную энергию, подогревая его теплотой недр. Используя в качестве теплоагента шахтный воздух, направляем эту теплоту в энергопреобразующее устройство. В этом устройстве тепловая энергия превращается в электрическую, при этом температура воздуха снижается за счет фазовых преобразований теплоносителя, который и определяет достижение полезного технического эффекта.

Выводы.

1. За счет использования геотермальной энергии для нагревания (охлаждения) шахтного воздуха существенным образом уменьшаются затраты невозобновляемых топливно-энергетических ресурсов, таких как природный газ или уголь, которые обеспечивают экологический эффект от использования предлагаемого способа. При этом, за счет снижения затрат топлива, существенным образом уменьшается себестоимость кондиционирования шахтного воздуха.

2. Внедрение предлагаемого способа на глубоких шахтах Донбасса позволит снизить производственный травматизм и профзаболевания, повысить работоспособность и производительность труда горнорабочих, получить значительный экономический эффект.

3. Эффективность регулирования температурного режима и повышение безопасности труда горнорабочих в лавах глубоких горизонтов угольных шахт достигается без применения на выемочных участках холодильных машин, эксплуатация которых в подземных условиях крайне затруднена и связана с большими затратами.

Литература

1. Бойко В.А., Бойко О.А. Оценка теплового потенциала горного массива глубокой шахты Донбасса и возможностей типовой схемы нормализации условий труда// Сб. науч. тр./ НГУ.- 2003. - №16. – С. 113–123.
2. Малеев Н.В. О приоритетных направлениях Государственного надзора и научных исследований по проблемам горной безопасности в угольных шахтах Донецкого региона. Сб. научн. тр. Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. Макеевка-Донбасс, 2005. - С.48-52.
3. Алексеенко С.А., Долинский В.А., Муравейник В.И., Бутырин А.Г. Альтернативная энергосберегающая система кондиционирования воздуха для глубоких шахт. //Сборник научных трудов НГУ № 19, Т.3, Днепропетровск: РИК НГУ, 2004.– С. 56–65.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Голинько В.И.
Поступила в редакцию 07.09.06*

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ПЫЛЕГАЗОПОДАВЛЕНИЯ ПРИ МАССОВЫХ ВЗРЫВАХ В КАРЬЕРАХ

Разработан метод технико-экономической оценки эффективности способов и средств пылегазоподавления при массовых взрывах в карьерах, учитывающий массу уловленных загрязняющих веществ, затраты на их улавливание и экономический ущерб, наносимый выбросами окружающей среде.

Розроблено метод техніко-економічної оцінки ефективності способів та засобів пилогазоподавлення при масових вибухах у кар'єрах, який враховує масу вловлених забруднюючих речовин, витрати на їх вловлювання і економічний збиток, який наносять викиди навколошньому середовищу.

Elaboration the method technique and economic evaluate effective means all possible means dust and gas presses explosions in the quarry for the protection environment.

Массовые взрывы в карьерах являются интенсивным источником выделения пыли и вредных газов в атмосферу. При этом, вредные выбросы загрязняют атмосферу самих карьеров и окружающих территорий, что создает неблагоприятные санитарно-гигиенические условия труда горнорабочих и условия проживания населения. В связи с этим, решение проблемы борьбы с пылегазовыми выбросами при массовых взрывах в карьерах является важной и актуальной задачей.

Решение этой проблемы связано с выполнением работ в рамках Национальной программы улучшения состояния безопасности, гигиены труда и производственной среды на 2001-2005 г.г.

Разработанные до настоящего времени способы нейтрализации вредных выбросов при массовых взрывах основаны на борьбе с выбросами, которые уже выделились в атмосферу, а также те, которые направлены на предупреждение их выделения после взрывов. Согласно первому способу пылегазовое облако орошается водой или водными растворами пылевсвязывающих реагентов, второй способ включает использование внутренней, в скважинах, и внешней, между скважинами, гидрозабойки, которые представляют собой полиэтиленовые рукава, наполненные водой, а также внутреннюю и внешнюю в виде защитного экрана твердую увлажненную забойку.

Фактически определение эффективности любого способа пылегазоподавления состоит в оценке его результатов, включающих показатели снижения объемов вредных выбросов. Однако сами по себе эти результаты не позволяют сделать вывод об эффективности или неэффективности способа с экономической точки зрения, поскольку неизвестно какой ценой получены эти результаты. Поэтому для получения объективной оценки способа необходим учет затрат, которые позволили получить те или иные результаты, т.е. оценить способ, как производственно-экономическую систему. На экономическую составляющую способа значительно влияет рациональная организация и управление производством работ по его реализации.

Следует обратить внимание на то, что экономические понятия – расходы на пылеподавление и экономические убытки не идентичны. Первое характеризует затраты на пылегазоподавление, вторая эффективность их использования. Отождествление этих понятий нецелесообразно, так как вложение определенных денежных средств в природоохранное мероприятие может не вызвать адекватного снижения экономического ущерба [1]. Установить такую зависимость весьма сложно, так как результаты и затраты могут отличаться на несколько порядков. Очень часто за счет незначительных затрат на ликвидацию предотвращения выделения вредных выбросов можно предотвратить экономический ущерб, который на порядок превышает величину этих затрат. Хотя бывает и наоборот – большие вложения в очистку выбросов практически не снижают уровень загрязнения. Это означает, что экологический потенциал технологии достиг уровня своей эффективности. Поэтому необходимо не усиливать очистку выбросов, а изменять технологию её осуществления.

Исходя из этого, при обработке блока требуются другие критерии определения эффективности способа. При этом процесс обработки носит ограниченный во времени характер. Поэтому необходимо рационально организовать работу по реализации способа с оптимальными экономическими затратами.

Целью работы является разработка метода технико-экономической оценки эффективности способов и средств борьбы с пылью и вредными газами при массовых взрывах в карьерах с учетом технико-экономических затрат на их реализацию, на основе экономико-математического моделирования процессов пылегазоподавления.

Основные задачи, которые решались в работе следующие:

- определить критерии оптимальности способов пылегазоподавления при массовых взрывах;
- разработать экономико-математическую модель процессов пылегазоподавления при массовых взрывах в карьерах;
- определить эффективность (продуктивность) способов пылегазоподавления, как производственно-экономической системы.

Рассмотрим эффективность, как экономическую категорию способов и средств пылегазоподавления при массовых взрывах в карьерах.

Общая методология определения эффективности (продуктивности) способа пылегазоподавления, как с экономической, так и с технической точек зрения может быть formalизован таким соотношением [2]:

$$F = E / C$$

где F – эффективность (продуктивность) способа; E – эффект (результат); C – экономические затраты (ресурсы).

Что касается числителя формулы эффективности, то здесь примем массу уловленных вредных веществ (Мв.в.), выраженной в тоннах.

Рассмотрим основные признаки классификации эффективности и ее виды относительно этих признаков. За последствиями полученных результатов можно выделить три вида эффективности: экономическую, социальную, социально-экономическую.

Экономический эффект отображает различные стоимостные показатели, характеризующие промежуточные и конечные результаты производства. Формами проявления экономической эффективности являются различные экономические эффекты: повышение производительности труда; снижение себестоимости продукции; увеличение прибыли; снижение материалоемкости, фондоемкости, трудоемкости и т.п.

Формы проявления социальной эффективности связаны с получением социальных эффектов: улучшение условий труда, улучшение экологических параметров и др.

Формы проявления социально-экономической эффективности обусловлены попытками получить максимально экономический эффект при заданных параметрах социального характера.

В соответствии с поставленными задачами определим критерии оптимальности способов как производственно-экономической системы.

Критерием оптимальности способа принимается максимум уловленных вредных веществ ($M_{в.в.}$) с обязательным учётом экономических затрат на осуществление процесса улавливания.

Исходя из этого, критерий оптимальности может быть представлен выражением:

$$M_{в.в.} \rightarrow \max$$

При условии: количество заправочных пунктов – $K_3 = 1$; скорость движения поливочной машины в груженом и порожнем состоянии - $V_{гр} = \text{const}$; $V_p = \text{const}$; производительность насоса на заправочном пункте $D_3 = \text{const}$; производительность насоса поливочной машины $D_v = \text{const}$.

Критерий оптимальности способа в совокупности с постоянными и переменными параметрами представляет собой целевую функцию.

Оптимальное значение целевой функции будет находиться в области, ограниченной следующими условиями:

1. При $M_{в.в.} \rightarrow \max$ и $C \rightarrow \min$ или $C = \text{const}$

$$M_{в.в.опт} = M_{в.в.} \max$$

2. При $M_{в.в.} \rightarrow \max$ и $C \rightarrow \max$

За оптимальное следует принять такое значение $M_{в.в.}$, при котором соблюдается условие:

$$C \leq Y_{ЭК}$$

где $Y_{ЭК}$ – экономический ущерб, наносимый вредными выбросами окружающей среде, грн/т.

Второе условие, с учётом последнего его выражения, определяет социально-экономическую эффективность способа как производственно-экономической системы.

Нами предложены экономико-математическая модель процессов пылегазоподавления при массовых взрывах в карьерах представлена в виде блок-схемы алгоритма расчета технико-экономической эффективности (продуктивности) способов (рис.1).

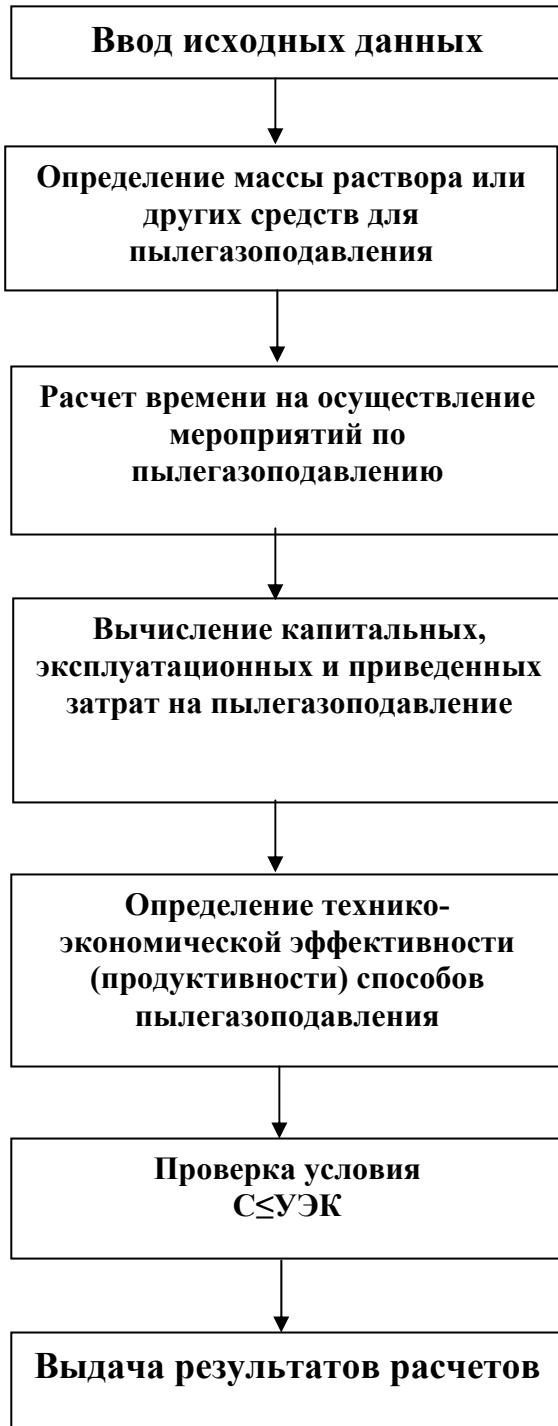


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчета технико-экономической эффективности (продуктивности) способов и средств пылегазоподавления при массовых взрывах в карьерах

Алгоритм расчета включает:

1. Время заправки машин раствором на заправочном пункте:

$$T_3 = T_{ож.} + V_m / D_v,$$

где $T_{ож.}$ – время ожидания процесса заправки, с; V_m – вместимость машин, л; D_v – производительность насоса заправочного пункта, л/с.

2. Время работы машин при обработке блока за один рейс, с:

$$T_p = T_3 + T_{об.} + L / V_{гр} + L / V_p,$$

где $T_{об.}$ – время обработки блока, с; L – расстояние от пункта заправки до блока, м.

3. Время обработки блока за один рейс, с:

$$T_{об.} = (G/Dv) \cdot N + (T_{пр.} \cdot N),$$

где G – расход раствора на обработку одной скважины и поверхности блока примыкающий к ней, л; Dv – производительность насоса поливочной машины, л/с; N – количество скважин на блоке, шт.; $T_{пр.}$ – время передвижения машин между скважинами, с.

4. Масса раствора, необходимого для обработки всего блока, л:

$$Q = G \cdot N,$$

5. Масса раствора, который расходуется на обработку блока за один рейс поливочной машины, л:

$$Q_m = V_m / G,$$

где V_m – вместимость поливочной машины, л.

6. Количество циклов (рейсов) поливочных машин, необходимых для обработки всего блока, шт.:

$$K_{цик.} = Q / Q_m,$$

7. Общее время на обработку блока, с:

$$T_{общ.} = T_p \cdot K_{цик.},$$

8. Капитальные затраты по машинам, грн.:

$$K_{з.м} = 0,15 \cdot \bar{C}_m \cdot K_m,$$

где 0,15 – коэффициент окупаемости капитальных вложений, \bar{C}_m – стоимость машин, грн.; K_m – коэффициент использования машины при обработке блока, принимается равным - 0,07 ÷ 0,1.

9. Эксплуатационные затраты по машинам, грн./ч:

- затраты по зарплате водителей, грн./ч:

$$P_{з.в.} = (З_в + И_з) T \cdot K_p,$$

где $З_в$ – зарплата водителей, грн./ч; $И_з$ - затраты на износ малоценных предметов и спецодежды, грн./ч; T – продолжительность рейса, с; K_p – количество рейсов, шт.

- затраты по эксплуатации машин, грн./ч:

$$З_{э.м.} = А_м + SH + Zz + Dt + Зc + Зр + Зиз. + Дз,$$

где A_m – затраты на амортизацию машин; SH – затраты на шины; Zz – затраты на запчасти; Dt – затраты на дизтопливо; $Зc$ – затраты на смазочные и обтирочные материалы; $Зр$ – затраты на зарплату ремонтному персоналу; $Зиз.$ – затраты на износ малоценных предметов и спецодежды; $Дз$ – другие затраты.

10. Эксплуатационные затраты рассчитываются по выражению:

$$\bar{Э}_з = P_{з.в.} + З_{э.м.} + З_{сп.},$$

где $З_{сп.}$ – затраты на пылегазоподавляющие растворы, грн.

Предложенные выше зависимости были использованы для разработки метода определения технико-экономической эффективности (продуктивности) способов и средств пылегазоподавления при массовых взрывах в карьерах. В

общем виде метод включает определение следующих производственно-экономических показателей:

1. Общие экономические затраты, грн.:

$$Зобщ. = Кз.м + Эз,$$

2. Эффективность (продуктивность) способа:

$$F = Mв.в. / Зобщ.,$$

3. Экономический эффект от предотвращенного экономического ущерба, грн.:

$$Эп.ущ. = Уэк. \cdot Mв.в.,$$

4. Полный экономический эффект от предотвращенного экологического ущерба, грн.:

$$Пэф. = Эп.ущ. - Зобщ.$$

В качестве примера в табл. 1 приведены результаты расчетов технико-экономической эффективности 2-х способов пылеподавления для условий карьера Кривбасса (1- внешняя гидрозабойка; 2- внутренняя гидрозабойка).

Таблица 1

Технико-экономические показатели некоторых способов и средств пылегазоподавления при массовых взрывах в пересчете на одну скважину

Способы и средства пылегазоподавления и их эффективность, %	Общие экономические затраты, грн.	Масса уловленной пыли, т	Эффективность (продуктивность) способов и средств, т(пыли)/грн	Экономический эффект от предотвращенного экологического ущерба, грн.	Полный экономический эффект от предотвращенного ущерба, грн.
Внешняя гидрозабойка (20%)	42,39	0,036	0,00084	38,2	-4,19
Комбинированная (внутренняя и внешняя) гидрозабойка (55%)	84,79	0,10	0,0012	106,0	21,21

Расчеты проводились с учетом экологического ущерба от одной тонны выбросов пыли составляющим 210 долларов США, согласно источника [1]. При курсе НБУ 1 дол. США = 5,05 грн. этот ущерб в национальной валюте составит 1061,0 грн.

Как видно из результатов расчета, второй способ с комбинированной гидрозабойкой более эффективный (продуктивный). Применение этого способа позволяет получить больший экономический эффект по критерию предотвращенного экологического ущерба по сравнению с первым способом, где используется внешняя гидрозабойка.

Выводы

Разработан новый метод технико-экономической оценки способов и средств пылегазоподавления при массовых взрывах в карьерах.

Разработанный метод позволяет определить более оптимальный способ борьбы с вредными выбросами по критерию минимума затрат на его реализацию и максимального экономического эффекта по критерию предотвращенного экономического ущерба.

Дальнейшие исследования и апробация разработанного метода должны быть проведены на ряде других способов, в частности на способе, включающем подавление уже выделившихся в атмосферу после взрыва вредных примесей.

Литература

1. Мельник Л.Г. Екологічна економіка: Підручник. – Суми: ВТД „Університетська книга”, 2003. – 348 с.
2. Економіка підприємства / Під. ред. Шегеди А.В. – Київ, Знання – Пресс, 2002. – 335 с.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Зберовским А.В.
Поступила в редакцию 22.09.06*

УДК 504.064:504.062.2

© А.І. Горова, А.В.Павличенко, Н.В.Ульянова

ДО ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ ЕКОБЕЗПЕКИ ВІДХОДІВ ВУГЛЕДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Рассмотрены основные направления обращения и утилизации отходов угольной промышленности. Предложены цитогенетические методы биоиндикации для оценки токсико-мутагенной активности углеотходов с целью определения уровня их опасности для биоты и других объектов окружающей среды.

Розглянуті основні напрямки поводження та утилізації відходів вугільної промисловості. Запропоновані цитогенетичні методи біоіндикації для оцінки токсико-мутагенної активності вуглевідходів з метою визначення рівня їх небезпечності для біоти й інших об'єктів навколошнього середовища.

The basic directions of the manipulation and recycling of coal wastes are considered. The cytogenetic methods of bioindication for estimation of toxic and mutagen activity of coal wastes with the purpose of definition of a level of their dangerous for biocomponents and other objects of an environment are offered.

Вугільнодобувна промисловість є однією з найбільш потужних чинників антропогенного перетворення природного навколошнього середовища. Щорічно тисячі підприємств у світі перероблюють більш ніж 35 млрд. м³ гірничорудної маси з дуже низьким коефіцієнтом корисної дії, бо на 1 т вугілля при відкритому видобутку утворюється до 3-5 т вскирішних порід, при підземному – до 0,2-0,3 т шахтних. Але сучасні технології дозволяють використовувати лише невелику частку видобувної маси породи, а все інше накопичується в вигляді відходів, які розсіюються природними міграційними процесами й є джерелами забруднення природного середовища не тільки в промислових районах, але й у всій Україні через те, що повсюдно використовуються в господарській діяльності. У результаті більш ніж столітнього інтенсивного розвитку вуглевидобувної

промисловості на території України сформувалося 1063 породних відвалів (основна частка – в Донецькій області), які займають площу 7188 га, і в яких зберігається біля 1,7 млрд. м³ породи.

Основними напрямками відновлення териконових ландшафтів є рекультивація породних відвалів і їх утилізація. На сьогоднішній день рекультиваційні заходи здебільшого виконуються без економічного й екологічного обґрунтування використовуючих інженерно-технічних методів, що призводить до низької їх ефективності з великими капітальними витратами. Не дивлячись на те, що щорічні обсяги утилізації вуглевидобувної промисловості збільшуються, загалом утилізується не більше третини їх загальної кількості. При цьому частка вторинної сировини в загальному споживанні ресурсів в Україні не досягає і 20%. Основною причиною такого положення є не достатній рівень вивченості хімічного складу відвальної породи на предмет наявності в відвалах вугільних шахт запасів кольорових і рідкісноземельних металів, об'єми яких можуть дорівнювати об'ємам природних родовищ корисних копалин, видобуток яких для України буде економічно вигідним, так як на сучасному етапі більшість з мінеральних ресурсів вже майже вичерпані. Наприклад, традиційний глинозем і алюміній отримують з бокситів з вмістом Al_2O_3 більш ніж 26-28 %, у той час, як техногенні родовища Донбасу вміщують 20,2-28 % Al_2O_3 . Крім того, деякі породні відвали вміщують у великий кількості Fe_2O_3 (до 7,3%), рідкісноземельні метали, які перевищують кларкові значення, а саме: *Bi* (у 190 раз), *Sn* (у 2 рази), *As* (у 2-9 раз), *Ge* (у 1,5-1,7 рази), *Ga* і *Sc* (у 1,2 рази) і т.д [1].

Складна ситуація в сфері поводження з промисловими відходами (у тому числі вуглевидобутку) обумовлена відсутністю адекватної методики визначення класу їх небезпечності. Зараз в Україні існує два методи визначення класу небезпечності відходів: експериментальний за ГОСТ 12.0.007-76 і розрахунковий, згідно ДСанПіН 2.2.7.029-99. Але ці методики не завжди дозволяють об'єктивно оцінити ступень впливу відходів на природні об'єкти, тому що не завжди точно відомий склад відходів і не для всіх складових компонентів встановлені ГДК, не враховується чинник зміни складу відходів за часом, а експериментальний метод на тваринах є не гуманним, високо коштовним і трудомістким. Тому останнім часом виникла необхідність пошуку альтернативних методів визначення ступеня шкідливості відходів для навколошнє середовище та біоти. У зв'язку з цим сьогодні все більше уваги надається біологічним дослідженням, які дозволяють визначити інтегральну токсикологічну, мутагенну, тератогенну характеристику промислових відходів і об'єктів природного середовища незалежно від складу забруднюючих речовин. А низька собівартість цих методів у порівнянні з аналітичними методами, дозволяє охопити великі об'єми різноманітних багатокомпонентних техногенних утворень.

При дослідженнях біологічної дії різних полютантів (у тому числі відходів промисловості) на об'єкти навколошнього середовища та біоту використовують велике число різноманітних тест-об'єктів — від бактерій до ссавців [2]. Найпоширенішими є методики біотестування з використуванням рака *Daphnia magna*, інфузорії *Paramecium caudatum* і мушки *Drosophila melanogaster* для визначення токсичності відходів промисловості [3]. Але останнім часом найбіль-

шої популярності здобувають цитогенетичні методи оцінки не тільки токсичності, а й мутагенності промислових відходів і інших об'єктів навколошнього середовища за допомогою класичного *Allium*-тесту, який базується на вивчені міtotичної активності та частоти утворення хромосомних аберацій у клітинах меристематичних первинних корінців *Allium cepa L.* [4].

Таким чином, метою досліджень є обґрунтування можливості використання цитогенетичних методів для визначення ступеня шкідливості вуглевідходів на навколошнє середовище, біоту та здоров'я населення, котрі допоможуть визначити шляхи їх подальшого раціонального використання в народному господарстві.

Використовуючи цитогенетичні методи „Інтенсивність клітинного поділу” і „Аберантність хромосом” на території Донецької області була проведена оцінка деяких техногенних родовищ вугільної промисловості та ґрунтів на прилеглих територіях. У якості об'єктів досліджень були відібрані складні проби зразків породи відвалу ліквідованої шахти „Селідовська” і ґрунтів на території санітарно-захисної зони терикону шахти ім. Коротченко. Результати цитогенетичних досліджень токсико-мутагенної активності вуглевідходів і ґрунтів досліджені території приведені в табл. 1.

Таблиця 1
Оцінка токсичності та мутагенності породного відвалу та прилеглих ґрунтів за тестами „Інтенсивність клітинного поділу” і „Аберантність хромосом” (результати представлені в натуральних одиницях вимірювання й умовних показниках ушкодженості, розрахованих згідно методології [4])

№ проби	Токсичність		Мутагенність				ІУПУ _{мут}	
	Міtotичний індекс		Частота хромосомних аберацій		Частота аберантних ана- і телофаз			
	%	УПУ ₁	%	УПУ ₂	%	УПУ ₃		
1	118,4±9,54	0,240	14,4±1,54	0,689	12,5±2,34	0,583	0,636	
2	121,3±9,53	0,207	9,71±1,27	0,428	10,0±2,12	0,444	0,436	
3	123,25±10,0	0,186	8,32±1,24	0,351	8,37±1,94	0,354	0,353	
4	130,5±10,2	0,106	7,48±1,12	0,305	6,97±1,8	0,276	0,290	
5	120,5±10,8	0,217	10,17±1,4	0,454	9,95±2,11	0,442	0,448	
6	131,25±10,5	0,097	7,81±1,17	0,323	6,07±1,6	0,226	0,274	
7	115,0±9,88	0,278	14,78±1,65	0,710	13,93±2,44	0,663	0,686	
8	64,3±8,8	0,841	14,0±2,5	0,666	16,5±4,2	0,803	0,735	
9	59,6±8,5	0,893	13,4±2,6	0,634	16,2±4,5	0,788	0,711	
Контроль	135,00±12,5		2,5±0,47		2,5±0,49			

Примітка: I. Відвал шахти „Селідовська”: 1- підніжжя, 2 - нижні схили, 3- поверхня (оголені місця з відсутнім рослинним покривом), 4 - верхні схили, відкоси, 5 - пагорби не спланованої породи на площині складування, 6 - вершина, 7 - бурти не спланованої породи; II. Зразки ґрунтів з території шахти ім. Коротченко: 8 – на відстані 5-10 м від відвалу; 9 – на території промплощадки.

Приведені данні табл. 1 за результатами тесту „Інтенсивність клітинного поділу” свідчать, що компоненти відходів шахти „Селідовська” не володіють гострою токсичностю. Найбільша токсичність зразків породи спостерігається у

підніжжя відвалу, а найменша – на його вершині. Ґрунти території прилеглої до породного відвалу та самої шахти ім. Коротченко мають високий рівень токсичності, що обумовлює зниження мітотичної активності в 2,2 рази у порівнянні з контролем. Слід зазначити, що всі відібрані зразки проб шахтної породи мають „низький” і „нижче за середній” рівень небезпечності для біосистем, у той час, як зразки ґрунтів – „максимальний”.

Рівень зустрічаємості аберантних фігур мітозу (мостів, фрагментів, злипання та пульверизації хромосом) у дослідних варіантах збільшується в 2,4-6 раз у порівнянні з контролем, що вказує на високий рівень мутагенної активності породи дослідного шахтного відвалу. Найбільша мутагенність виявлена на буртах не спланованої породи й у підніжжя відвалу, а найменша – на його верхівці та верхніх схилах. У результаті міграційних процесів основна кількість мутагенних агентів акумулюється в прилеглих ґрунтах, що підтверджується збільшенням частоти зустрічаємості аберантних фігур мітозу в порівнянні з контролем у 7,4 рази, при дослідженні проб ґрунту шахти ім. Коротченко. За рівнем небезпечного впливу на біоту досліджені зразків спостерігається вертикальна інтеграція - від „низького” (верхівка вуглевідвалу) до „високого” (підніжжя). Диференційний аналіз свідчить про більш високі мутагенні властивості як і породи, так і ґрунту, у порівнянні з їх токсичністю.

Інтегральна оцінка екологічного стану вуглевідвалу шахти „Селідовська” і ґрунтів шахти ім. Коротченко за загальним токсико-мутагенным фоном приведені в табл. 2.

Таблиця 2
Оцінка екологічного стану породного відвалу та прилеглих ґрунтів за загальним токсико-мутагенным фоном

Показники	№ проби*								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IUPU _{ек.с}	0,517	0,367	0,303	0,235	0,379	0,221	0,564	0,780	0,784
Рівень небезпечності для біоти	ВС	С	С	НС	С	НС	ВС	М	М
Стан біоіндикаторів	З	К	К	Н	К	Н	З	Нб	Нб
Екологічна ситуація	Нд	Нд	Нд	Зд	Нд	Зд	Нд	Кр	Кр

Примітка: * - порядковий номер проб такий же як у табл.1; НС – нижче за середній, С – середній, ВС – вище за середній і М – максимальний рівень небезпечності для біоти; Н – насторожуючий, К – конфліктний, З - загрозливий і Нб – небезпечний стан біоіндикаторів; Зд – задовільна, Нд – незадовільна і Кр – критична екологічна ситуація.

Як свідчать данні табл. 2, екологічна ситуація на території усього породного відвалу шахти „Селідовська” оцінюється як „незадовільна” з „середнім” рівнем ушкодженості біосистем, а ґрунти шахти ім. Коротченко мають „максимальний” рівень небезпечності для біоти, що зумовлює „критичну” екологічну ситуацію на дослідженій території. Слід зазначити, що на ділянках з низьким рівнем токсичних і мутагенних властивостей породи спостерігається інтенсивне заселення їх рослинністю та представниками місцевої фауни. По мірі збільшення токсико-мутагенної активності субстрату спостерігається зменшення видового різноманіття рослин і тварин.

Як відомо, тверді відходи вугільної промисловості за існуючими методиками визначення їх класу шкідливості відносяться до IV класу й є мало небезпечними для навколошнього середовища та здоров'я людини. А як свідчать результати цитогенетичних досліджень небезпечності породного відвалу для біо-компонентів шахти „Селідовська” дорівнює „середньому” рівню, притому що його складові компоненти та їх суміші викликають, у першу чергу, негативні порушення генетичного апарату живих організмів, завдаючи великої шкоди вже майбутньому генофонду країни.

Оскільки місця складування вуглевідходів є основними джерелами комплексного забруднення навколошнього середовища токсичним мілко дисперсним пилом, рухомими формами важких металів (*Zn, Pb, As, Cd* й ін.), котрі розповсюджуються на великі відстані, виникла необхідність оцінки загального техногенного навантаження території вугледобувних регіонів, у першу чергу, населених пунктів безпосередньо розміщених поблизу підприємств з видобутку вугілля.

Дослідження проводились на території міста Селідово, котре розташовано на незначній відстані від ліквідованих шахт „Селідовська” і шахти ім. Коротченко. Токсико-мутагенну активність повітряного басейну та ґрунтів на досліджуваній території міста визначали цитогенетичними тест-системами запропонованими нами раніше [4]: „Стерильність пилку рослин”, „Інтенсивність клітинного поділу” і „Аберантність хромосом” з використанням високочутливих рослин-індикаторів. За результатами вище зазначених тестів були обраховані умовні показники ушкодженості біосистем і проведена інтегральна оцінка стану навколошнього середовища за токсико-мутагенним фоном.

Результати оцінки стану атмосферного повітря та ґрунтів на території м. Селідово за токсико-мутагенним фоном наведені в табл. 3.

Таблиця 3
Оцінка загальної токсико-мутагенної активності атмосферного повітря та ґрунтів на території м. Селідово

Об'єкт досліджень	Тест-системи	Місце відбору проб				У середньому по місту	
		центр міста		селітебна зона		ІУПУ ₁	СБ*
		УПУ	СБ*	УПУ	СБ*		
Атмосферне повітря	„Стерильність пилку росли”	0,345	K	0,517	3	0,458	3
Грунти	„Аберантність хромосом”	0,580	3	0,437	K	0,509	3
	„Інтенсивність клітинного поділу”	0,696	Kр	0,854	Hб	0,775	Hб
	Токсико-мутагенна активність	0,566	3	0,604	Kр	0,585	3
	IUPU ₂	0,456	3	0,561	3	0,522	3

Примітка: *СБ - стан біосистем: К – конфліктний, З – загрозливий, Кр - критичний і Нб – небезпечний; IUPU₁ – інтегральний умовний показник ушкодженості за об'єктами навколошнього середовища; IUPU₂ - інтегральний умовний показник ушкодженості за територіями дослідження.

Дослідження стану атмосферного повітря на території м. Селідово проводилась за допомогою тесту „Стерильність пилку рослин”, результати якого свідчать про „незадовільну” екологічну ситуацію за загальною токсичністю повітря з „вище за середній” рівнем ушкодженості та „загрозливим” станом біосистем. У селітебній зоні відмічається „вище за середній” рівень ушкодженості та „загрозливий” стан біоіндикаторів, у центрі міста – рівень ушкодженості біологічних об’єктів „середній”, а їх стан – „конфліктний”.

Як видно з представлених даних табл. 3 на території міста ґрунти мають надзвичайно високий рівень токсичності, а загальна екологічна ситуація ґрунтів за показником „Інтенсивність клітинного поділу” оцінюється як „катастрофічна” з „небезпечним” станом біооб’єктів. Найбільша токсичність ґрунтів спостерігається в селітебній зоні, де рівень ушкодженості – „високий” і стан біоіндикаторів – „критичний”. За мутагенною активністю ґрунти в середньому в місті й у його центрі мають „незадовільну” ситуацію з „загрозливим” станом біосистем, а зразки відібрани в селітебній зоні мають менший рівень мутагенної активності з „середнім” рівнем ушкодженості біоіндикаторів.

Таким чином, отримані результати доводять:

- попередня комплексна оцінка забруднення повітряного басейну та ґрунтів у м. Селідово за токсико-мутагенным фоном наступні: екологічна ситуація – „незадовільна”, стан біосистем – „загрозливий”, а рівень їх ушкодженості – „вище за середній”.

- відходи вугільної промисловості, як і сам процес видобутку вугілля, мають досить високий рівень шкідливості для навколошнього середовища й усіх живих організмів з значним ареалом впливу. Мігруючі токсичні компоненти вуглевідходів здебільшого акумулюються в поверхневому шарі ґрунтів і здатні розповсюджуватися на великі відстані, що зумовлює надзвичайно небезпечний рівень токсико-мутагенної активності ґрунтів на значних відстанях від джерела забруднення, ніж на прилеглих до нього територіях.

- цитогенетичні методи визначення токсико-мутагенної активності відходів вуглевидобувної промисловості дають додаткову інформацію до аналітичних методів для оцінки рівня еконебезпечності місць складування вуглевідходів, які можуть застосовуватися при проведенні їх паспортизації, розробки та впровадження комплексу заходів з фітомеліоративної рекультивації териконів, визначені раціональних напрямів і методів утилізації техногенних родовищ корисних копалин.

Література

1. Панов Б.С., Прокурняк Ю.А. Новые виды минерального сырья Донбасса // Зб. матер. наук.-практ. конф. – Донецьк: ДНТУ, 2002. – С.74-77.
2. Селивановская С.Ю., Латыпова В.З. Создание тест-систем для оценки токсичности много-компонентных образований, размещаемых в природной среде // Экология. – 2004. - № 1. - С. 21-25.
3. Азарова С.В. Отходы горно-добывающих предприятий комплексная оценка их опасности для окружающей среды (на примере объектов Республики Хакасия): Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук: 21.06.01/ Томский политехнический университет. - Томск, 2005. – 21 с.
4. Пивняк Г.Г., Горовая А.И., Павличенко А.В. Эколого-социальный мониторинг состояния окружающей среды и здоровья населения на территориях, нарушенных деятельностью горной промышленности // Теория и практика металлургии. – 2004. - № 5. – С. 124-128.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Зберовским А. В.
Поступила в редакцию 12.09.06*

КОМПЛЕКСНА ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНА ОЦІНКА УРБАНІЗОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА – МІСТА ДНІПРОПЕТРОВСЬКА

Проведена комплексная оценка экологического состояния города Днепропетровска цитогенетическими методами биоиндикации. Результаты показали, что в целом экологическая ситуация в городе по общему токсико-мутагенному фону характеризуется как „неудовлетворительная”.

Проведена комплексна оцінка екологічного стану міста Дніпропетровська цитогенетичними методами біоіндикації. Результати показали, що в цілому екологічна ситуація в місті за загальним токсико-мутагенным фоном характеризується як „незадовільна”.

Complex evaluation of the ecological state of Dnipropetrov's'k is carried out with use of the cytogenetic methods of bioindication. The results showed that the ecological situation of the city on general toxic and mutagenic background is characterized as „unsatisfactory”.

Оцінка якості урбанізованого середовища, насиченого різноманітними джерелами забруднення, разом з теоретичним, має найважливіше практичне значення. Проте використання фізичних, фізико-хімічних, хімічних методів обстеження при їх високій точності не може створити повної картини екологічної ситуації. Забруднювачі, присутні в навколишньому середовищі в низьких концентраціях, як правило, не відстежуються, хоча їх вплив на природні об'єкти зберігається.

Дніпропетровськ є крупним урбанізованим середовищем, який має свій наймогутніший арсенал промислових об'єктів і велику кількість автотранспорту. На його території розташовано більше 300 підприємств металургійної, коксохімічної, металообробної, будівельної та інших галузей промисловості, що забруднюють атмосферне повітря, ґрунти, поверхневі та підземні води [1].

Природні компоненти урбосередовища, і в першу чергу рослини як об'єкти фітомоніторингу, можуть використовуватися для отримання інформації як про недавню і короткочасну, так і про тривалу (хронічну) дію забруднюючих речовин протягом певного періоду часу у минулому [2]. Таким чином, тільки доповнення об'єктивної інформації хімічного і фізико-хімічного контролю даними біомоніторингу наблизить нас до адекватної оцінки екологічної ситуації в сучасному місті і проведення екологічного картографування, в тому числі виявленню зон найбільшого екологічного неблагополуччя.

Враховуючи все вищенаведене, **метою** роботи є проведення комплексної оцінки екологічного стану м. Дніпропетровська, а саме: атмосферного повітря, ґрунтів та поверхневих водних джерел за допомогою методів біоіндикації, а також картографування території міста за цими показниками.

Об'єкти та методи дослідження

Дослідження проводилися на території м. Дніпропетровська, де було виділено 17 тест-полігонів, які охоплюють практично всю територію міста, на яких стан атмосферного повітря оцінювався у 200 пунктах, ґрунтів – у 72, водних

проточних і непроточних водоймищ – у 12 пунктах міста за допомогою методів біоіндикації впродовж 2004 року.

Стан атмосферного повітря за загальною токсичністю (або потенційною мутагенністю) досліджувався за допомогою тесту “Стерильність пилку” рослин-індикаторів на усіх тест-полігонах у 200 пунктах. В кожному пункті було використано від одного до одинадцяти видів індикаторних рослин, проаналізовано від 1 до 3 тис. та більше клітин пилку кожного виду на тимчасових препаратах, забарвлених йодним розчином за Грамом [3].

Токсико-мутагенні властивості ґрунтів досліджували за допомогою ростового тесту, за тестами "Величина мітотичного індексу", які характеризують токсичність ґрунтів, та "Аберантність хромосом" у кореневій меристемі *Allium serpa L.* (мутагенність ґрунтів) [3]. Проби ґрунтів були відібрані у 56 моніторингових точках у різних районах міста, в якості контролю використовували ґрунт місцевої екологічно чистої зони – с. Новоалександровка. На зразках ґрунтів пророщувалося насіння індикаторної культури *Allium serpa L.* протягом 72 годин в умовах термостату.

Екологічний стан водних екосистем м. Дніпропетровська оцінений за результатами проведений серій дослідів за Ростовим тестом на трьох видах тест-рослин: редис звичайний (*Raphanus sativus L.*), цибуля звичайна (*Allium serpa L.*), пшениця озима (*Triticum sativum*). Усього на території міста було відібрано 36 проб води з 12 пунктів відбору. Найбільше проб відбирали вздовж гирла Дніпра. Рослини вирощували у лабораторних умовах: впродовж 48 год. - *Raphanus sativus L.*, 72 год. - *Allium serpa L* і 108 год. - *Triticum sativum* на досліджуваному середовищі в умовах термостату. За контроль була взята дистильована вода. По завершенню терміну експозиції вимірювали довжину головного кореня кожного насіння.

Отримані данні статистично обробляли та приводили у єдину систему умовних показників ушкодженості біосистем (УПУ), що дозволило зробити оцінку стану навколошнього середовища за допомогою інтегральних умовних показників ушкодженості (ІУПУ).

Критерії УПУ та ІУПУ визначалися з урахуванням аналогічних показників в комфортних і критичних умовах, а також природної стійкості популяцій пилкових клітин фітоіндикаторів до впливу техногенних факторів на урбанізованих територіях. Для ранжування території міста за станом навколошнього середовища була застосована уніфікована шкала оцінки екологічної ситуації [4, 5].

За допомогою програмного забезпечення SURFER на основі отриманих УПУ та ІУПУ було проведено картографування м. Дніпропетровська при відрізані ізоліній, що характеризують стан загальної токсичності (або потенційної мутагенністі) повітря, токсичність та мутагенність ґрунтів. Спектр кольору відповідає уніфікованій оцінювальній шкалі.

Результати дослідження

Оцінка екологічного стану повітря

Результати оцінки якості атмосферного повітря за тестом “Стерильність пилку” рослин-індикаторів, які ростуть на території м. Дніпропетровська наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Загальна оцінка екологічного стану атмосферного повітря

Номер полігону	IUPU _{токс}	Рівень ушкодженості	Стан біосистем	Екологічна ситуація
1	0,364	Середній	Конфліктний	Незадовільна
2	0,359	Середній	Конфліктний	Незадовільна
3	0,371	Середній	Конфліктний	Незадовільна
4	0,306	Середній	Конфліктний	Незадовільна
5	0,427	Середній	Конфліктний	Незадовільна
бл	0,473	Вище середнього	Загрозливий	Незадовільна
бп	0,442	Середній	Конфліктний	Незадовільна
7	0,313	Середній	Конфліктний	Незадовільна
8	0,247	Нижче середнього	Насторожуючий	Задовільна
9	0,259	Нижче середнього	Насторожуючий	Задовільна
10	0,334	Середній	Конфліктний	Незадовільна
11	0,514	Вище середнього	Загрозливий	Незадовільна
12	0,374	Середній	Конфліктний	Незадовільна
13	0,427	Середній	Конфліктний	Незадовільна
14	0,402	Середній	Конфліктний	Незадовільна
15	0,440	Середній	Конфліктний	Незадовільна
16	0,491	Вище середнього	Загрозливий	Незадовільна
17	0,519	Вище середнього	Загрозливий	Незадовільна
Середнє	0,415	Середній	Конфліктний	Незадовільна

Дані, які приведені у табл. 1, вказують на те, що найгірший стан атмосферного повітря за тестом „Стерильність пилку рослин” з „незадовільною” оцінкою виявлено на тест-полігонах: бл, 11, 16 та 17. В найкращому стані знаходяться полігони – 8 і 9. Більшість інших тест-полігонів мають „незадовільну” оцінку, але з „конфліктним” станом біосистем та з „середнім” рівнем ушкодженості.

Для візуалізації отриманих даних проведено картографування міста за тестом „Стерильність пилку рослин” (рис. 1).

Найгірший стан атмосферного повітря спостерігається на півдні Бабушкінського та Жовтневого районів м. Дніпропетровська, на сході Ленінського району, у південній та північно-західній частинах Амур-Нижньодніпровського району, а також у північно-західній частині Індустриального району. Саме у цих пунктах і розташовано більшість промислових підприємств.

В цілому стан навколошнього природного середовища за результатами проведених досліджень якості атмосферного повітря міста Дніпропетровська у 2004 році оцінюється як „незадовільний” з “середнім” рівнем ушкодженості і “конфліктним” станом біоіндикаторів.

Комплексна еколого-генетична оцінка токсико-мутагенної активності ґрунтів м. Дніпропетровська за результатами біотестування

Результати комплексної оцінки токсико-мутагенної активності ґрунтів м. Дніпропетровськ за результатами трьох біотестів: „Ростовий тест”, та „Величина мітотичного індексу” і „Аберантність хромосом” в кореневій меристемі Allium сера L. представлена в табл. 2.



Рис. 1. Картографування м. Дніпропетровська за токсичністю атмосферного повітря за тестом „Стерильність пилку рослин”

Аналіз даних табл. 2 виявив, що екологічний стан ґрунтів м. Дніпропетровська, оціненого за Ростовим тестом, змінюється від „задовільного” до „катастрофічного”, що вказує на присутність фітотоксичного ефекту.

Екологічний стан ґрунтів на території 12 тест-полігонів м. Дніпропетровська оцінюється як „незадовільний”. В 5 полігонах (1, 4, 6п, 9, 10) ґрунти отримали „задовільну” екологічну оцінку і лише в одному 17-му полігоні – „катастрофічну”. Слід відмітити, що в усіх дослідженіх полігонах міста відмічається „незадовільна” екологічна ситуація за станом ґрунтів, при цьому на 10 полігонах стан біоіндикаторів оцінюється як „конфліктний” (2, 3, 5, 6п, 8, 11-15), та 2 полігонах (7, 16) – „загрозливий”.

Узагальнення результатів дослідження стану ґрунтів за Ростовим тестом дозволяють зробити висновок, що в середньому ґрунти м. Дніпропетровська мають „незадовільний” екологічний стан.

Оцінивши стан ґрунтів міста на рівні організмів, прийшли до необхідності визначення їх екологічного стану методом біоіндикації на клітинному рівні за допомогою більш чутливих та інформативних цитогенетичних біотестів.

Токсичність ґрунтів на клітинному рівні визначали за тестом „Величина мітотичного індексу”. Аналіз інтегральних даних приведених у табл. 2 вказує на те, що УПУ, які характеризують токсичність ґрунтів змінюються в інтервалах від 0,437 до 0,615 у.о., що вказує на різноманітний стан ґрунтів від „незадовільного” до „катастрофічного”. На території усіх визначених полігонів міста спостерігається „незадовільна” екологічна ситуація за показником токсичності ґрунтів, але стан біосистем неоднаковий: „загрозливий” на полігонах 1, 2, 3, 6п, 7, 10, 11, 14; „конфліктний” на інших полігонах. У середньому в місті екологіч-

ний стан ґрунтів за їх токсичністю оцінено як „незадовільний” з „вище за середній” рівнем ушкодженості та „загрозливим” станом біоіндикаторів.

Таблиця 2
Результати комплексної оцінки токсико-мутагенної активності ґрунтів
м. Дніпропетровськ за результатами біотестування

№ полігону	Токсичність			Мутаген- ність	Токсико- мутагенна активність
	за Величиною мітотичного індексу	за Ростовим тестом	ІУПУ токс		
1	0,555	0,293	0,424	0,604	0,514
2	0,615	0,400	0,508	0,438	0,473
3	0,611	0,352	0,482	0,388	0,435
4	0,437	0,247	0,342	0,351	0,347
5	0,477	0,437	0,457	0,355	0,406
6л	0,528	0,419	0,474	0,298	0,386
6п	0,555	0,280	0,418	0,435	0,426
7	0,549	0,456	0,503	0,360	0,431
8	0,486	0,355	0,421	0,369	0,395
9	0,463	0,233	0,348	0,387	0,368
10	0,479	0,298	0,389	0,428	0,408
11	0,597	0,442	0,519	0,487	0,503
12	0,527	0,435	0,481	0,341	0,411
13	0,531	0,350	0,441	0,367	0,404
14	0,515	0,389	0,452	0,442	0,447
15	0,522	0,337	0,429	0,283	0,356
16	0,515	0,515	0,515	0,354	0,435
17	0,514	0,641	0,577	0,374	0,475
Середнє у місті	0,526	0,382	0,454	0,392	0,423

Що стосується мутагенної активності ґрунтів, то за цією ознакою УПУ змінюються від 0,283 до 0,604, що вказує на наявність ґрунтів як з „задовільним”, так і „катастрофічним” станом. Території досліджуваних полігонів м. Дніпропетровська за показником мутагенності ґрунтів мають „незадовільну” екологічну ситуацію з „середнім” рівнем ушкоджуваності та „конфліктним” станом біоіндикаторів, крім 11 полігону, де відзначено „загрозливий” стан ґрунтів з „вище за середній” рівнем ушкодженості. Найбільша мутагенність ґрунтів спостерігається на 1 полігоні, де спостерігається „катастрофічна” екологічна ситуація та „критичний” стан ґрунтів. Найкраща екологічна ситуація за цим показником відзначена в двох полігонах – 6л, 15 (УПУ=0,151-0,300), де стан ґрунтів оцінено як „задовільний” з „нижче за середній” рівнем ушкодженості та „насторожуючим” їх станом. Таким чином, екологічний стан на територія міста за показником мутагенної активності ґрунтів оцінено як „незадовільний” з „конфліктним” станом біосистем.

Аналізуючи отримані дані, що характеризують токсичність та мутагенність ґрунтів, було виявлено тенденцію збільшення рівня токсичності, особливо за тестом „Величина мітотичного індексу”, в порівнянні з їх мутагенністю. Тому можна зробити висновок, що найбільш чутливим з трьох використаних біотестів, виявився тест „Величина мітотичного індексу” у меристематичних тканинах фітоіндикаторів, про що свідчать найвищі значення оцінювальних показників ($УПУ_{токс} = 0,437\text{-}0,615$).

Оцінки загальної токсико-мутагенної активності ґрунтів вказують на те, що ґрунти м. Дніпропетровська мають „незадовільну” екологічну ситуацію з „конфліктним” станом біоіндикаторів, крім полігонів 1, 2, 11, 17, де стан біосистем оцінено як „загрозливий”. В середньому на території міста екологічний стан ґрунтів за їх токсико-мутагенною активністю оцінено як „незадовільний”.

За результатами проведених досліджень були побудовані карти, що характеризують токсичність (рис. 2) та мутагенність ґрунтів (рис. 3) м. Дніпропетровська.

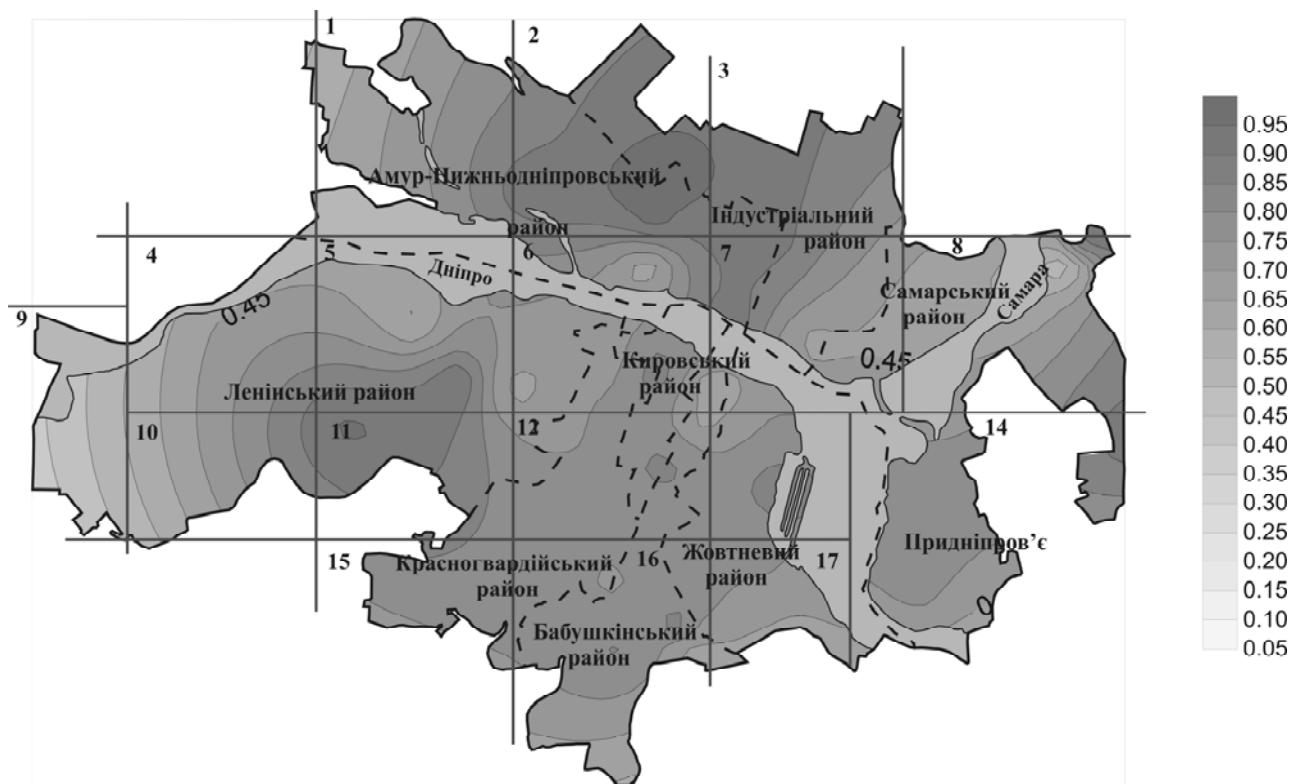


Рис. 2. Токсичність ґрунтів м. Дніпропетровська за тестом “Величина мітотичного індексу” у меристематичних клітинах фітоіндикаторів та за Ростовим тестом

Було виявлено чотири зони з підвищеним рівнем токсичності та мутагенності ґрунтів – північна частина Індустріального району, майже весь Кіровський район, південна частина Ленінського та Бабушкінського районів.

Оцінка токсичності водних джерел м. Дніпропетровська з використанням Ростового тесту

Результати оцінки токсичності водних джерел м. Дніпропетровська за допомогою Ростового тесту приведені в табл. 3.

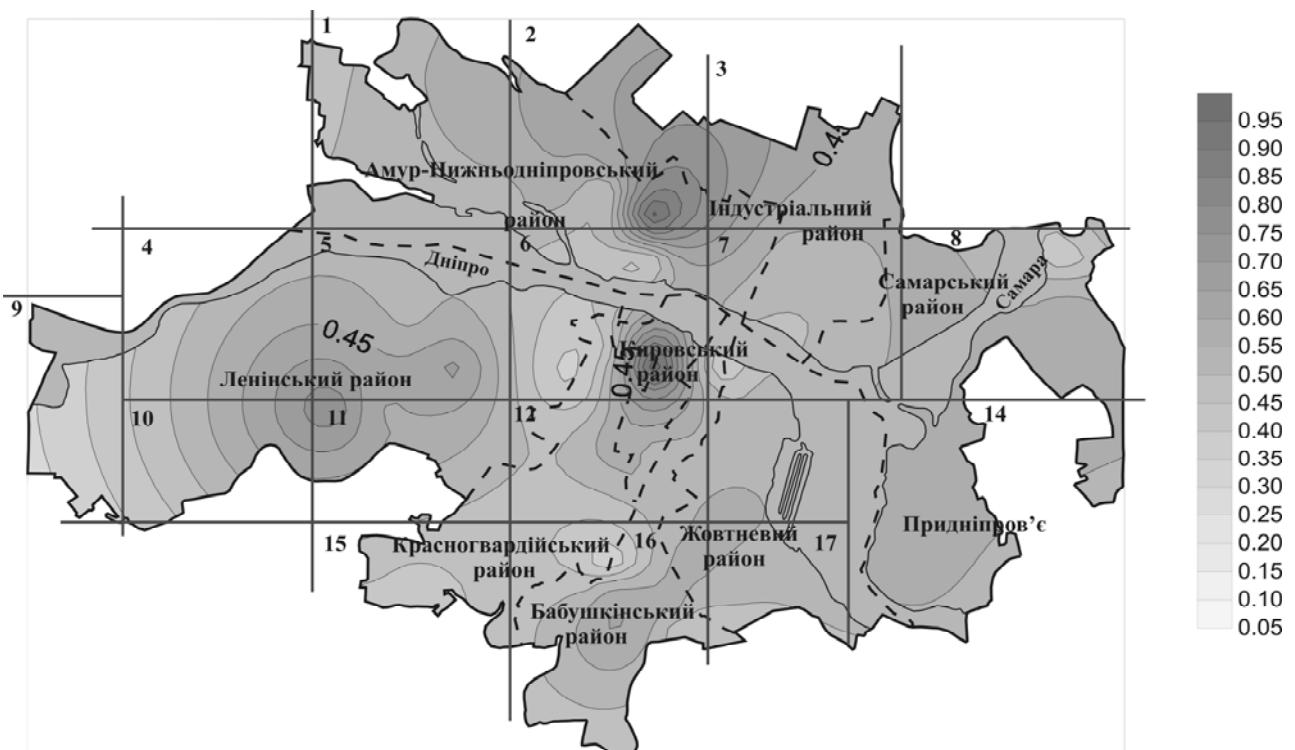


Рис. 3. Мутагенність ґрунтів м. Дніпропетровська за тестом “Аберантність хромосом” у меристематичних клітинах фітоіндикаторів

Як видно з отриманих результатів поверхневі водойми м. Дніпропетровська мають токсичний фон, так як у більшості варіантів дослідження спостерігається пригнічення ростових процесів від 9 до 40% від контролю.

Екологічний стан р. Дніпро за умовними показниками ушкодженості характеризується як „задовільний” (ІУПУ = 0,220), тільки на лівому березі у точці відбору проб біля Кайдацького мосту екологічну ситуацію оцінено як „незадовільну” (ІУПУ = 0,302). Спостерігається зниження токсичності води у ріці вниз за течею: від Кайдацького мосту (0,211 – 0,302) до Південного (0,111 – 0,133).

Більш несприятлива екологічна ситуація спостерігається у непроточних водоймищах міста, а саме: в озері Куряче – „незадовільна“ з „насторожуючим“ станом біоіндикаторів, в ставі парку ім. Глоби – „незадовільна“ з „конфліктним“ станом біоіндикаторів.

Більш низький рівень токсичності проточних водойм м. Дніпропетровська може бути зумовленим природними процесами самоочищення. Загрозлива ситуація у ставі парку ім. Глоби, місці відпочинку великої кількості людей, зумовлена високою концентрацією органічних сполук і засміченням дна ставу.

Взагалі екологічний стан поверхневих водойм м. Дніпропетровська за рівнем токсичності можна охарактеризувати як „задовільний“.

Інтегральна оцінка екологічної ситуації на території міста Дніпропетровська за комплексом цитогенетичних біотестів за сумарним токсико-мутагенним фоном представлена у табл. 4.

Аналіз даних табл. 4 вказує на те, що у місті Дніпропетровську спостерігається „незадовільний“ екологічний стан як окремих об’єктів довкілля, так і території в цілому, крім природних вод, стан яких за дослідженій період оцінено як „задовільний“.

Таблиця 3

Інтегральна оцінка токсичності поверхневих водоймищ м. Дніпропетровська за Ростовим тестом

Місце відбору проб	Allium сера L		Raphanus sativus L		Triticum sativum		ІУПУ
	ФЕ, %	УПУ	ФЕ, %	УПУ	ФЕ, %	УПУ	
Південний міст (При- дніпровськ)	14	0,150	11	0,100	14	0,150	0,133
Південний міст (ж/м Перемога-6)	16	0,183	9	0,067	10	0,083	0,111
Новий міст (правий берег)	20	0,250	15	0,167	10	0,083	0,167
Новий міст (лівий берег)	14	0,150	12	0,117	15	0,167	0,145
Амурський міст (правий берег)	15	0,167	15	0,167	10	0,083	0,140
Амурський міст (лівий берег)	25	0,333	17	0,200	19	0,233	0,255
Кайдакський міст (правий берег)	22	0,283	16	0,183	15	0,167	0,211
Кайдакський міст (лівий берег)	24	0,317	15	0,167	29	0,400	0,302
Озеро Куряче	27	0,367	20	0,250	35	0,500	0,372
Озеро Парку Глоби	31	0,433	36	0,517	40	0,583	0,511
Монастирський ост- рів (даліній край)	9	0,067	15	0,167	18	0,217	0,152
Монастирський ост- рів (біля церкви)	12	0,117	14	0,150	11	0,100	0,122
Середнє							0,220

Таблиця 4

Інтегральна оцінка стану довкілля за токсико-мутагенним фоном

Назва тест-систем	ІУПУ	Рівень ушкоджу- ності біосистем	Стан біосистем	Стан довкілля
Токсичність повітря	0,415	Середній	Конфліктний	Незадовільний
Мутагенність ґрунтів	0,392	Середній	Конфліктний	Незадовільний
Токсичність ґрунтів	0,454	Вище за середній	Загрозливий	Незадовільна
Токсичність природних водойм	0,220	Нижче за середній	Насторожу- ючий	Задовільна
Токсико-мутагенний фон м. Дніпропетровська	0,370	Середній	Конфліктний	Незадовільний

Більшість використаних в дослідженнях біоіндикаторних систем мали „конфліктний” стан під впливом шкідливих факторів навколошнього середовища і їх ушкодженість має „середній” рівень. Однак, у окремих біоіндикаторів стан біосистем інший, а саме: „загрозливий” стан встановлений у тест-системах, які оцінюють токсичність ґрунтів з рівнем ушкодженості „вище середнього”; і лише ростовий тест за токсичністю природних вод говорить про „насторожуючий” стан біосистем з рівнем ушкодженості „нижче середнього”.

Висновки:

1. Проведена комплексна оцінка еколо-біологічного стану атмосферного повітря, ґрунтів та поверхневих водоймищ міста Дніпропетровська цитогенетичними методами біоіндикації. Результати показали, що в цілому екологічна ситуація в місті за загальним токсико-мутагенним фоном характеризується як „незадовільна”.

2. Вперше побудовані карти, що характеризують токсичність (або потенційну мутагенність) атмосферного повітря, токсичність та мутагенність ґрунтів міста Дніпропетровська за допомогою програмного забезпечення SURFER при відстороні ізоліній.

3. Картографування міста дало змогу виявити очаги ушкодження біологічних систем в залежності від техногенної напруженості, що, в свою чергу, дає можливість у прийнятті рішень, які будуть направлені на поліпшення стану довкілля та здоров'я населення на урбанізованих територіях.

Література

1. Павлов В.О., Переметчик М.М., Колотенко В.П., Шевченко Б.Є. Екологічний паспорт міста Дніпропетровська. (Управління з екології Дніпропетровської міськради). - Дніпропетровськ.- УкО ІМА-прес.- 2000.- 112 с.
2. Л.М. Кавеленова. Экологические основы и принципы построения системы фитомониторинга урбосреды в лесостепи // Вестник СамГУ – Естественнонаучная серия. - 2003. -Второй спец. выпуск.
3. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. - М.: Агропромиздат. 1988.-255 с.
4. Методологические аспекты оценки мутагенного фона и генетического риска для человека и биоты от действия мутагенных экологических факторов /Горовая А.И., Бобрик П.Ф., Скворцова и др./ Цитология и генетика. - 1996. - Т.30.- №6.- С.78-86.
5. Горова А.И. Методичні аспекти оцінки генетичних наслідків техногененезу // Екологія і природокористування: Зб. наукових праць.- Дніпропетровськ, 2001. - Вип . 3.- С. 143-151.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Зберовским А.В.
Поступила в редакцию 25.09.06*

УДК 504.53:631.95

© М.М. Харитонов

ЕФЕКТИВНІСТЬ ДЕТОКСИКАЦІЇ ЗАБРУДНЕНИХ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ҐРУНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МІНЕРАЛІВ

В вегетационных опытах по выращиванию ячменя и сои на субстратах с питательной смесью, черноземной и дерново-подзолистой почве выявлена эффективность от использования некоторых минералов для детоксикации загрязнения тяжелыми металлами. Применение сапонита, цеолита и пальгорскита представляется наиболее перспективным, так как уменьшается фитотоксическое действие и подвижность тяжелых металлов

У вегетаційних дослідах з вирощування ячменю та сої на субстратах з поживною сумішшю, чорноземним і дерново - підзолистим ґрунтом виявлено ефективність від використання деяких мінералів для детоксикації забруднення важкими металами. Застосування з цією метою сапоніту, цеоліту та палигорськіту вбачається найбільш перспективним, оскільки зменшується фітотоксична дія та рухомість важких металів

An effectiveness of the minerals using for the soils polluted with heavy metals detoxication was established in the laboratory experiments for the barley and soybean growing on the substrates and some soils. Application of saponite, zeolite and paligorskite seems more prospects because of phytotoxic action and heavy metals decreasing.

В умовах сьогодення вирішення проблем уникнення від техногенного пресу на довкілля пов'язане з впровадженням численних стратегій, серед яких виділяють заходи “профілактики”, “переорієнтації” та “згортання” сільськогосподарського виробництва на забруднених територіях [1]. Тобто мова йде про корінні зміни. До цих змін відноситься і вирощування стійких до забруднення культурі використання хімічних та фізичних “агентів”, що підвищують стійкість рослин [2]. Одним із заходів, що сприяє зниженню негативного впливу відкритих гірських робіт на навколоишнє природне середовище, є комплексне використання гірських порід і відходів збагачення не тільки як сировини для підприємств різних галузей народного господарства, але й як геохімічних екранів та засобів хімічної меліорації [3]. Особливість існуючих технологічних напрямків захисту довкілля полягає в тому, що у якості заходів хімічної меліорації та детоксикації техногенно забруднених та засолених ґрунтів доцільно використовувати деякі гірські породи, різні відходи природно-ресурсних циклів. Ураховуючи той факт, що на території України є чимало родовищ корисних копалин, де первинною або вторинною сировиною є мінерали з високою ємністю поглинання цілком актуальним було проведення модельних лабораторних досліджень по вивченю перспективи їх застосування для детоксикації техногенно забруднених важкими металами(ВМ) ґрунтів.

Методика досліджень

У вегетаційних дослідах з вивчення фітотоксичності важких металів і детоксикації штучно забруднених важкими металами субстратів були використані деякі сорти сільськогосподарських культур. Експерименти були реалізовані при штучному освітленні. В умовах штучного освітлення для визначення детоксикаційної дії субстратів з різною кількістю важких металів та кар’єрного пилу за біотести приймали ячмінь і сою.

У першій серії дослідів досліди виконували за єдиною схемою на двох субстратах: пісок та суміш пісок + глина (4 : 1). Біотести – ячмінь Зерноградський 385 та соя Белгородська 143 і Юг – 40). У кожну посудину висівали 80 насінин ячменю та 60 насінин сої. Солі вносили в дозах 1ГПК (гранично припустима концентрація) та 5ГПК. Доза 1ГПК відповідала за кількістю для солі $CuSO_4$ – 100 мг/кг, $MnSO_4$ – 1500 мг/кг, $ZnSO_4$ – 140 мг/кг, $Pb(C_2H_3O_2)_2$ – 30 мг/кг , $CdCl_2 \cdot 5H_2O$ – 3мг/кг. Пил, відібраний після вибуху в кар’єрі з видобутку залізної руди(кар’єрний пил) вносили до субстратів у відношенні 1:100. Місткість посудини – 0,5 кг. Час експозиції у дослідах з ячменем – 12 діб, соєю – 18 діб та 2 тижні. Повторність - чотирикратна.

Другу серію дослідів проводили на чорноземі звичайному. За біотести використовували ячмінь Зерноградський 385 і сою Бистрицю.

Субстрат – ґрунтовна маса чорнозему звичайного. Місткість посудини – 1 кг, повторність – трикратна. Солі CuSO_4 , ZnSO_4 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, MnCl_2 вносили в дозах 1 ГПК та 5 ГПК. Для детоксикації важких металів використовували сорбент цеоліт, який у досліді з соєю вносили в 0,04 кг/кг. Час експозиції у дослідах з ячменем та соєю – 18 діб.

Для більш поглиблленого вивчення дії мінералів - сорбентів щодо зняття фітотоксичноності важких металів у поліелементній суміші провели досліди з соєю та ячменем.

Схема досліду зі соєю сорту "Крепиш" вміщувала варіанти: контроль, 1 ГПКВМ та 5 ГПК ВМ, 5 ГПКВМ + цеоліт та 5 ГПКВМ + глауконіт. Доза внесення мінералів у досліді – 0,04 кг/кг. Місткість посудин – 0,5 кг. Повторність – трикратна. Сполуки солей важких металів у вигляді CuSO_4 , ZnSO_4 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, CdSO_4 , $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ вносили у кількостях, відповідних 1 ГПК та 5 ГПК. Кількість насінин – 30. Час експозиції – 18 діб.

У досліді з ячменем вносили 3,3 г мінерали на 1 кг ґрунту що еквівалентно 10 т/га. З мінералів - сорбентів використовували сапоніт, цеоліт, палигорськіт, глауконіт, бентоніт та зелену безкарбонатну глину. Важкі метали (свинець, кадмій та миш'як) вносили у вигляді солей $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ у кількостях, відповідно 5 ГПК. Час експозиції - 1 місяць.

Вміст важких металів у зразках рослин визначали методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Статистичну обробку результатів вегетаційних дослідів за даними визначення сухої маси рослин виконували за показником НСР.

Результати досліджень

Результати досліду з ячменем (табл.1) свідчать про те, що внесення в піщаний субстрат солей важких металів в дозі 1 ГПК викликало зниження біопродуктивності, яке дорівнювало 80 %.

Таблиця 1

Вплив глинування на зменшення фітотоксичноності важких металів щодо ячменю

Варіант	Субстрат	Суха маса, г
Поживна суміш Прянішнікова (ПСП)	Пісок	0,985
ПСП+1ГДК ВМ		0,197
ПСП+5ГДК ВМ		-
ПСП + кар'єрний пил 1г/100 г субстрату		1,1
НСР ₀₅		0,087
Поживна суміш Прянішнікова (ПСП)	Пісок + глина (4:1)	1,182
ПСП+1ГДК ВМ		1,0
ПСП+5ГДК ВМ		0,3
ПСП + кар'єрний пил 1г/100 г субстрату		0,885
НСР ₀₅		0,15

Внесення до субстрату кар'єрного пилу виявилося рівнозначним дії мікrodобрива, оскільки дало підвищення маси рослин порівняно з контролем на чис-

тому піску. Формування субстратної суміші в пропорції 100 г на 400 г піску сприяло підвищенню маси рослин як на чистому фоні, так і на забрудненому солями важких металів. Внесення глини повністю нівелювало негативну дію солей важких металів у дозі 1ГПК, а у дозі 5ГПК ВМ стан рослин був таким, як і у рослин, що вирощували на піску при дозі 1ГПК на, тоді як на піску в дозі 5ГПК рослини просто загинули. Визначимо, що додавання кар'єрного пилу залізної руди в суміш піску з глиною не викликало значних змін у рості та масі росли.

У наступному досліді зі соєю сорту Белгородська 143 насіння було висаджене на субстрат після вирощування ячменю (табл..2).

Таблиця 2

Вплив глинування на зменшення фіtotоксичності важких металів щодо сої

Варіант	Субстрат	Суха маса, г
Поживна суміш Прянішнікова (ПСП)	Пісок	5,9
ПСП + 1ГДК ВМ		3,8
ПСП + 5ГДК ВМ		-
ПСП + кар'єрний пил 1г/100 г субстрату		5,1
HCP ₀₅		1,98
Поживна суміш Прянішнікова (ПСП)	Пісок + глина (4:1)	5,45
ПСП + 1ГДК ВМ		3,86
ПСП + 5ГДК ВМ		1,92
ПСП + кар'єрний пил 1г/100 г субстрату		5,46
HCP ₀₅		1,93

Соя більш реагувала на присутність важких металів у поліементній суміші та у кар'єрному пилу на піщаному субстраті. Таким чином, перші два досліди дозволили виявити позитивний вплив глинування на зменшення фіtotоксичної дії важких металів. На нашу думку це обумовлено високою сорбційною ємністю до важких металів зеленої безкарбонатної глини як сорбенту.

У вегетаційному досліді на черноземній масі по визначеню фіtotоксичної дії суміші важких металів та визначеню ефективності детоксикації важких металів за допомогою сорбентів отримали подібні до попередніх дослідів результати. Зокрема, внесення суміші важких металів призводило до зниження біопродуктивності сої у варіантах 1 ГПК ВМ та 5ГПК ВМ – на 25 та 45 %, обмеження рухомості важких металів у ланцюгу ґрунт- рослина (табл..3 і 4).

Додавання цеоліту краще, ніж глауконіту, подіяло на підвищення біопродуктивності рослин, яке було у варіанті 5ГПКВМ + цеоліт – 90 % відносно контролю.

Внесення важких металів у дозі 5 ГДК ВМ призводило до підвищення концентрації цинку та кобальту у 4 рази, кадмію – у 3 рази, міді – на 60%, свинцю та никелю відповідно на 30 та 50 % у порівняні з контролем.

Отримані результати щодо ефективності застосування цеоліту для детоксикації ґрунтів узгоджуються і з даними інших відомих досліджень. Зокрема, внесення цеоліту (0 – 5% від маси ґрунту) знижувало рухомість свинцю у муллистій фракції ґрунту [4].

Табліця 3

Встановлення фітотоксичності суміші важких металів при вирощуванні сої на чорноземі, г/посудину.

Варіант	Суха маса, г
Контроль	4,07
Солі важких металів у дозах:	
1ГПК	3,07
5ГПК	2,06
5ГПК+цеоліт	3,65
5ГПК+глауконіт	3,4
HCP ₀₅	1,0

Табліця 4

Вміст важких металів у вегетативній масі сої на різних фонах забруднення, мг/кг

Варіант	Cu	Zn	Co	Ni	Pb	Cd
0	5,4	14,0	4,0	6,0	8,0	0,4
1 ГДК ВМ	6,4	26,0	4,0	8,0	8,0	0,6
5 ГДК ВМ	8,6	54,0	18,0	9,0	10,0	1,2
5 ГДК ВМ + цеоліт	6,0	44,0	14,0	9,0	9,0	0,6
5 ГДК ВМ + глауконіт	8,0	56,0	15,0	9,0	9,4	0,8

У наступних дослідах перелік мінералів, перспективних у якості сорбентів був збільшений. Мінерали (цеоліт – з Сокирницького родовища на Львівщині, сапоніт – з Ташковського родовища на Хмельниччині, бентоніт та палигорскіт – з Черкаського, а глауконіт – з Карабчієвського родовищ) вносили з розрахунку 3,3 г на 1 кг ґрунту або 10т/га. Важкі метали (свинець, кадмій та миш'як) використовували у вигляді солей $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ у дозі 5ГПК.

Облікові дані вегетаційних дослідів з ячменем щодо вивчення ефективності детоксикації техногенно забруднених ґрунтів за допомогою мінералів-сорбентів наведені у таблиці 5.

Порівняння отриманих результатів показали, що внесення мінералів збільшило кореневу масу на 20 – 61 % переважно на чорноземі звичайному середньосуглиністому. На лучно-чорноземному та дерново-опідзоленому ґрунті найбільш ефективним щодо зменшення рівня токсичності техногенно забрудненого субстрату виявилось додавання палигорскіту. Найбільше впливав на підвищення біопродуктивності ячменю на чорноземі звичайному і дерново-опідзоленому ґрунті сапоніт.

Аналітичні дані атомно-абсорбційного визначення концентрації свинцю та кадмію у корінні ячменю, вирощеного на чорноземі звичайному та дерново-підзолистому ґрунті, виявили різну адаптивну реакцію рослин на присутність мінералів - сорбентів (табл.6)

Таблиця 5

Встановлення фітотоксичності суміші важких металів(Pb, Cd, As) при вирощуванні ячменю на різних ґрунтах, г/посудину

Варіант	Вегетативна маса	Коріння
Чорнозем звичайний		
Контроль	0,47	0,52
ВМ	0,46	0,37
Цеоліт + ВМ	0,46	0,62
Сапоніт + ВМ	0,53	0,73
Бентоніт + ВМ	0,43	0,58
Палигорськіт + ВМ	0,47	0,67
Глауконіт + ВМ	0,45	0,89
HCP ₀₅	0,07	0,185
Лучно-чорноземний ґрунт		
Контроль	0,45	0,86
ВМ	0,40	0,67
Цеоліт + ВМ	0,42	0,6
Сапоніт + ВМ	0,39	0,66
Бентоніт + ВМ	0,42	0,59
Палигорськіт + ВМ	0,40	0,69
Глауконіт + ВМ	0,43	0,67
Зелена безкарбонатна глина + ВМ	0,40	0,67
HCP ₀₅	0,05	0,171
Дерново-підзолистий ґрунт		
Контроль	0,44	1,30
ВМ	0,44	1,16
Цеоліт + ВМ	0,44	1,34
Сапоніт + ВМ	0,45	1,07
Бентоніт + ВМ	0,43	1,12
Палигорськіт + ВМ	0,41	1,37
Глауконіт + ВМ	0,42	0,84
HCP ₀₅	0,04	0,16

Таблиця 6

Вміст Pb та Cd у кореневій масі ячменю в досліді з мінералами – сорбентами, мг/кг

Варіант	Чорнозем звичайний		Дерново-підзолистий ґрунт	
	Pb	Cd	Pb	Cd
Контроль	5,6	сл.	9,0	3,0
ВМ	15,0	3,2	26,8	1,2
Цеоліт + ВМ	40,4	4,2	11,8	1,6
Сапоніт + ВМ	44,8	5,6	2,4	сл.
Бентоніт + ВМ	40,4	4,8	28,4	3,4
Палигорськіт + ВМ	28,4	4,0	13,4	3,0
Глауконіт + ВМ	35,0	4,2	9,4	1,6

Порівняння даних за вмістом свинцю та кадмію у кореневій масі ячменю, які були вирощені на чорноземі звичайному та дерново-підзолистому ґрунті, виявили різну адаптивну реакцію рослин на присутність мінералів-сорбентів. На чорноземі звичайному це призвело до підвищення концентрації свинцю в зразках коріння у 2 – 3 рази. Вельми цікаві результати були отримані в досліді з дерново-підзолистим ґрунтом. Додавання переважної кількості сорбентів, за винятком бентоніту, спричинило зниження концентрації свинцю та кадмію в кореневих зразках у 2 – 10 разів на варіанті зі сапонітом.

Концентрація свинцю в надземній масі при вирощуванні ячменю на чорноземних ґрунтах залишилась на рівні контролю на фоні з внесенням цеоліту, сапоніту та бентоніту і була нижче контролю на фоні внесення палигорськіту.

Висновки.

У вегетаційних дослідах щодо вивчення ефектів фітотоксичності важких металів та заходів детоксикації виявлено позитивна роль додавання у техногенно забруднений ґрунт деяких мінералів - сорбентів. Ефективність застосування мінералу як заходу детоксикації дії важких металів на ґрунти залежить від їх буферної ємності. Застосування сапоніту, цеоліту і палигорськіту для реабілітації техногенно забруднених ґрунтів вважається найбільш перспективним.

Література

1. Калуцков В.Н. Зональная концепция ведения сельского хозяйства в условиях промышленного загрязнения// Бюллетень Почвенного института им. В.В.Докучаева. – М.,1989. – Вып.49. – С.6-9
2. Петрушенко В.В., Николаева Н.Я., Степанова Е.И. Эколо- физиологическая концепция формирования структуры культурных и природных фитоценозов в техногенных условиях юга Украины// Экологические основы онтогенеза природных и культурных сообществ Евразии:. Материалы XIV междунар. Научн. Конф. – Херсон,2002 – Вып.21.– С.12-15
3. Масюк М.Т. Харитонов М.М., Лукашенко М.І., Кроїк А.А. Агрогеохімічна оцінка варіантів сільськогосподарської рекультивації у західному Донбасі// Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2000. – №1-26. – С. 38-40
4. Dimoyannis D., Tsadilas C.D., Ponizovsky A.A. Remediation of lead contaminated soils with zeolite// Functions of soils in the geosphere – biosphere systems:. Materials of the International Symposium, – Moscow, Russia, 2001. – Р. 284-285

*Рекомендована к публикации д.т.н. Зберовским А.В.
Поступила в редакцию 25.09.06*

УДК 504.05

© В.Е. Колесник, Л.А. Головина, В.В.Богуцкая

ОПЕРАТИВНЫЙ ПРОГНОЗ РАССЕИВАНИЯ И ОСЕДАНИЯ ПЫЛЕВОГО ВЫБРОСА ВЕНТИЛЯТОРА ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

Предложен достаточно простой и гибкий компьютерный алгоритм как инструмент для оперативного прогноза рассеивания и оседания пыли вблизи вентиляторов главного проветривания шахты

Запропонований досить простий і гнучкий комп'ютерний алгоритм як інструмент для оперативного прогнозу розсіювання й осідання пилу поблизу вентиляторів головного проветрювання шахти .

The enough simple and floppy computer algorithm which one as the tool for the operating forecast of dispersion and dust deposit near to main mine fan is offered.

В оперативном прогнозировании загрязнения атмосферы и почвы промышленной пылью наметилась тенденция прогноза на основе непосредственного решения на ЭВМ дифференциальных уравнений переноса дисперсной фазы аэрозоля [1,2]. Особенностью упомянутых уравнений является необходимость предварительного определения и подстановки в явном виде таких параметров, как горизонтальные компоненты скорости ветра, скорость оседания частиц пыли в воздухе, интенсивность и координаты источников по высоте и горизонтали, а также коэффициенты турбулентной диффузии. Кроме того, необходимо учитывать специфику источников пыли, основными из которых при ведении горных работ подземным и открытым способом являются: отвалы пород; аспирационные системы; котельные; вентиляторы главного проветривания шахт; буровзрывные и планировочные работы на карьерах; дороги и откосы бортов карьеров; сухие пляжи хвостохранилищ; погрузочно-разгрузочные комплексы; железнодорожный и автомобильный транспорт, перевозящий полезное ископаемое.

Для большинства указанных источников разработаны методики оценки загрязнения окружающей среды. Менее изученным оказался шахтный вентилятор главного проветривания (ВГП), который, с точки зрения пылевых выбросов в окружающую среду, в сравнении с другими источниками, считается относительно экологически безопасным. Однако, как мы полагаем, он имеет, ряд особенностей, которые заставляют по новому оценить его опасность для окружающей среды, а именно:

- непрерывность работы, которая обуславливает круглогодичный выброс в атмосферу вредной свежеобразованной пыли подземных горных пород;
- отсутствие утвержденной методики учета его пылевых выбросов и загрязнения окружающей среды пылью;
- отсутствие объективной информации о рассеивании пыли и ее влиянии на окружающую среду и здоровье населения.

С учетом перечисленных особенностей и наметившейся тенденции в прогнозировании, нами была поставлена задача оперативного прогноза рассеивания и оседания пылевого выброса типового ВГП угольной шахты.

Очевидно, что для эффективного решения поставленной задачи потребуется предварительное определение и учет таких дополнительных факторов, как действующая или эффективная высота источника его характер: точечный, линейный или площадной; импульсный (мгновенный, одномоментный, разовый), периодический или непрерывный, а также дисперсный состав пыли и др. Поскольку учесть все факторы одновременно не представляется возможным, предлагается вначале выбрать подходящую математическую модель переноса и диффузии пыли, которая бы не противоречила существующему ОНД-86 [3] и разработать программу решения дифференциального уравнения доступными

для оперативного использования программными средствами, а специфику перечисленных источников учитывать при помощи дополнительных подпрограмм или модулей.

Вначале определимся с функциями, которые составляют ядро программы, а затем перейдем к определению или выбору основных и дополнительных констант, которые учитывают специфику источников.

Несмотря на разнообразие источников пыли, ядром алгоритма решения задачи рассеивания аэрозолей обычно служит аналитическое решение уравнения переноса и диффузии в пространстве и во времени, получаемое для точечного источника мгновенного пылевого выброса с использованием импульсной функции Дирака. В случае непрерывного стационарного источника постоянно действующий выброс обычно заменяют последовательностью мгновенных выбросов с последующим дополнительным интегрированием рассчитываемых концентраций во времени. Эффективное трехмерное решение получаемого интеграла на ограниченном интервале времени предложено в [2]:

$$\varphi(x, y, z, x_0, y_0, z_0, q) = \int_{\xi_1}^{\xi_2} \frac{q}{(2\sqrt{\pi\mu\xi})^3} \exp(-\sigma\xi) \times \exp\left(-\frac{(x - x_0 - u\xi)^2 + (y - y_0 - v\xi)^2 + (z - z_0 - w\xi)^2}{4\mu\xi}\right) d\xi, \quad (1)$$

где φ – распределение концентрации при выбросе q [кг/с] пыли в точке с координатами x_0, y_0, z_0 , кг/м³; $\mu \geq 0$ – коэффициент турбулентной диффузии, м²/с; u, v, w – соответственно две горизонтальные компоненты скорости ветра и скорость оседания частиц, м/с; здесь вместо вертикальной компоненты скорости ветра учитывается гравитационное оседание частиц в воздухе, которое задается параметром w со знаком минус (фактически – это скорость оседания или витания, соответствующая среднему или медианному размеру частиц выбрасываемой пыли, которая зависит от размера и плотности вещества частицы и может быть определена по номограммам, приведенным в [4]).

В модели (1) интервал интегрирования ограничен во времени до момента потери значимости величины, затухающей по экспоненте, и задается в виде

$$\xi_1 = (b - \sqrt{b^2 - ac}) / a; \quad \xi_2 = (b + \sqrt{b^2 - ac}) / a, \quad (2)$$

где $a = u^2 + v^2 + w^2$; $b = u(x-x_0) + v(y-y_0) + w(z-z_0) + 2M\mu$; $c = (x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2$; $M \approx 8$, причем, если $b < 0$, или $b - ac < 0$, то интеграл (1) не рассчитывается.

Это модель положена нами в основу программного алгоритма решения поставленной задачи. Для программирования использовалась среда пакета «Scilab», свободно распространяемого в Internet, что позволяет решать задачу пользователями любого уровня, включая специалистов и студентов. Схема вычисления интеграл (1) представлена на рис. 1.

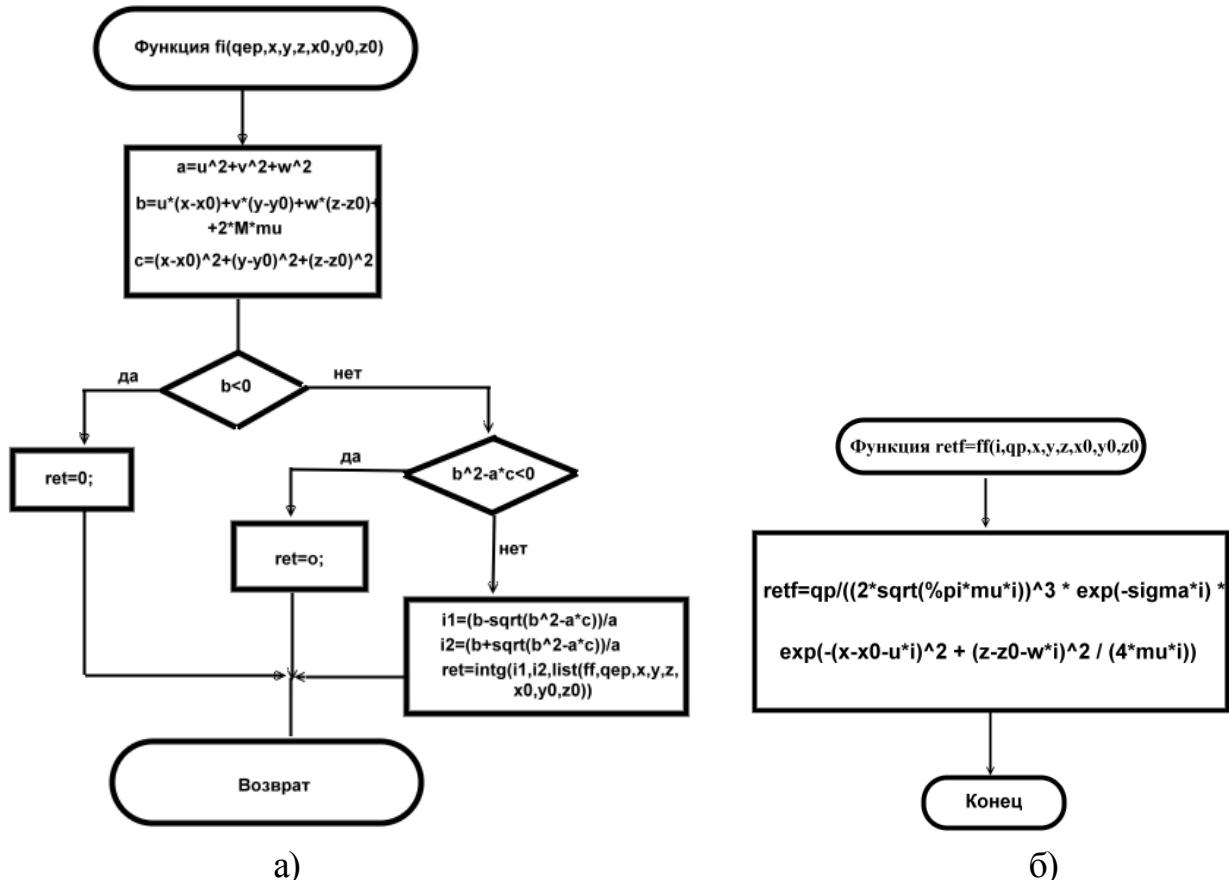


Рис. 1. Схема вычисления интеграла (1): а) модуль, учитывающий ограничения модели; б) процедура вычисления подынтегральной функции.

Поскольку в решении использовано значение скорости витания w отдельных частиц, это позволяет, наряду с вычислением полей концентрации φ , в отличие от известных моделей и программ, построить результирующее поле интенсивности оседания пыли на выбранном горизонтальном уровне z , в том числе и на уровне почвы ($z=0$). Вычислительная процедура при этом существенно не усложняется, поскольку значение φ в каждой расчетной точке умножается на значение w . Фактически, умножая φ , $\text{мг}/\text{м}^3$ на w , $\text{м}/\text{с}$, получим интенсивность оседания пыли на единицу поверхности в единицу времени P в $\text{мг}/\text{м}^2\text{с}$, а умножая на $86,4 \cdot w$ – в $\text{г}/\text{м}^2\text{сут}$. Указанная процедура записывается следующим образом:

```
//функция для вычисления интенсивности оседания пыли P(x)=w*C(x), г/м кв.сут,
deff(['z']=Surf(x,y)', 'z=86.4*abs(w(1))*fi(q0,x,y,z,epx0,epy0,epz0).
```

Теперь проанализируем выбор отдельных констант или других относительно редко меняющихся параметров модели (1), (2) с учетом специфики ВГП угольной шахты. В качестве примера рассмотрим ВГП с вертикальным выбросом, который установлен на главном стволе шахты «Западно-Донбасская» и имеет следующие необходимые для учета характеристики:

Выбрасываемое вещество – угле-породную пыль

Дисперсность пыли – полидисперсная пыль с размером частиц от 1 до 60-100 мкм

Средняя плотность вещества пыли – 1900 кг/м³

Температура выброса $T_b=24^{\circ}\text{C}$, т.е. выброс является холодным

Интенсивность выброса пыли $q=61,6 \text{ г/с}$

Высота устья диффузора над уровнем земли – 6,5 м

Ширина устья источника – 6 м

Средняя скорость выброса $W_0=11,9 \text{ м/с}$

Объём газо-воздушной смеси $V_1=430 \text{ м}^3/\text{с.}$

Вентилятор выбрасывает полидисперсную угле-породную пыль, плотность вещества которой изменяется в пределах от 1300 до 2500 кг/м³. Высота его вертикальной вентиляционной струи достигает 400 м, причем в безветренную погоду радиус струи на этой высоте составит примерно 90 м, а интенсивность выброса пыли, через единицу сечения на оси струи уменьшиться ориентировочно в 900 раз [5]. Поэтому важно определить высоту, которую можно принять за точку приложения всего выброса ВГП, как точечного источника, т.е. оценим его эффективную или виртуальную высоту.

В случае факельного выброса, высота виртуального источника H получается добавлением к действительной высоте h величины Δh , которая обусловлена подъемом струи. В общем случае Δh зависит от характеристики источника, метеорологических условий и свойств выбрасываемых веществ. При этом большинство формул для расчета высоты подъема струи, содержат компоненты, которые определяются моментом количества движений выбрасываемых газов и тепловой подъемной силой. Если не принимать во внимание устойчивость атмосферы и тепловую подъемную силу, то Δh для холодного выброса ВГП мы предлагаем воспользоваться формулой Голланда без компоненты, которая учитывает тепловую подъемную силу[5]:

$$\Delta h \approx 3 \cdot \frac{W \cdot b_0}{u}$$

где W – начальная скорость воздушной струи, м/с; b_0 – половина ширины диффузора вентилятора, м.

Для заданных условий ($W=12 \text{ м/с}; b_0=3 \text{ м}$) при среднегодовой скорости ветра $u = 3 \text{ м/с}$ $\Delta h = 35,7 \text{ м}$, а эффективная высота, с учетом фактической высоты установки над уровнем земли – 6,5 м, составит $H \approx 42 \text{ м}$. Примем за точку приложения всего выброса вентилятора высоту 40 м .

Теперь охарактеризуем параметр q (интенсивность пылевого выброса ВГП) на основе данных о его динамике. Для этого нами проводились наблюдения за уровнем запыленности воздушной струи в устье вентилятора. Содержание пыли в струе определялось при помощи портативного измерителя запыленности шахтной атмосферы (ИЗША) в рабочие (добычные) и ремонтные смены. Результаты замеров в рабочую смену представлены на рис. 2.

Анализ приведенной на рис. 4 диаграммы показал, что средняя запыленность выбрасываемого воздуха в рабочую смену составила $C_{\text{cp1}} \approx 20 \text{ мг/м}^3$ (жирная горизонтальная линия). В отсутствие горных работ, наблюдался относительно низкий уровень запыленности, средняя оценка которого составила $C_{\text{cp2}} \approx 13,5 \text{ мг/м}^3$ (нежирная линия на рис. 2). Обусловлен он постепенным выносом в воздуховыдающий ствол пыли из горных выработок действующих горизонтов.

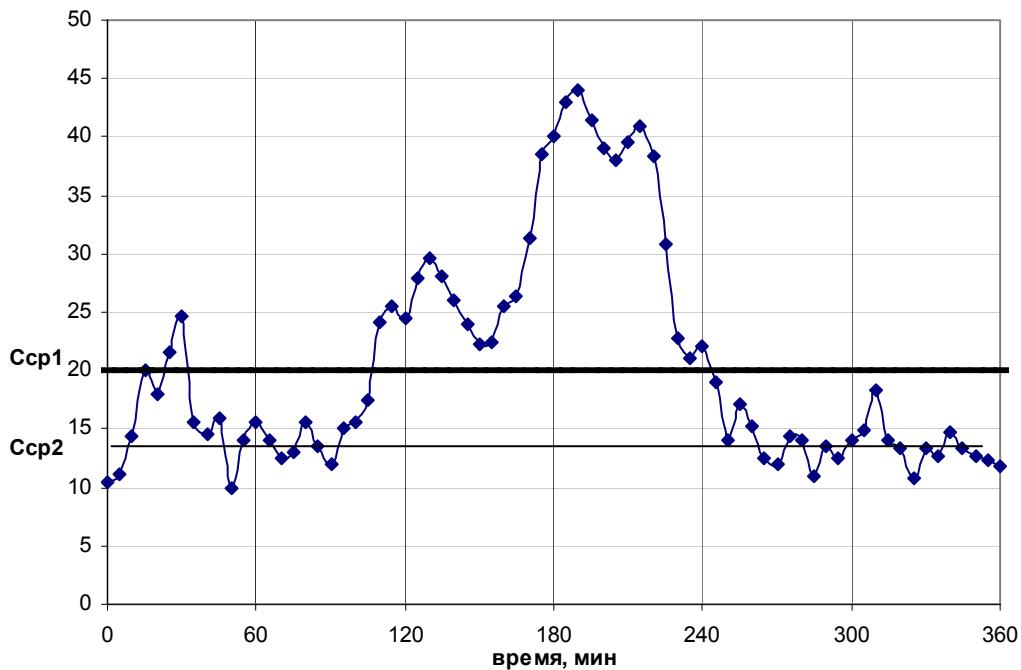


Рис. 2. Типичная динамика запыленности воздуха в устье ВГП в рабочую смену с интервалом 5 минут (шахта «Западно-Донбасская»)

Этот вынос связан с процессами оседания и взметывания пыли по всей длине горных выработок, которые не прекращающиеся длительное время после остановки горных работ [6]. Поскольку вынос пыли снижается довольно медленно, перерыв в одну ремонтную смену, когда не работают лавы, проходка и скиповoy подъем, лишь незначительно уменьшает $C_{\text{cp}2}$ (примерно до уровня 10...12 мг/м³, т.е. на 10...20%). Увеличение же содержания пыли в выбросе, достигшее 44 мг/м³, наблюдалось в середине смены, в определенной мере, связано с интенсивной работой скипового подъема в главном стволе и горными работами в лавах или в подготовительных выработках.

Сопоставляя полученные значения концентрации пыли, можно сделать вывод о том, что при постоянном объеме выбрасываемого воздуха, интенсивность выброса пыли в течение смены отклоняется в обе стороны от среднего значения, примерно в два раза. Тогда при среднем значении пылевого выброса ВГП, равном $q=61,6$ г/с (указано выше в характеристики ВГП), фактический выброс q может колебаться в пределах от 30 до 120 г/с.

Необходимо также иметь ввиду, что лавы и проходческие забои находятся от главного (воздуховыводящего) ствола, как правило, на значительном расстоянии. Поэтому их прямой вклад в пылевой выброс ВГП существенно ниже, чем вклад скипового подъема. Так, на основе сопоставления диаграммы (рис. 2) и аналогичных диаграмм, полученных на вентиляционных штреках лав, нами установлено, что на долю скипового подъема приходится от 1/3 до 1/2 всей выбрасываемой вентиляторами угольных шахт пыли, т.е. в среднем около 40 %. Таким образом, пылевой выброс ВГП – q распределяется между двумя шахтными источниками в пропорции 4:6, где 4 части – это доля скипового подъема, согласно полученных 40%, а 6 – доля горных выработок.

В связи с полученным результатом, допустима замена одного точечного источника пыли, каким является ВГП, двумя с мощностью, соответствующей указанным долям, и одинаковыми координатами, но с разным средним размером частиц выбрасываемой пыли (поскольку одна часть пылевого выброса образована при работе скрапового подъема, а другая – поступает в ствол из горных выработок, пройдя сепарацию за счет оседания крупных частиц). При таком условии, решение задачи рассеивания пыли можно получить суммированием результатов, полученных для двух источников, что несложно выполнить программно, используя функцию суммирования:

```
deff('[z]=Surf(x,y)','z=fi(q0,x,y,h,epx0,epy0,epz0)+fi(q1,x,y,h,epx1,epy1,epz1)');
```

В этом случае, ядро программы должно быть записано и выполнено дважды для соответствующих значений q_0 , q_1 и w_0 , w_1 , после чего выполняется процедура суммирования, что не рационально. Поэтому желательно учесть дисперсный состав пыли программно, в отличие от существующей практики задания среднего размера частиц и соответствующей ему скорости витания.

Вполне понятно, что для полидисперской пыли в вычислительный процесс необходимо вводить функцию скорости оседания частиц от их размера, определяемую функцией дисперсного распределения пыли. Это потребует дополнительной процедуры интегрирования по w . Однако, на практике дисперсность промышленной пыли чаще задают не функциями, а в виде таблиц массового распределения частиц по размерам, как правило, для 3–7 фракций. Такую таблицу мы предлагаем дополнить значениями скорости витания, соответствующими среднему размеру частиц каждой фракции, например:

Размеры частиц, мкм	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40
Масса доля частиц, %	12	23	37	22	6
Средняя скорость витания, м/с	0,0005	0,0035	0,015	0,045	0,07

Полученная таблица распределения скорости витания w_i заносится в программу, как показано на фрагменте:

```
//скорость оседания частиц
w = [-0.0005 -0.0035 -0.015 -0.045 -0.07];
//распределение размеров частиц, согласно массиву w
sp = [0.12 0.23 0.37 0.22 0.06];
```

Здесь sp – массовая доля частиц, согласно распределению дисперсного состава, но в долях единицы.

В этом случае, в программу вместо дополнительного интегрирования, без существенного снижения точности, включается циклическая процедура, в которой общая интенсивность выброса q разбивается на доли q_i , согласно табличному распределению w_i . По сути, один источник заменяется несколькими (от 3

до 7) с соответствующими w_i и q_i . При этом вычисляются долевые концентраций φ_i , создаваемые отдельными фракциями пыли, а результирующие значения в расчетных точках накапливается как сумма долей. Очевидно, что модуль, где вычисляется промежуточная функция `ret` (рис. 1 а), изменяется с учетом предложенного цикла.

Далее требуют выбора и задания компоненты скорости ветра u, v . Они идентифицируются на основе априорных метеорологических наблюдений либо путем непосредственных измерений скорости ветра на высоте до 2-х метров от земной поверхности анемометром с последующей интерполяцией на другую высоту по известным достаточно достоверным зависимостям, которые связаны с устойчивостью атмосферы. Причем для сокращения времени вычислений в программе целесообразно одну компоненту скорости приравнять нулю, тогда пространственная картина рассеивания пыли будет симметрична относительно направления скорости ветра. При этом нетрудно получить профиль концентрации пыли в воздухе в направлении ветра по мере удаления от источника, который можно сопоставить с профилем, получаемым по методике ОНД-86, а также аналогичный профиль интенсивности оседания. Ниже приведены использованные для этого функции:

```
//функция расчета C(x), мг(г)/м куб. на заданной линии
deff('[z]=linfi(x)','z=fi(q0,x,liny,linz,epx0,epu0,epz0)');
//функция для вычисления интенсивности оседания полидисперсной пыли на заданной
//линии P(x)=w*C(x), г/м кв.сут, т.е. предыдущее, умноженное на 86,4*|wi|
deff('[z]=linfiw(x)','z=86.4*fi(q0,x,liny,linz,epx0,epu0,epz0)*(sp(1)*abs(w(1))+sp(2)*abs(w(2))+
sp(2)*abs(w(3))))');
```

Наиболее сложной задачей является идентификация коэффициента диффузии аэрозолей – μ (tu), который связан с турбулентностью атмосферы, ее стратификацией и скоростью ветра – u . Поскольку эти факторы довольно быстро меняются, в среднесрочном прогнозе имеет смысл опираться на усредненные значения упомянутых коэффициента диффузии, который можно выбрать из соотношения $\mu = (0,1\dots 1)\mu$ [2].

Возможны и другие способы оценки значения μ . Так, поскольку помимо загрязнения атмосферы нас интересует и загрязнение почвы, которое происходит не за один день, мы предлагаем определить среднее для региона значения μ на основе экспериментального определения интенсивности пылеотложения на почвах, прилегающих к территории горных или промышленных предприятий.

Известно, что характер профиля концентрации пыли или интенсивности ее оседания в приземном слое атмосферы в направлении ветра, т.е. положение максимума и степень снижения по мере удаления от источника, определяются скоростью ветра и турбулентной диффузией. Поскольку оседающая пыль, увеличивает общее содержание загрязняющих веществ в верхнем слое почвы, то их содержание по мере удаления от источника пыли должно иметь характер, аналогичный профилю концентрации пыли. Поэтому, определив средний профиль содержания, например, тяжелых металлов, по мере удаления от источника, полу-

чим профиль интенсивности оседания пыли, который зависит от турбулентной диффузии. Остается, задавая типовые или средние значения скорости ветра, и фиксируя другие параметры, в частности средний медианный размер частиц пыли, подобрать значение коэффициента диффузии, которое обеспечит профиль интенсивности оседания пыли или ее концентрации, аналогичный распределению загрязнителей в почве.

Таким же путем, с целью определения коэффициента турбулентной диффузии, мы предлагаем использовать зависимость оседания пыли на листве деревьев по мере удаления от ее источников. Для получения такой зависимости мы анализировали пыль, осевшую, в частности, на листьях тополиной лесопосадки вдоль ровного радиального участка дороги, ведущей к шахте [7].

Некоторые результаты апробации разработанного программного алгоритма при расчете рассеивания и оседания пыли, выбрасываемой из ВГП шахты, виртуальная точка выброса которого (*) имеет координаты: $x_0=10$ м; $z_0=H=40$ м; $y_0=70$ м «Западно-Донбасская» представлены на рис.3

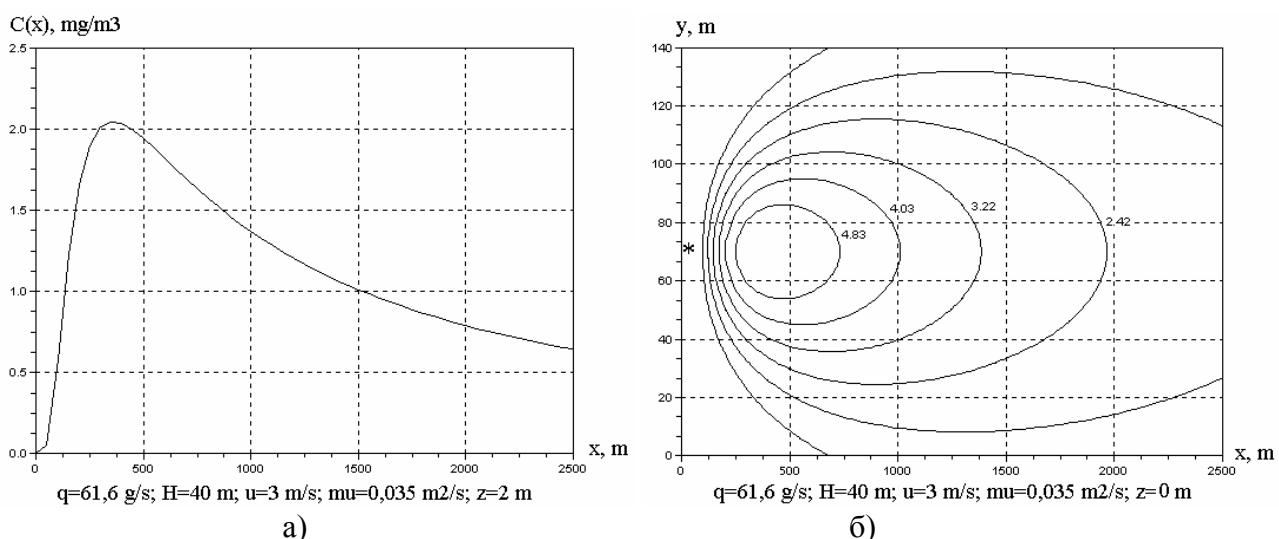


Рис. 3. Результаты расчета рассеивания и оседания пыли для среднего размера частиц 25 мкм: а) – содержание пыли на уровне 2 м от земной поверхности в направлении ветра; б) – интенсивность оседания пыли на земную поверхность, $\text{г}/\text{м}^2\text{сут}$.

При расчетах с учетом полидисперсного состава пыли задавались два граничных дисперсных состава пыли, соответствующих грубой пыли (доля склонового подъема) и тонкой (доля горных выработок), либо использовалось одно распределение, но полученное усреднением граничных в упомянутой выше пропорции 4:6. В качестве иллюстрации, на рис 4 представлены соответствующие эпюры концентрации частиц пыли на уровне 2 м от земной поверхности.

На средней эпюре (жирная линия на рис. 4) обращает на себя внимание область практически равной концентрации величиной около $4 \text{ мг}/\text{м}^3$ (условное значение), которая простирается в радиальном направлении от источника, примерно от 600 до 3400 м. Такой результат отличается от эпюры, получаемой по методике ОНД-86 (аналогична представленной на рис. 3 а), которая дает после всплеска концентрации вблизи источника последующее монотонное ее снижение.

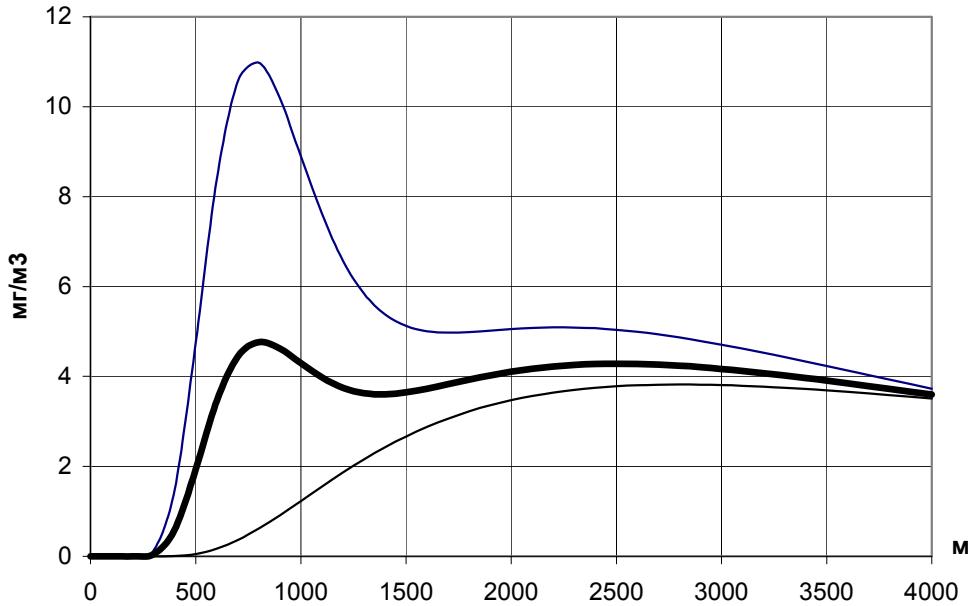


Рис. 4. Результаты расчета рассеивания и оседания полидисперсной пыли: верхняя кривая соответствует грубой пыли, нижняя – тонкой, а жирная линия отвечает пыли усредненной дисперсности.

Таким образом, расчет рассеивания пыли с учетом ее полидисперсности дал качественно новую картину рассеивания пыли от ВГП, а значит и ее оседания на земную поверхность. Так, при средней скорости ветра 3-4 м/с в направлении ветра от ВГП образуется равномерно запыляемый участок территории (при изменении направления ветра - шлейф), ширина которого для заданных условий составила около трех километров. Причем в разное время суток, совпадающее с пиком интенсивности добывочных работ и выдачи угля и породы на поверхность, уровень запыленности на этом участке может превышать ПДК пыли. При этом содержание пыли у земли прямо пропорционально интенсивности пылевого выброса вентилятора, а интенсивность загрязнения грунта на упомянутом участке будет зависеть еще и от розы ветров.

Как видим, в отличие от существующих представлений об интенсивном оседании пыли лишь вблизи ВГП, т.е. в пределах санитарной зоны, в области интенсивного воздействия пыли оказалась территория примерно в 12 квадратных км. вокруг шахты, куда, в рассмотренном примере, попадает и жилая застройка. Примечательно, что такой же вывод был сделан авторами на основе оценки оседания пыли на листве деревьев [7]

В заключение отметим основные результаты выполненной работы:

- предложен достаточно простой и гибкий программный алгоритм, который может служить инструментом для оперативного прогноза рассеивания и оседания пыли вблизи вентиляторов главного проветривания и других шахтных источников полидисперсной пыли, причем для его построения использовался компьютерный пакет «Scilab», свободно распространяемый в Internet, что позволяет решать задачу пользователями любого уровня, включая специалистов и студентов;

- использование предложенного программного алгоритма позволило получить новые данные о распространении пылевых выбросов горных объектов, в частности ВГП, в области интенсивного воздействия пылевого выброса которого (в отличие от существующих представлений об интенсивном оседании пыли лишь вблизи него, т.е. в пределах санитарной зоны) оказалась территория примерно в 12 квадратных км. вокруг шахты.

Литература

1. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М.: Наука, 1982. – 320 с.
2. Беляев Н.Н., Коренюк Е.Д., Хруш В.К. Методы экспресс расчета уровня загрязнения атмосферы. – Днепропетровск: Наука и образование, 2002. – 192 с.
3. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. Госкомгидромед. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 94 с.
4. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов.–Л.: Химия, 1987.– 264 с.
5. Kolesnik V.E., Golovina L. A. Prediction of diffusion process of the main coal-mine fan dust emission on the basis of computational experiment //Scientific Bulletin of NMU, 2006. –№ 5 – Р. 82 – 86.
6. Колесник В.Е. Ткаченко С.Н. Моделирование процесса распространения и отложения пыли в горных выработках с учетом ее поступления от источников и в результате взметывания // Науковий вісник НГУ. -2003. - № 2. - С. 78 - 80.
7. Колесник В.Е, Кеба Л.А Моделирование процесса рассеяния пыли по данным контроля пылеотложения на листве деревьев // Науковий вісник НГУ. –2005. –№ 12 – С. 91 – 94.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Голинько В.И.
Поступила в редакцию 25.09.06*

УДК 378.147.007.2

© А.Я. Рыбалко, Н.П. Уланова, Л.И. Мещеряков, А.А. Штыхно

РАЗВИТИЕ е-ОБРАЗОВАНИЯ В НАЦИОНАЛЬНОМ ГОРНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

В работе рассмотрен опыт внедрения системы е-образования в Национальном горном университете на базе программных продуктов корпорации IBM.

В роботі розглянуто досвід впровадження системи е-освіти в Національному гірничому університеті на базі програмних продуктів корпорації IBM.

In paper describes the experience of the development and introduction of e-education at National Mining University based on the IBM software products.

Современное развитие общества невозможно без высокотехнологичного образования. В первую очередь это связано с необходимостью быстрой адаптации к новым рыночным отношениям, потребностью индивидуумов в постоянном повышении общеобразовательного и культурного уровня во все возрастающем информационном потоке. Сегодня решение проблем е-образования является одним из важнейших социальных механизмов, способствующих успешной реализации доктрины “учение на протяжении жизни” (life-long learning). Представ-

ляемые им возможности овладения новыми профессиями и специализациями, повышение квалификации, удовлетворение потребностей в саморазвитии и самореализации придают уверенность в завтрашнем дне, обеспечивают социальную защищенность граждан. Тесно связанное с использованием коммуникационных и информационных технологий, оно становится неотъемлемым и все более значимым элементом системы высшего образования.

Одной из ключевых характеристик инновационных технологий обучения является доступность, понимаемая как возможность получения необходимой информации и образовательных услуг в любое время и из любой точки. Развитие средств дистанционного доступа к продуктам и услугам учебного назначения, реализация обратной связи, общения с преподавателями и студентами позволяет осуществлять учебный процесс вне учебных аудиторий.

Базируясь на новейших информационных и телекоммуникационных средствах, технологии е-образования способствуют оперативной и непрерывной модернизации содержания учебных дисциплин, вызванных динамичными изменениями требований рынка труда.

Другой особенностью инновационных технологий является индивидуализация при сохранении целостности процесса обучения, направленная на более эффективное усвоение учебного материала. Основой образовательного процесса при этом является интенсивная самостоятельная работа, проводимая с использованием гибких многоуровневых программ, учитывающих накопленные индивидуумом знания, предыдущий опыт. Модульность построения учебного процесса, надлежащая организация получения информации, высокий уровень использования тренинговых программ, объем и широта справочных систем и библиотечных фондов, консультационные услуги, предоставляемые через электронную почту и Интернет, позволяют глубже осваивать материал курсов в свободном временном режиме. Активное двунаправленное взаимодействие обучаемого и обучающего, базирующееся на широком использовании современных коммуникационных технологий, проведение аудио и видео конференций, самотестирование и тестирование формируют у студентов потребности и способности к самообразованию, умение коллективно решать практические задачи, побуждают обучаемого ответственней относиться к своему образованию. Помимо своей эффективности дистанционное обучение позволяет полнее использовать научно-методический потенциал высшей школы, предоставляет возможности обмена информацией с заинтересованными научными и учебными организациями, расширяет профессиональные международные контакты.

Возникшие в результате информатизации общества и формирования рыночных отношений в системе образования дистанционные технологии обучения можно подразделить на следующие:

- кейс-технология (близкая к технологии заочного обучения), когда обучаемый получает необходимый набор учебно-методической литературы (кейс) по учебным дисциплинам, изучает его самостоятельно, а в случае необходимости консультируется у тьютеров в консультационных центрах;

- TV-технология, которая предполагает использование телевизионных лекций и консультаций у преподавателей;

- сетевая технология, которая обеспечивает передачу учебно-методической литературы по сетям Инtranет и Интернет, обеспечивает интерактивное взаимодействие как между преподавателем и обучающимся, так и между обучающимися.

Максимальная эффективность учебного процесса различных форм обучения достигается сочетанием всего многообразия образовательных технологий.

Внедрение Интернет-технологий в Институте заочно-дистанционного образования, входящего в структуру Национального горного университета ведется согласно программе развертывания е-образования в НГУ [1] с учетом потенциальных потребителей в сфере высшего образования [2]. Развитие электронного образования в университете обеспечит:

- возможность получения образования для всех категорий граждан без исключения;
- свободу в выборе места обучения;
- условия для составления индивидуальной образовательной траектории, выбора модулей учебных курсов;
- условия для введения опережающего образования с целью повышения конкурентоспособности обучаемого на рынке труда;
- увеличение контингента обучаемых;
- снижения стоимости обучения.

Переход на современные технологии невозможен без соответствующего научного потенциала, реальных пользователей дистанционной формы обучения, необходимой материально-технической базы и кадрового обеспечения.

Достижение определенных результатов в организации электронного образования связано с накоплением информационно-образовательных баз данных и знаний, разработкой методик и программ обучения на базе инновационных технологий, совершенствованием образовательных коммуникационных возможностей университета, подготовкой кадров, владеющих современными технологиями.

Создание структуры е-образования в НГУ потребовало выбора целостного программного комплекса, обеспечивающего образовательные, инновационные и управляющие функции в учебном процессе. Анализ существующих образовательных сред показал, что платформа Lotus LearningSpace наиболее полно обеспечивает организацию всех видов деятельности, реализуемых университетом. На Украине эта интегральная среда разработки и сетевой поддержки учебного процесса используется в УЦДО, КНУ, ГУИКТ, ГУЦ, МАУП и в целом ряде других учебных заведений [3].

Программный продукт Lotus LearningSpace представляет собой инструментальное средство, ориентированное на профессорско-преподавательский состав учебного заведения, который не имеет специальной подготовки в области компьютерных технологий, позволяя создавать электронные пособия с помощью шаблонов и компоновки объектов.

Особенностями LearningSpace является широкая поддержка для создателей учебных курсов, удобное администрирование процесса обучения, обеспечение передачи материала через электронную почту.

Пакет LearningSpace поддерживает все три режима сетевого обучения: самостоятельно контролируемого обучения, режимы асинхронного и синхронного обучения.

Платформа LearningSpace инсталлирована в Windows 2000 серверную операционную систему при поддержке Lotus-Notes Domino сервера, обеспечивающего коммуникации, коллективную совместную работу и совместное использование данных. Она имеет встроенный инструментарий для разработки, управления и администрирования дистанционных курсов: Lotus-Notes Client, Designer и Administrator.

Пакет LearningSpace включает в себя пять специальных интерактивных модулей баз данных, которые обеспечивают работу с курсами:

Schedule – Планировщик – модуль, который содержит программу курса, назначение и объекты обучения. Он обеспечивает доступ студента к учебным материалам и ресурсам для оценки знаний (опросам, экзаменам и тестам для самопроверки);

MediaCenter – Центр материалов – в нем хранятся учебные мультимедиа данные. Этот модуль может также интегрировать информацию из Web и содержимое других внешних источников информации;

CourseRoom – Классная комната – служит интерактивной средой для поддержки коллективной работы над заданиями и проектами, поддерживает множество уровней общения между студентами и между преподавателями и студентами;

Profile – Профили – база данных, содержащая информацию об обучаемых и преподавателях (их адреса, контактные номера телефонов и др.);

Assesment Manager – Диспетчер оценок – модуль, используемый преподавателями для оценки обучаемых. Диспетчер оценок обеспечивает средства для управления документооборотом процесса аттестации студентов. В эту базу данных передаются для проверки выполненные контрольные работы, результаты зачетов и экзаменов.

Программный продукт LearningSpace предоставляет в распоряжение разработчиков возможность эффективного использования видеоматериалов, презентаций, таких инструментальных средств как Macromedia, IBM Knowledge Producer.

На первом этапе развития е-образования в НГУ осуществлялась подготовка и усовершенствование информационно-технической базы, создание необходимых условий для дистанционного обучения:

- настройка канала связи сервера сети Института ЗДО с сервером университета для выхода в глобальную сеть Интернет;
- объединение сети Института ЗДО со всеми подразделениями университета для обеспечения обмена информацией внутри НГУ;
- обеспечение доступа к библиотечным ресурсам;
- создание специализированных поточных аудиторий для организации видеотрансляций и видеоконференций, проведения с использованием инновационных технологий тестирования абитуриентов и студентов;

- создание лаборатории дистанционного образования для разработки и аprobации учебно-методических материалов и методик проведения дистанционного обучения, а в дальнейшем – для организации подготовки и сертификации преподавателей и тьюторов системы дистанционного образования;
- создание Web-сайта Института ЗДО.

В настоящее время формируется нормативно-документальная база системы дистанционного образования НГУ. Она включает в себя:

- Правила о порядке организации обучения по дистанционной форме в Национальном горном университете;
- Положение о преподавателях-тьюторах;
- образцы документов: заявлений, анкет обучаемых, карточек учета;
- типовой контракт об оказании услуг дистанционного обучения и сопутствующие ему смета расходов, прейскурант оплаты дистанционных образовательных услуг, условий оплаты учебно-методической работы профессорско-преподавательского состава, занятого в системе дистанционного образования.

Использование технологий дистанционного обучения требует решения не только чисто технических задач, связанных с обновлением оборудования, техническим оснащением, улучшением компьютерной базы. Это и сложнейшая управляемая задача по формированию новой образовательной деятельности, по подготовке преподавательского состава, способного проектировать и разрабатывать учебные курсы, проводить консультации с использованием современных средств коммуникации. Для решения этой задачи необходимо организовать постоянно действующий семинар дистанционных форм обучения НГУ, продолжать практику повышения квалификации в УЦДО при МОН Украины.

Учебно-методическая база данных содержит рабочий план специальности с информацией о дисциплинах, изучаемых на протяжении всего срока обучения с указанием объема лекционных, лабораторных и практических занятий, форм итогового контроля, наличия контрольных и курсовых работ. Нормативные дисциплины и дисциплины по выбору студентов выделяются отдельно.

Для организации и ведения процесса обучения по дисциплине в учебно-методические материалы включена учебная программа, в которой определены цели и задачи, место дисциплины среди других дисциплин. С ее помощью обучающий может ознакомиться с содержанием, методическим построением, последовательностью изучения дисциплины. Она является основой презентации, предваряющей учебный материал по дисциплине.

Теоретическая часть курса содержит конспект лекций, методическое пособие, обеспечивающее навигацию учащегося в процессе освоения содержания дисциплины, основные и дополнительные учебные материалы, хрестоматию, глоссарий.

Практикум включает в себя сборники задач, задания по лабораторным работам, курсовым работам и проектам, методические указания по выполнению этих работ, примеры оформления заданий и отчетов.

Система LearningSpace обладает высокой степенью защиты размещенного материала от копирования отдельных частей в целях распространения с нарушением авторских прав.

Основными структурными элементами е-образования на базе НГУ являются:

- региональный центр сети УРАН;
- Национальный горный университет;
- Институт заочно-дистанционного образования при НГУ;
- пользователи Инtranет НГУ;
- пользователи сети Интернет;
- учебные центры в других городах.

Для организации и объединения всех этих элементов используется иерархическая структура взаимодействия серверов, которая базируется на стандарте X.500 [4]. К первому из четырех возможных уровней иерархии данного стандарта следует отнести сервер LearningSpace Института ЗДО и сервер электронной Интернет/Инtranет почты, расположенный в НГУ. Ко второму уровню иерархии будут относиться групповые LearningSpace/почтовые серверы учебных центров других городов.

Взаимодействие между серверами первого уровня обеспечивается механизмом репликации баз данных электронных курсов с помощью постоянного соединения по наиболее распространенному в сети Интернет протоколу обмена данными TCP/IP. Взаимодействие между серверами первого и второго уровня будет осуществляться по протоколу X.PC, который позволяет при использовании прямого коммутированного соединения Notes соединяться серверам Domino, не имеющим прямого физического соединения между собой.

Возникновение е-образования во многих странах мира явилось объективной потребностью развития современного общества. Роль информационного обеспечения образовательного процесса, в том числе и средствами Интернет, постоянно возрастает. Именно поэтому внедрение системы е-образования в нашей стране является актуальной задачей, требующей выполнения большого объема работ. Объединение усилий учебных заведений и учреждений позволит создать и развить единое информационное образовательное пространство Украины, реализовать главные человеческие потребности в образовании, общении, самореализации.

Литература

1. Рибалко А.Я., Бусигін Б.С., Коротенко Г.М., Коротенко Л.М., Буряк М.В.Проект розгортання системи (комплексу) е-освіти на базі програмних продуктів корпорації IBM у Національному гірничому університеті // Науковий вісник НГАУ, 2002. – №5. – С. 6-9.
2. Н.П.Уланова, В.В.Приходько, А.А.Штыхно Маркетинг е-образования // Науковий вісник НГУ. 2005. – №5. – С. 62-63.
3. Шуневич Б.И Дистанционное обучение на Украине: учебные программы, курсы, программное обеспечение // Открытое образование, 2003. – № 2. – С. 41–47.
4. Libby Ingrassia Schwarz, Ben Malekzadeh, Greg Neilson, Susan Sann Mahon, Marie Britton, John E. Hutton, Khyle Keys, Chris Noffke, Scott L. Thomas: All-in-One Lotus Notes & Domino R5 Exam Guide / McGraw-Hill, 2001. – P.1326.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Ткачевым В.В.
Поступила в редакцию 14.09.06*

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОРГАНІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ЕКСТЕРНІВ

В статті розглянуті особливості організації навчання за екстернатною формою з використанням сучасних інформаційно-комунікаційних технологій та їх вплив на зміну світогляду студентів екстернів.

В статье рассмотрены особенности организации экстернатной формы обучения с применением современных информационно-коммуникационных технологий и их влияние на изменение мировоззрения студентов - экстернов.

In clause the features of organization of the continuous form of training with application of modern information technologies, their influence on change of outlook of the students are considered.

В умовах ускладнення соціальної і технічної інфраструктури суспільства, вирішальною стає зміна взаємовідносин людей і інформації, «Інформаційна революція», як і попередні: «агарна» і «індустріальна» революції, вирішуючи одні проблеми в свою чергу, породжує нові. Однією з таких проблем є наявність надлишку доступних багатьом сучасним людям даних, яких з'являється значно більше, ніж в змозі «переварити» людська свідомість.

В світі щорічно публікується більше 40 тисяч наукових статей. Фахівці скаржаться, що вони не встигають стежити за оперативною інформацією, що відноситься до області їх професійних інтересів. Інформатизація освіти – це процес підготовки людини до повноцінного життя в умовах інформаційного суспільства. При цьому слід відзначити, що інформатизація освіти є не тільки наслідком, але і стимулом розвитку нових інформаційних технологій, вона сприяє прискореному соціально-економічному розвитку суспільства в цілому.

Збільшення ритму зміни технологій, вплив збурюального чинника – старіння суспільства, перехід до ринкових умов господарювання обумовлюють зростання попиту на освітні послуги з боку дорослих людей. Це стосується різних прошарків населення – від тимчасово безробітних до осіб, які вже мають вищу освіту і займають певні службові чи адміністративні посади.

Як свідчать результати досліджень, що проведені авторами у Міжгалузевому інституті безперервної освіти Національного гірничого університету [1,2,3], бажання отримати якісну освіту, а не лише формальне підтвердження освітньо-кваліфікаційного рівня (дипломи бакалаврів, спеціалістів і магістрів) мають перш за все керівники і менеджери комерційних фірм, крупних підрозділів промислових підприємств, для яких потреба у продовженні навчання обумовлена недостачею сучасних знань з конкретного фахового напряму, необхідних для прийняття кваліфікованих рішень.

Зростання попиту на навчання за екстернатною формою, що дозволяє отримувати освітні послуги без відриву від активної професійної діяльності, пояснюється об'єктивною потребою дорослих людей, які з певних життєвих обставин не мають змоги навчатись за очною чи вечірньою формами.

Для екстернів одним з пріоритетних є питання ефективного використання часу. Зазвичай, до інформації, що характеризується коротким терміном актуальності, відноситься тижневий розклад консультацій викладачів, конкретні строки захисту курсових робіт та проектів тощо. Своєчасне отримання актуальної організаційно-методичної інформації надає змогу екстернам оптимізувати розподіл власного часу, підвищуючи гнучкість керування навчальним процесом за умови забезпечення високої якості освіти.

Проведені дослідження [1,4,5] показали, що ініціаторами продовження навчання дорослих людей є сама особистість (80,6% у екстернів та 75,3% у вечірників), що свідчить про осмислене власне рішення. Домінуючим фактором, що впливав на мотивацію рішення щодо продовження навчання у вищому навчальному закладі більшість респондентів визначили кар'єрне зростання (53,5% у екстернів та, відповідно, 37,4% у студентів, що навчаються за вечірньою формою). Другим по значущості у екстернів є бажання змінити спеціальність (21,2%), а у вечірників – отримання нових знань (31,7%). Збільшення заробітної плати очікують 12,9% екстернів (третій показник за рейтингом мотивації) та лише 7,6% вечірників (четвертий за рейтингом).

Певна кількість екстернів поєднують бажання кар'єрного росту з отриманням нових знань (7,2%), зі збільшенням матеріального достатку (14,2%) та зміною професії (10,8%). Відповідно, у вечірників ці показники становлять 14,1%, 4,7%, та 2,8% (рис. 1).



Рис. 1 Рейтингова оцінка мотивації рішення щодо продовження навчання

Водночас слід враховувати, що інформатизація освіти – це процес підготовки людини до повноцінного життя в умовах інформаційного суспільства. Інформатизація освіти є не тільки наслідком, але і стимулом для впровадження нових інформаційних технологій, вона сприяє прискореному соціально-економічному розвитку суспільства в цілому. Лімітуючим фактором при розробці та впровадженню в освітню діяльність сучасних інформаційно-комунікаційних технологій є не наявність сучасних інформаційних засобів, а кваліфікація фахівців, які були б спроможні генерувати нові ідеї і втілювати їх у педагогічну практику ефективно використовуючи сучасний інформаційний інструментарій.

Сучасні технології вимагають від педагога вміння не тільки навчити студента вчитися, опанувати методологіями отримання знань, але й приймати креативні рішення чому й як вчитися з урахуванням швидкого старіння інформації (короткий термін актуалізації), зміни вимог до фахових складових спеціалістів. Це призводить до розширення педагогічних функцій та обов'язків викладачів. Слід навчити студента робити правильний вибір, селектувати інформацію, що надходить, робити аналіз про найбільш необхідне й актуальне на поточний час інформаційне оточення. Без наявності творчої, дослідницької складових у процесі навчання неможливо забезпечити підготовку сучасного якісного фахівця, який відповідає вимогам часу й може самостійно виконувати структурування, оцінку ступеню актуальності інформаційного потоку, ефективно виділяти пріоритетні напрями власного професійного розвитку.

Кatalізатором активних змін в освіті є глобалізаційні процеси побудови єдиного світового і європейського економічного, інформаційного, освітнього просторів.

Освітні процеси сьогодні – це одночасно і бізнес – процеси, і технологічні процеси, і науково – педагогічні технології [6,7]. Складність ефективного використання в педагогічній практиці сучасних інформаційно-комунікаційних технологій за умови значного зростання попиту на безперервну освіту полягає в тому, що сучасні комп’ютери й глобальні інформаційні мережі (включаючи мобільний зв’язок) вимагають зміни стилю мислення, іншого, нового сприйняття навколошнього інформаційного середовища і взаємодії з ним. Впровадження в освітній процес екстернів сучасних інформаційно -комунікаційних технологій вимагає формування у студентів іншої інформаційної культури, перехід до іншого, більш високого рівня психосемантичної самоорганізації особистості, нової схеми пізнання й оволодіння світом. Вирішення цих завдань дозволить забезпечити:

- демократизацію доступу до інформаційних ресурсів;
- актуалізацію та оперативність доставки сучасного інформаційного науково-освітнього контенту;
- підвищити ефективність і гнучкість організації навчального процесу підготовки фахівців;
- надання можливості мобільного доступу до освітніх ресурсів;
- за рахунок використання методів дистанційного доступу оптимізувати витрати на організацію навчального процесу.

Пропаганда і розвиток сучасної відкритої освіти можливі шляхом створення багатофункціональних, різнорівневих, інформаційних науково-освітніх порталів вищих навчальних закладів, які сприятимуть розвитку якісно нових Інтернет-проектів у сфері освіти.

Екстернатна форма підготовки вимагає якісного науково-методичного забезпечення навчального процесу, розробку необхідних навчальних і атестаційних матеріалів. Відповідно до цих вимог слід також розглянути і вирішити питання науково-методичного забезпечення об'єктивного контролю знань, атестації, оглядових і установчих лекцій, консультацій, та самостійної роботи екстернів.

З метою впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій в освітню діяльність, а також враховуючи особливості організації екстернатної форми підготовки майбутніх фахівців у Національному гірничому університеті протягом останніх років проводиться дослідження щодо створення науково-освітніх порталів, а також напрацювання досвіду використання систем мобільного зв'язку як інструментарію оперативного дистанційного доступу до освітніх ресурсів. В якості ініціативного пілотного проекту в НГУ розгорнуто порталне рішення, що відповідає вимогам MSA 2.0 і концепції Microsoft Learning Gateway. Освітньо-науковий портал надає його користувачам наступні можливості:

- електронне листування;
- організацію робочого часу, зустрічей та зборів за допомогою електронних календарів та системи сповіщення;
- мобільний доступ до поштових скриньок;
- публічні папки для роботи над одними входженнями багатьма учасниками;
- технологію синхронізації даних ActiveSync;
- веб-доступ до поштової скриньки, глобального каталогу імен;
- миттєве електронне листування та трансфер файлів;
- аудіоконференції;
- SIP-телефонію;
- планування занять за допомогою механізму Curriculum Editor;
- генерацію освітньо-наукового контенту або розвитку контенту ззовні;
- розробку етапів навчання студентів (модулі, курси);
- налаштування етапів звітності (контроль знань);
- керування авторськими правами та ролями доступу до навчальних ресурсів.

Розробка інтегральних, мультидисциплінарних екзаменів дозволяє зменшити кількість екзаменаційних процедур і, таким чином, зробити організацію атестації екстернів прозорою, більш раціональною і економічною, підвищити ефективність атестації.

Застосування науково обґрунтованого, комплексного, системного підходу до проблеми інформатизації освіти забезпечує:

- доступ студентів і викладачів вищих навчальних закладів до високоякісних локальних і мережевих освітніх інформаційних ресурсів;
- можливість проведення об'єктивного і прозорого тестування і оцінки якості освіти;
- методичну підтримку і можливість безперервного підвищення кваліфі-

кації викладачів освітніх установ;

– підключення ВНЗ до глобальних інформаційних ресурсів з використанням високошвидкісних каналів;

– перехід до системи відкритої освіти на основі інтерактивних дистанційних технологій навчання;

– поетапний перехід до нових сучасних принципів організації і управління освітньою діяльністю.

Слід зазначити, що наявність сучасного інформаційного інструментарію не зменшує вимог до попередньої підготовки й кваліфікації студентів. Освіта - це не тільки процес адресації інформації до інтелекту споживача, але й звертання до його світогляду з урахуванням попереднього життєвого досвіду. Оскільки немає двох однакових людей з однаковим рівнем підготовки, ерудованості, професіоналізмом, життєвим досвідом, то система освіти повинна надати можливість вибору індивідуальної траєкторії отримання знань. Таким чином педагог повинен навчити не тільки конкретним знанням з будь - якої галузі, але й допомогти прийняти рішення стосовно етапності, змістовності, ступеню поглибленості вивчення дисципліни з урахуванням горизонтальної, вертикальної та перехресної взаємодії змістовних елементів. Досягнути потрібної гнучкості у викладанні будь - якої дисципліни за допомогою інформаційних технологій можливо, але їх наявність не зменшує гостроту питання наповнення освітнього процесу якісним контентом.

Для ознайомлення, закріплення й розуміння методології використання сучасних технологій щодо отримання інформації, слід навчити студентів насамперед не тільки механістичним прийомам (послідовність «клікання» маніпулятором), а головне - побудові стратегії розвитку власного освітнього майбутнього з чітким формулюванням короткочасних цілей (тактичний підхід), досягнення яких дозволяє реалізувати етапно-кінцеву мету. Це вимагає від екстерна стратегічного прогнозування власної освітньої траєкторії на довгостроковий період, що можливе за допомогою кваліфікованого досвідченого педагога. Тобто постає необхідність у підготовці екстернів до отримання знань у новому форматі.

Для студентів екстернатної форми навчання характерна нечітка визначеність у термінах отримання освітніх послуг, на що впливає фінансове становище екстерна, його професійна діяльність, навіть можлива зміна місця роботи.

Водночас необхідність генерування якісного освітнього контенту висувають нові вимоги й до педагогів.

Вважається, що кожні вісім років кількість знань, якою оволодіває людство, подвоюється. Кількість комп’ютерів, що є в користуванні людства, сягнула мільярда. Вказані явища є ознакою того, що фактично інформаційне суспільство, основним ресурсом якого є інформація, вже безпосередньо формує правила на ринку праці й освіти. Враховуючи бурхливі процеси глобалізації, можна зробити висновок, що українська освіта знаходиться під безпосереднім впливом правил інформаційного суспільства. Розвиток інформаційно-комунікаційних технологій при одночасному динамічному збільшенні обсягу інформації, яка необхідна сучасному фахівцю для конкурентоспроможності на ринку праці, зумовлює необхідність дослідження й розробки методологічних зasad впровадження сучасного освітнього контенту.

дження і використання комп'ютерних технологій в сучасному педагогічному процесі у вищій технічній школі.

Використання у педагогічній практиці технологій дистанційного доступу до освітньо-наукових ресурсів вищого навчального закладу на основі сучасних інформаційно-комунікаційних систем, у тому числі - мобільного зв'язку, сприятиме подальшому розвитку екстернатної форми освіти в технічних університетах, що з урахуванням її гнучкості й спроможності швидко реагувати на зміни в житті суспільства, є однією з перспективних форм отримання освіти.

Література

1. Калюжна Т.М. Педагогічні проблеми індивідуалізації безперервної фахової освіти дорослих. // Збірник наукових праць “Вісник НТТУ “КПІ”: філософія, психологія, педагогіка” К.: 2005.
2. Кузнецов Г.В., Калюжна Т.М. Науково-методичні та соціально-педагогічні аспекти безперервної освіти в контексті Болонського процесу.//Вища освіта України, К. 2005.-№1.-С.
3. Кузнецов Г.В., Долгов О.М., Калюжна Т.М. Маркетингові підходи до формування інноваційної системи безперервної фахової освіти // Науковий вісник Національного гірничого університету: «Проблеми вищої школи.» Дніпропетровськ: 2005. - №3 – С.3-4.
4. Кузнецов Г.В., Долгов О.М., Калюжна Т.М. Розвиток системи неперервної освіти вищого навчального закладу в контексті Болонського процесу // Тези доповідей VII Міжнародної науково-методичної конференції «Вища технічна освіта і проблеми та перспективи розвитку в контексті Болонського процесу. – К.: «Політехніка.» - 2005. – С. 55-57.
5. Калюжна Т.М., Кузнецов Г.В., Долгов О.М. Шляхи підвищення якості освітніх послуг у системі безперервної освіти дорослих. // Збірник праць Міжнародної конференції пам'яті проф. І.І. Мірхеля «Новые информационные технологии в учебных заведениях Украины» - Одеса: «Астропrint.» - 2005. – С.73-74.
6. Кузнецов Г.В., Калюжна Т.М. Вплив сучасних інформаційних технологій на формування системи безперервної освіти. //Сборник науч. труд. Международной конференции «Информационные системы и технологии (МКИСТ'2005)» - Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ. - 2005. - Т3. - С.95-97.
7. Кузнецов Г.В., Долгов О.М., Калюжна Т.М. Синергетична парадигма сучасної інженерної освіти. // Сборник трудов XII Международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера». – Донецк: Севатополь: ДонНТУ. – 2005. – Т.2 – С.159-164,-.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Ткачевым В.В.
Поступила в редакцию 14.09.06.*

УДК 621.31:681.11.034.7

© А. Я. Рибалко, Н. П. Уланова, Л. І. Мещеряков

МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДИСТАНЦІЙНИХ КУРСІВ В СЕРЕДОВИЩІ LOTUS LEARNINGSPACE FORUM

Представлено методику створення і редагування навчальних дистанційних курсів в середовищі Lotus LearningSpace Forum.

Представлено методику создания и редактирования учебных дистанционных курсов в среде Lotus LearningSpace Forum.

A method of creation and editing educational courses controlled from distance in the Lotus LearningSpace Forum environment is presented.

Інформаційні технології у сфері дистанційної освіти, міжнародної співпраці і інтеграції освіти, науки і виробництва мають за останні роки широке поширення.

рення. Особливо це відчутно на процесі становлення і розвитку саме дистанційної освіти, де впровадження її систем набуває масового характеру в освітніх установах різних країн [1, 2, 3]. В Україні програма розвитку системи дистанційної освіти (СДО) також спрямована на забезпечення широкого доступу до освітніх ресурсів шляхом використання сучасних інформаційних технологій та телекомунікаційних мереж, а також для створення умов до реалізації громадянами своїх прав на освіту, включаючи тих, хто з якихось причин не має змоги навчатися за традиційними формами.

Основними завданнями цієї програми являються: формування нормативно-правового, організаційного, навчально-методичного, інформаційно-телекомунікаційного, матеріально-технічного, кадрового, економічного, та фінансового забезпечення, впровадження та розвитку як дистанційної освіти, так і дистанційного навчання за окремими курсами або блоками курсів; організація та розвиток дистанційної освіти за будь-якими напрямками підготовки фахівців: інженерної, гуманітарної, економічної, юридичної, природничої, військової, аграрної тощо; застосування дистанційних технологій не тільки в дистанційній освіті, а і в усіх формах навчання – очній, заочній, екстернаті; впровадження технологій дистанційного навчання на всіх рівнях як повної освіти (середньої, професійно-технічної, довузівської, вищої та післядипломної), так і навчання за окремими курсами або блоками курсів; забезпечення професійної підготовки та психологічної підтримки за допомогою дистанційного навчання соціально-незахищених груп населення; забезпечення професійної орієнтації для майбутніх фахівців; використання технологій дистанційного навчання для перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів в сфері підприємництва, державного та муніципального управління, фінансово-банківської системи, викладачів середніх шкіл, професійно-технічних і вищих навчальних закладів тощо; створення державної електронної бібліотеки дистанційних курсів; удосконалення і розвиток телекомунікаційної інфраструктури для реалізації технологій дистанційної освіти для установ науки і освіти України з доступом до Інтернет; інтеграція СДО в світову систему сучасної освіти; прискорення експорту новітніх дистанційних технологій за кордон з метою зміцнення економічної бази і підвищення авторитету освіти України на міжнародній арені.

Система дистанційної освіти в Україні забезпечить таким чином вирішення проблеми: розширення кола споживачів освітніх послуг, в тому числі у важко-доступних регіонах, в районах, віддалених від наукових і культурних центрів; підвищення якості навчання слухачів, студентів і школярів незалежно від їхнього місцезнаходження; створення спеціальних курсів дистанційної освіти, які спрямовані на підвищення кваліфікації і перепідготовки кадрів; створення програм і курсів психологічної підтримки; можливість одержання освіти за українськими програмами громадянами зарубіжних країн і реалізацію системи безперервної освіти.

На даний час у різних країнах існує багато інструментальних засобів технологічного забезпечення систем дистанційної освіти, які отримали загальну назву *інтегрованих розподілених засобів освіти* (*Integrated distributed learning environments*). Найбільш відомими закордонними представниками таких засобів

являються FORUM (Forum Enterprises), Virtual-U (Virtual Learning Environments Inc.), LearningSpace (Lotus Corporation), Learning Server (Data Beam), Web-CT (University of British Columbia), Symposium (Centre Corporation), First Class (SoftArc Inc.), Top Class (WBT Systems Inc.) та інші [1, 2]. Всі платформи відрізняються певними ключовими властивостями які визначають діапазон можливостей сучасних засобів дистанційної освіти та шляхи їх застосування для підтримки навчальних процесів.

Основними заходами реалізації програми СДО в Національному гірничому університеті з однієї сторони є створення і розвиток її інфраструктури через технічне, програмне та телекомунікаційне оснащення центру дистанційної освіти. З другої сторони – необхідність створення навчально-методичного забезпечення СДО. Останнє обумовлює розроблення технології створення навчальних дистанційних курсів та їх викладання за допомогою телекомунікаційної мережі, розроблення методичного та дидактичного забезпечення дистанційної освіти за різними фаховими напрямками та рівнями підготовки, розроблення програмного забезпечення для здійснення дистанційного навчання, створення розподілених електронних бібліотек навчальних дистанційних курсів, створення системи університетської сертифікації навчальних дистанційних курсів, створення та забезпечення функціонування постійно діючої системи підготовки викладачів та програмістів для дистанційної освіти.

Виходячи з основної задачі СДО по організації всіх видів діяльності, які реалізує університет, за інструментальні засоби технологічного забезпечення дистанційної освіти в НГУ прийнята платформа Lotus LearningSpace Forum. Вона у найбільший ступені забезпечує здійснювання проведення на високому рівні учебової, методичної та наукової роботи, а також заходів по удосконалюванню учебово-матеріальної бази.

Платформа є набором спеціальних баз даних, які інсталують в клієнт-серверне середовище керування базами даних Lotus-Notes. Основними базами даних LearningSpace виступають: Central, Schedule, Assessments, CourseRoom, MediaCenter, Profiles. База даних Central є основним інструментом розробки і адміністрування навчальних дистанційних курсів в середовищі Lotus LearningSpace. У випадку відсутності навчальних дистанційних курсів на сервері, після доступу до бази даних Central допускається тільки використання пунктів меню з кнопками: Close, Show Students Navigation Pane, Administrator Tools, які розташовані у верхній частині робочого столу Central. База даних Central є єдиною для всіх навчальних дистанційних курсів, створюваних під керуванням Lotus LearningSpace. Інші бази даних – Schedule, Assessments, CourseRoom, MediaCenter і Profiles створюються в кожному навчальному дистанційному курсу і служать для його функціонального забезпечення по відповідним напрямках. База даних Schedule (рис. 1) є планувальником завдань по розроблювальному навчальному дистанційному курсу і як основна база курсу забезпечує керування і доступ до його ресурсів. База даних MediaCenter є бібліотекою матеріалів по розроблювальному навчальному дистанційному курсу. Ця база може містити різні реферативні матеріали і документи, гіперзв'язки на Web сайти, відео і аудіофайли, інші форми мультимедійних додатків, які можуть бути затребувані в створюваному курсі. База даних CourseRoom є ін-

терактивним середовищем підтримки колективної роботи над завданнями по розроблювальному дистанційному курсу в формі дискусій і консультацій між студентами та викладачами. База даних Profiles містить персональні домашні сторінки студентів та викладачів по навчальному дистанційному курсу. При цьому профіль кожного студента містить також закритий архів оцінок і завдань (Portfolio). База даних Assessments формує різні форми контролю знань по навчальному дистанційному курсу. Вона забезпечує керування всіма формами контролю знань за курсом у вигляді іспитів, оглядів, заключних іспитів, рубіжних рейтингових самоконтролів по різних типових представленнях.

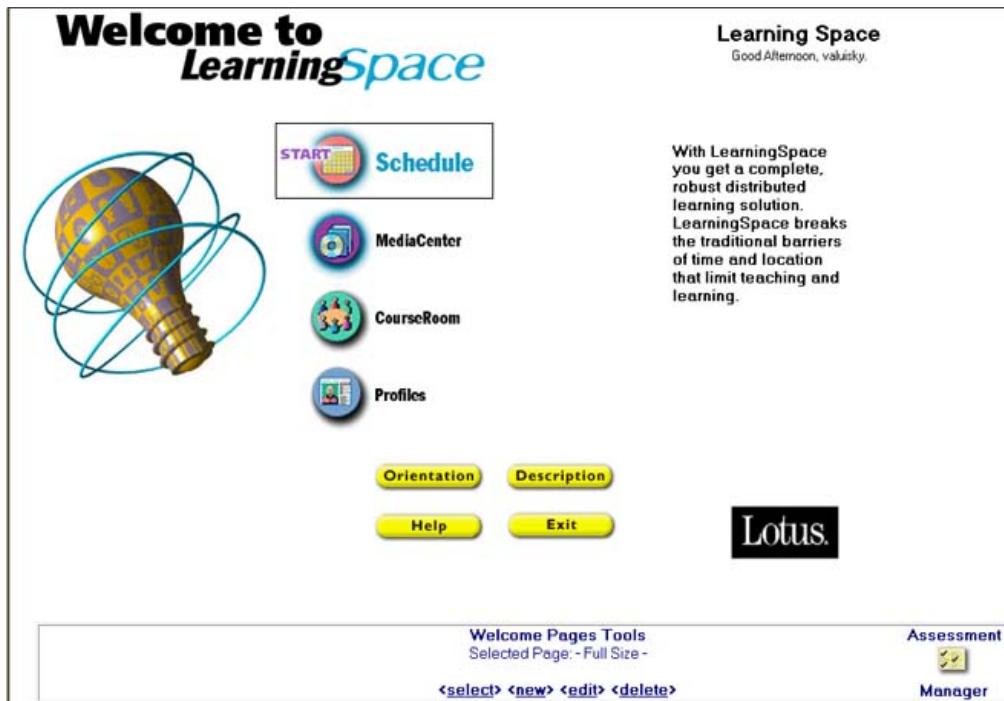


Рис. 1. Загальний вигляд стартової сторінки запуску дистанційного курсу

Для створення навчального дистанційного курсу необхідно відкрити базу даних Central і клапнути на кнопці Administrator Tools її головного меню. В результаті будуть надані наступні основні сервіси: Create New Course – створення нового навчального дистанційного курсу; Edit Course – редагування режимів навчального дистанційного курсу. Ця кнопка активна, якщо навчальний дистанційний курс уже створений; Course Tools – інструменти по обробці створеного навчального дистанційного курсу. Ця кнопка також активна, якщо навчальний дистанційний курс уже створений.

Відповідно до пропонованого вибору діалового вікна Course Maintenance Options (рис. 2) можна використовувати наступні опції: Add database icons to desktop – додати іконку бази даних на робочий стіл; Delete course – знищити навчальний дистанційний курс; Archive course then delete – архівувати навчальний дистанційний курс із наступним знищеннем; Restart the course – запустити знову курс; Copy and restart course – скопіювати курс із наступним перезапуском; Move the course – перемістити курс; Pack the course – упакувати курс; Unpack a pack into current course – розпакувати курс в поточний каталог; Change custom

library – зміна звичайної бібліотеки; Reset course dates – скинути дати створення курсу; Course information – показати інформацію з курсу.

Для синтезу нового навчального дистанційного курсу необхідно клацнути "Create new course" для виводу діалогового вікна "Course options" (рис. 3, а), при цьому можлива деяка пауза по обробці запиту на сервері.

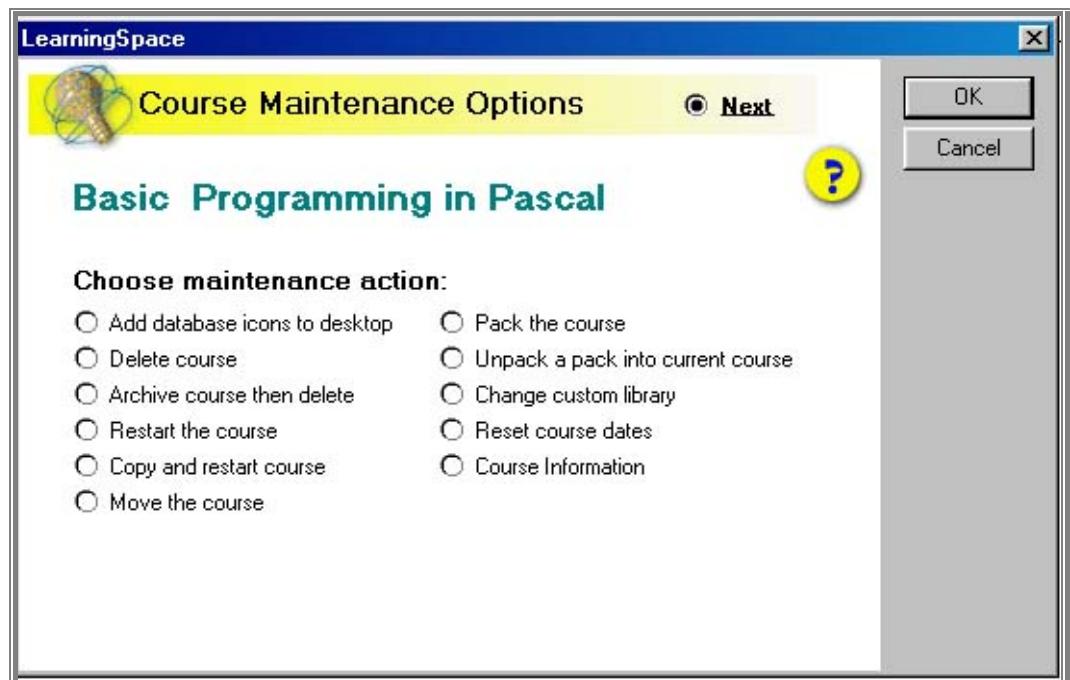
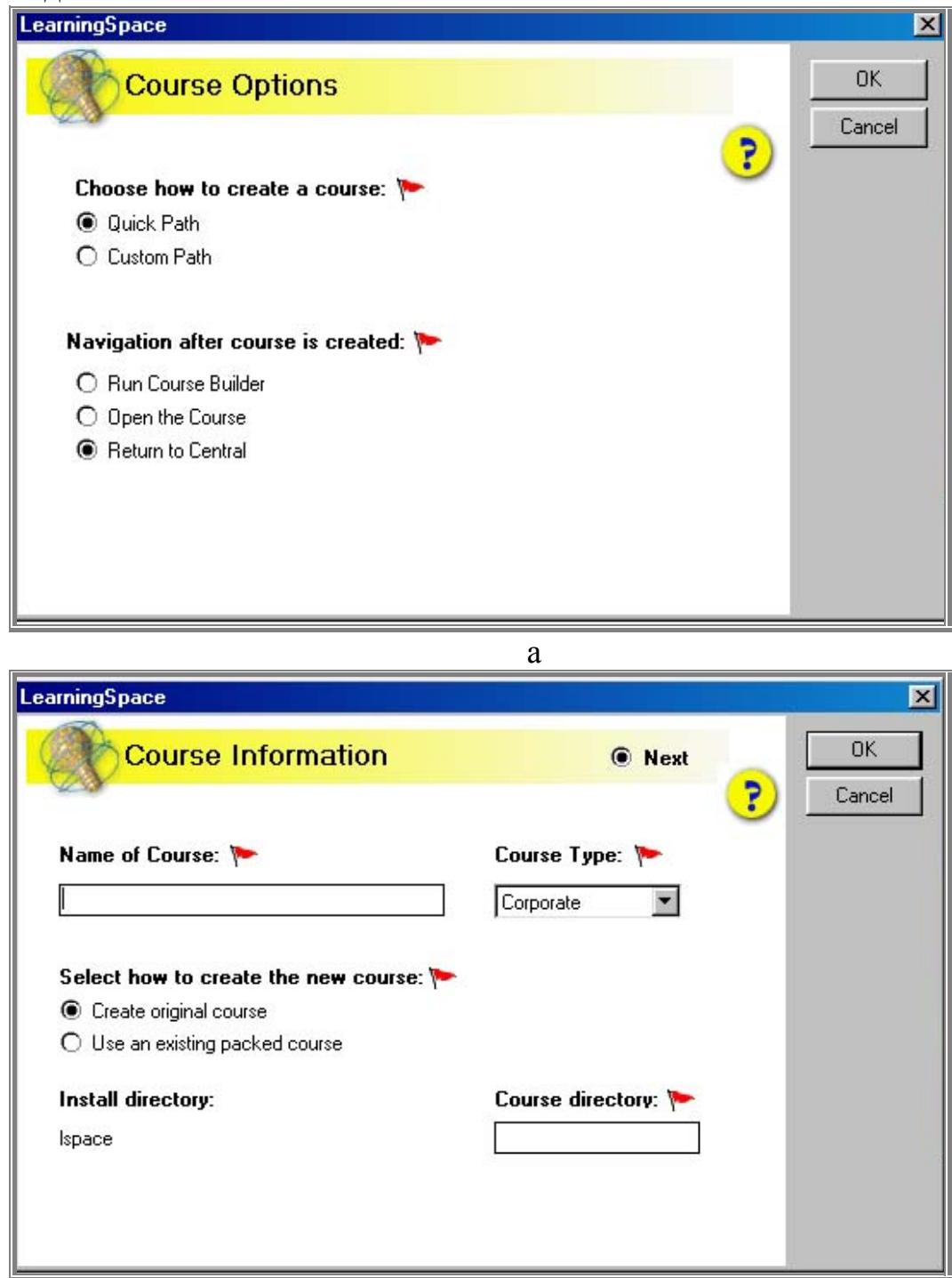


Рис. 2. Діалогове вікно Course Maintenance Options

Всі автоматично сталі режими можна залишити по замовчуванню і після цього клацнути кнопку OK діалогового вікна "Course options". В діалоговому вікні, яке з'явилось, Course information (рис. 3, б), необхідно заповнити задані поля введення: "Name of Course" – це поле забезпечує введення назви навчального дистанційного курсу відповідно до ідентифікованого в даний момент права користувальницького доступу до Lotus-Notes на сервері (наприклад studenti, де "i" може бути порядковим номером по журналу); "Course Type" – забезпечує використання списку, який розкривається, Course Type через кнопку розкриття. В списку можна вибрати одну із опцій: Academic або Corporate (для університетів бажане використання опції Academic); "Course Directory" – в цьому полі введення вказується назва каталогу, в якому буде знаходитися дистанційний курс на сервері.

Ідентифікація каталогу виконується англійською мовою і складається із одного слова. За замовчуванням можна використовувати запропоновану назву. При класенні по кнопці OK діалогового вікна Course information виводиться діалогове вікно "Course Access" (рис. 4). В цьому діалоговому вікні вказується: Instructor's Names – ідентифікатор інструктора курсу; (використовуючи клавішу прокручування право-руч від поля введення, можна додати нових інструкторів із адресної книги сервера, а також можна змінити права інструктора на доступ до курсу через список, який розкривається, Instructor Access в формі manager або editor. При цьому права типу manager мають більше можливостей); Student's Names – визначає введення ідентифікаторів студентів за даним курсом (використовуючи клавішу прокручування пра-

воруч). Клацнувши кнопкою OK, необхідно почекати закінчення створення навчального дистанційного курсу на сервері. Процес створення навчального дистанційного курсу закінчується появою напису в меню "Course setup is complete" з видачею спеціального повідомлення LearningSpace. На закінчення необхідно клацнути кнопкою OK діалогового вікна "Course Access".



6

Рис. 3. Діалогові вікна Course options і Course information

Для доступу студентів до курсу, вони повинні бути зареєстровані на сервері дистанційного навчання адміністратором сервера Lotus-Notes Domino. Після створення дистанційного курсу LearningSpace необхідно повернутися в основне меню бази Central із виводу на екран інформації про курс.

Навчальний дистанційний курс може бути створений з використанням першоджерела, вже раніше розробленого і упакованого курсу. В цьому випадку, після доступу до бази даних Central і послідовного вибору ієархії команд: Administrator Tools ==> Create New Course, необхідно в діалоговому вікні Course Options відмінити опцію Custom Path для створення нового навчального дистанційного курсу, відмінити опцію: "Using an existing packed course" (використання існуючого упакованого курсу) і вибрати упакований курс із наявного списку на сервері Lotus-Notes Domino або із станції розроблювача (вводячи повний шлях до упакованого курсу). Попередньо упакований навчальний дистанційний курс повинен бути скопійований в каталог упакованих курсів сервера (звичайно це каталог: \lspace\lspack). Данна операція виконується адміністратором сервера Lotus-Notes Domino на прохання розроблювача курсу.

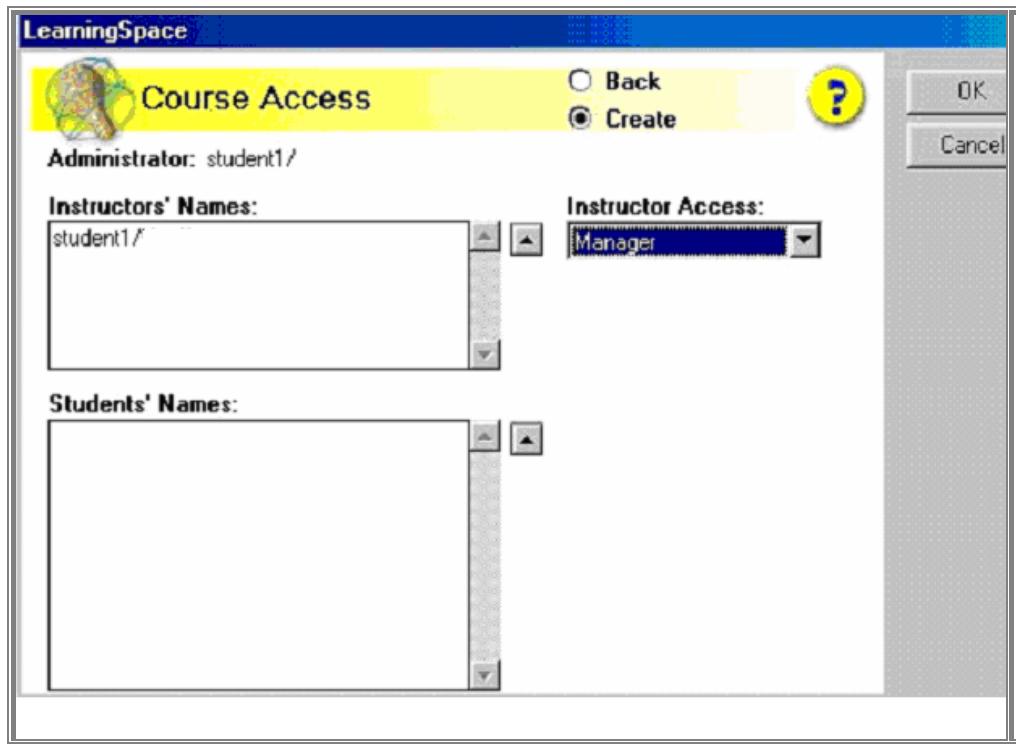


Рис. 4. Діалогове вікно Course Access

Якщо Lotus-Notes LearningSpace Forum інсталькований в каталог: c:\lotus\notes\data\lspace, а упакований навчальний дистанційний курс представлений файлом: student1.nsf, то цей упакований курс необхідно розміщати в каталогі по специфікації: c:\lotus\notes\data\lspace\lspack\student1.nsf. В результаті виконання зазначених операцій новий дистанційний курс (з ідентифікатором розроблювача) буде створений на сервері із наступним автоматичним розпакуванням розробленого упакованого курсу. Описана процедура можлива тільки при наявності у розроблювача прав адміністратора на готовий упакований курс. Такі права прописуються тільки на сервері Lotus-Notes Domino під час створення курсу і передаються в упакований курс. Без прав адміністратора курсу створення курсу зазначеним способом неможливо.

Після створення шаблона нового дистанційного курсу, попереднє редактування його майбутньої структури можна виконати за допомогою бази даних Central. Для цього необхідно виконати пункти наступної процедури:

1. Вибрать створений навчальний дистанційний курс знаходячись в базі даних Central шляхом його виділення.

2. Клацнути на "Edit Course" (в меню Central) і викликати появу сторінки "LearningSpace Course Setup". Данна сторінка містить наступні функціональні поля, які можна використовувати для попереднього редактування курсу: Course Description – в цьому діалоговому вікні можна дати короткий опис курсу, вводячи текст безпосередньо в поле або використовуючи попередньо підготовлений опис, скопіювати його через буфер обміну в поле: Course Description. Попередньо необхідно віддалити рядок Course description is not available; Course Information – при попередньому редактуванні дистанційного курсу це діалогове вікно бажано не змінювати; Schedule Options – за допомогою цього діалогового вікна можна визначити структуру курсу. Курс може бути структурований відповідно до полів: відмітка поля "Set default to show Start/Join buttons?" – показує кнопку дискусій в курсі, а поле "Set default to Show/Resume Assignment button" – показує кнопку Assignment (завдання або призначення) в курсі. Необхідно виконати відмітку цих полів;

За допомогою діалогового вікна CourseRoom Options можна надати студентам право на участь в дискусіях при вивчені навчального дистанційного курсу. Для цього необхідно активізувати поле "Allow privacy between students". При попередньому редактуванні активізація поля MediaCenter Options є необов'язковою. Використовуючи опцію Assessment Manager Options можна вибрати інформування студентів про виконання завдань через електронну пошту. Для цього потрібно активізувати поле "Mail Acknowledgment".

За допомогою діалогового вікна Course Access можна замінити/додати адміністратора/інструктора курсу, а також додавати або вилучити із курсу студентів. Для додавання студента в курс, студент обов'язково повинен бути попередньо зареєстрований як користувач сервера Lotus-Notes Domino. Ця процедура виконується тільки адміністратором сервера. Для додавання студента в курс потрібно клацнути на клавішу прокручування праворуч від вікна "Student's Names" і вибрати потрібного студента із адресної книги сервера, клацнувши на кнопці "Add" після виділення студента у вікні адресної книги сервера. Для вилучення студента із курсу можна використовувати ту ж процедуру з щигликом на кнопці "Remove".

Діалогове вікно Additional Options визначає рівень доступу користувача до сервера. На етапі попереднього редактування курсу цю опцію залишають без зміни. Після виконання всіх необхідних змін обов'язково потрібно клацнути на "Update Course Description" і на "Close".

Основною базою даних пакета LearningSpace для роботи над конкретним дистанційним курсом є база Schedule. Використовуючи її, можна створювати, редактувати і вилучати структурні одиниці курсу і їхні складові частини, змінювати розташування складових частин в структурній одиниці конкретного навчального дистанційного курсу. За замовчуванням структурною одиницею

курсу в Lotus LearningSpace Forum є модуль. Модулі, а також їхні частини, можуть бути зв'язані один з одним гіперзв'язками. Під модулем розуміється функціонально закінчений фрагмент курсу. В Lotus LearningSpace він може включати лекційне заняття, практичне заняття, дискусію і контроль знань.

Спочатку (після створення кліше нового дистанційного курсу на сервері) його база даних Schedule порожня. Функціональне призначення елементів інтерфейсу її слідуючи (рис. 5): Close – закриває базу із поверненням до стартової сторінки курсу; Create New Entry – створює нову структурну одиницю курсу (модуль за замовчуванням); Edit – дозволяє редагувати модуль курсу; Move Up – дозволяє переміщати обраний фрагмент модуля курсу нагору; Move Down – дозволяє переміщати обраний фрагмент модуля курсу вниз; Course Builder – запускає процедуру створення структури курсу; ? – представляє Help по Lotus LearningSpace англійською мовою.

The screenshot shows the Lotus LearningSpace Schedule interface. The top navigation bar includes buttons for Close, Create New Entry, Edit Entry, Move Up, Move Down, Course Builder, and Help. On the left, there's a sidebar with icons for Home, Schedule, and by Calendar, and a decorative background image of a pencil and paper. The main content area displays a hierarchical course structure:

- Start Here** (collapsible)
- Гостинно запрошуємо
- Структура курсу
- Передмова
- Історичний опис
- Філософія комп'ютерної графіки
- Особливості дисципліни
- Інтернет джерела комп'ютерної графіки
- Література
- Module 1 - Змістовний алгоритм побудови зображень в підсистемах комп'ютерної графіки** (collapsible)
 - 1.1 Базовий алгоритм побудови зображень в ПМГ
 - 1.2 Термінологія. Основні поняття та визначення
 - 1.3 Концептуальна програмна модель графічної системи
 - Практичне заняття по темі 1.3
- Тестовий модуль-module1**
- Module 2 - Функції та характеристики ГДС**
- Module 3 - Технічні засоби ГДС**
- Module 4 - Призначення та основи геометричного моделювання**
- Module 5 - Геометричні перетворення на площині**
- Module 6 - Геометричні перетворення в 3D просторі**
- Module 7 - Геометричні перетворення як зміна системи координат**
- Module 8 - Видова операція - основна функція графічної системи**
- Module 9 - Паралельні ортографічні проекції**
- Module 10 - Алгоритми вилучення захованих ліній і поверхні**
- Module 11 - Алгоритми раstroвої графіки**
- Module 12 Види програмного забезпечення. Стандарти**

Рис. 5. Фрагмент Schedule готового дистанційного курса “Комп’ютерна графіка”

Для роботи над навчальним дистанційним курсом необхідно відкрити його базу даних Schedule. А створення необхідного модуля і розділів в середині модуля забезпечується щигликом на пункті Create New Entry. При цьому відкривається діалогове вікно "New Schedule Entry". Призначення його керуючих елементів наступне: Save & Close – закриває сторінку зі збереженням результату; CreateMediaCenter Link – не використовується в даний момент; Activity Title – забезпечує введення назви створюваного модуля курсу; Activity Type – відкриває можливість вибору через використання клавіш прокручування праворуч типу діяльності (Overview-огляд, MediaCenter Assignment – завдання центра даних, CorseRoom Assignment – завдання класної кімнати); Module: <new> – дозволяє вибрати модуль курсу для розміщення створюваного розділу шляхом використання клавіші прокручування праворуч. Якщо курс порожній, можна вибрати єдиний модуль: Start Here. З цього модуля починається будь-який курс. Клацнувши на <new>, можна створити для розміщення розділу новий модуль чи змінити заголовок модуля; Advanced Options – ця опція надає набір додаткових можливостей. Конкретно опція Advanced Options надає наступні можливості: Access For – дозволяє визначити доступ для всіх або тільки для інструктора. В останньому випадку потрібно вибрати: Private to Instructors; Activity Dates – дозволяє вибрати доступ до створюваного розділу модуля; On-going – поточний; Due Date – тільки в зазначений день; Date Range – тільки в заданому інтервалі днів/місяців; Date/Time – тільки в заданий день і в зазначений час; Override form with HTML – не брати до уваги форму з HTML; Open in a new window – відкрити в новому вікні; Show Start/Join Discussion buttons – показувати кнопки початку дискусії; Show Begin/Resume Assignment buttons – показувати кнопки завдань.

Матеріал створюваного розділу модуля курсу може заноситися безпосередньо після розділової лінії Advanced Options або копіюватися через буфер обміну. Для створення модуля навчального дистанційного курсу необхідно виконати наступні операції:

1. Відкрити базу studenti Schedule навчального курсу, використовуючи Lotus-Notes клієнт станції розроблювача;
2. Клацнути на Create New Entry і ввести дані в поля: Activity Title, Activity Type, Module, Advanced Options;
3. Клацнути на пункті Save & Close. В базі, яка відкрилася, studenti Schedule повинен бути розміщений новий модуль Start Here з розділом "Вступ". При подвійному щиглику на рядку "Вступ" розділ відкриється для перегляду і можна почати його редагування, двічі клацнувши в будь-якому місці робочого столу. Фрагмент Schedule одного із готових курсів показаний на рис. 5.

Таким чином, створювані у середовищі Lotus LearningSpace Forum навчальні дистанційні курси мають якісний графічний інтерфейс, вбудовані інтерактивні тести для перевірки знань і оцінки успішності, можливість задати авторські програми навчання та дистанційний контроль знань, розвинуті засоби спілкування учнів між собою та з учебовим центром. Все це говорить на користь використання Lotus LearningSpace Forum як ядра системи технологічного забезпечення системи дистанційної освіти учиових закладів.

Литература

1. Капустин В.А. Инструментальные средства технологического обеспечения и платформы дистанционного обучения // Открытое образование, 2003. – № 1. – С. 23–39.
2. Шуневич Б.И Дистанционное обучение на Украине: учебные программы, курсы, программное обеспечение // Открытое образование, 2003. – № 2. – С. 41–47.
3. Тавгень И.А. Модель организационной структуры системы дистанционного обучения в Республике Беларусь // Открытое образование, 2003. – № 2. – С. 49–57.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Слесаревым В.В.
Поступила в редакцию 04.09.06*

УДК 378.147.007.2

© В.А. Новодранова

МЕТОДОЛОГИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЮ НА ПРИМЕРЕ ЯЗЫКА АССЕМБЛЕР

Данная работа посвящена разработке общей методики программирования на машинно-ориентированных языках, что позволяет применять знания для проектирования программ с использованием языка ассемблера любого целевого процессора.

Дана робота присвячена розробці загальної методики програмування на машинно-орієнтованих мовах, що дозволяє застосовувати знання для проектування програм з використанням мови асемблера будь-якого цільового процесора.

The programming general technique development in the computer-oriented languages area that allows to apply knowledge for designing programs by using of any target processor assembly language is the purpose of this paper.

Реформирование образования на Украине предусматривает внедрение в учебно-воспитательный процесс новейших педагогических технологий и научно-методических достижений. Первейшей задачей в этом направлении является создание новой системы информационного обеспечения образования, в том числе дистанционное образование.

В настоящее время украинские высшие учебные заведения предлагают небольшое количество учебных программ для дистанционного образования, рассчитанных в основном на получение второго образования или повышения квалификации кадров. Большинство предлагаемых вузами программ касается в первую очередь менеджмента, финансовой деятельности, банковского дела, учета и аудита, экономики, маркетинга [1].

Курсы дистанционного образования, посвященные изучению языков программирования и технологиям разработки программного обеспечения существуют пока в единичных экземплярах.

Так Харьковский национальный университет радиоэлектроники (ХНУРЕ) создал курсы дистанционного образования и проводит переподготовку кадров по программе второго высшего образования по специальности «Программное обеспечение АС» (<http://vdll.kture.kharkov.ua>).

Запорожский государственный технический университет (ЗГТУ) проводит обучение на курсах повышения квалификации по двум программам: «Системы управления базами данных» и «Программирование в среде Delphi», а на

факультете последипломного образования – по некоторым предметам специальности «Компьютерные системы и сети», таким как: «Информационные, технологии», «Системное программирование», «Архитектура ЭВМ», «Периферийные устройства», «Компьютерная схемотехника». (<http://www.zstu.edu.ua/dl>).

В Национальном горном университете (НГУ) в 2003-2005 годах проводилась разработка дистанционных курсов по различным компьютерным дисциплинам, ориентированных на работу со студентами с использованием университетской локальной сети. В частности, на кафедре программного обеспечения компьютерных систем НГУ были разработаны курсы «Языки ассемблера», «Теория операционных систем», «Компьютерная графика», «Основы проектирования систем искусственного интеллекта», «Методы и средства компьютерных технологий» и ряд других.

Тематика курсов дистанционного образования связана с подготовкой бакалавров по направлению 0804 «Компьютерные науки» и, соответственно, по специальностям 6.080401 «Информационные и управляющие системы и технологии» и 6.080403 «Программное обеспечение автоматизированных систем».

В традиционной классификации программных средств различают пользовательские (прикладные) и системные программы. Системные программы поддерживают работу вычислительных систем, комплексов, сетей. Требование эффективности системных программ вызывает необходимость использования специальных языков: машинно-ориентированных типа языка ассемблера и языков высокого уровня, например С и С++.

Целью данной работы является разработка общей методики программирования на машинно-ориентированных языках, что позволяет применять знания для проектирования программ с использованием языка ассемблера любого целевого процессора.

Проектирование системного и специального программного обеспечения информационных и управляющих систем разных типов требует использования полного спектра средств автоматизации программирования для получения необходимой скорости выполнения критических участков программ.

Специальное программное обеспечение информационных и управляющих систем часто оказывается скрытым в составе драйверов оборудования или поставляется в виде библиотек функционального расширения языков программирования.

Простые и сложные прикладные программы, а также драйверы устройств в виде законченного продукта должны быть оформлены как инсталляционные пакеты со специальной настройкой для индивидуальной защиты программного пакета. Современные мощные системы программирования содержат разнообразные средства генерации инсталляторов, но практически не могут автоматически генерировать программы, предоставляющие хоть какие-нибудь средства защиты. Поэтому средства защиты целесообразно разработать в индивидуальном порядке с использованием программных фрагментов на языке ассемблера.

Работа на уровне ассемблера позволяет не только запрограммировать выполнение программы по новым технологиям (MMX и др.), но и упорядочить выполнение команд для получения большей скорости выполнения кода.

Общие принципы программирования на языке ассемблера не зависят от архитектуры процессора. Однако конкретные программы строятся в четком соответствии с архитектурой процессора и системой команд. Программы на языке ассемблера потенциально более эффективны, чем программы на других языках, но требуют высокой квалификации программиста и большего количества времени на создание и отладку.

В предлагаемом дистанционном курсе, разработанном на кафедре программного обеспечения компьютерных систем НГУ, в качестве базового выбран язык ассемблера персональных компьютеров типа IBM/PC с процессорами семейства ix86/87, Pentium.

Платформой для создания дистанционного курса явилась оболочка Learning Space, являющаяся на сегодняшний день самым популярным программным продуктом в нашей стране [1].

Структура дистанционного курса «Языки ассемблера» включает в себя три модуля (рис. 1):

1. Архитектура и система команд процессоров Intel;
2. Логика и организация программ;
3. Макросредства языка ассемблера

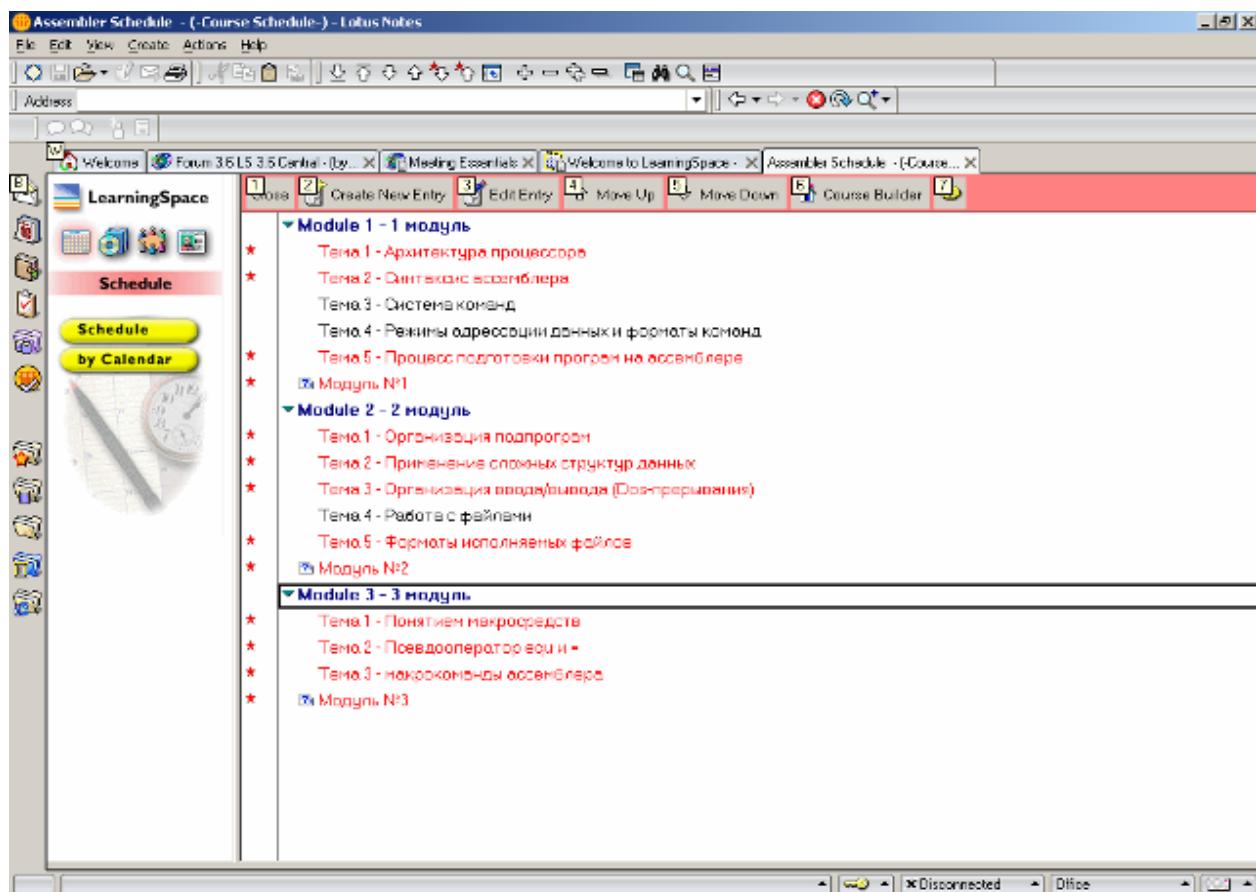


Рис. 1. Содержание дистанционного курса «Языки ассемблера»

Каждый модуль разбит на несколько тем, объединенных логикой изложения материала и сложностью рассматриваемых вопросов.

На рис.2 представлен пример изложения лекционного материала. Завершается каждый модуль набором тестов, сформированных по принципу «от простого к сложному», с дифференцированной оценкой в баллах.

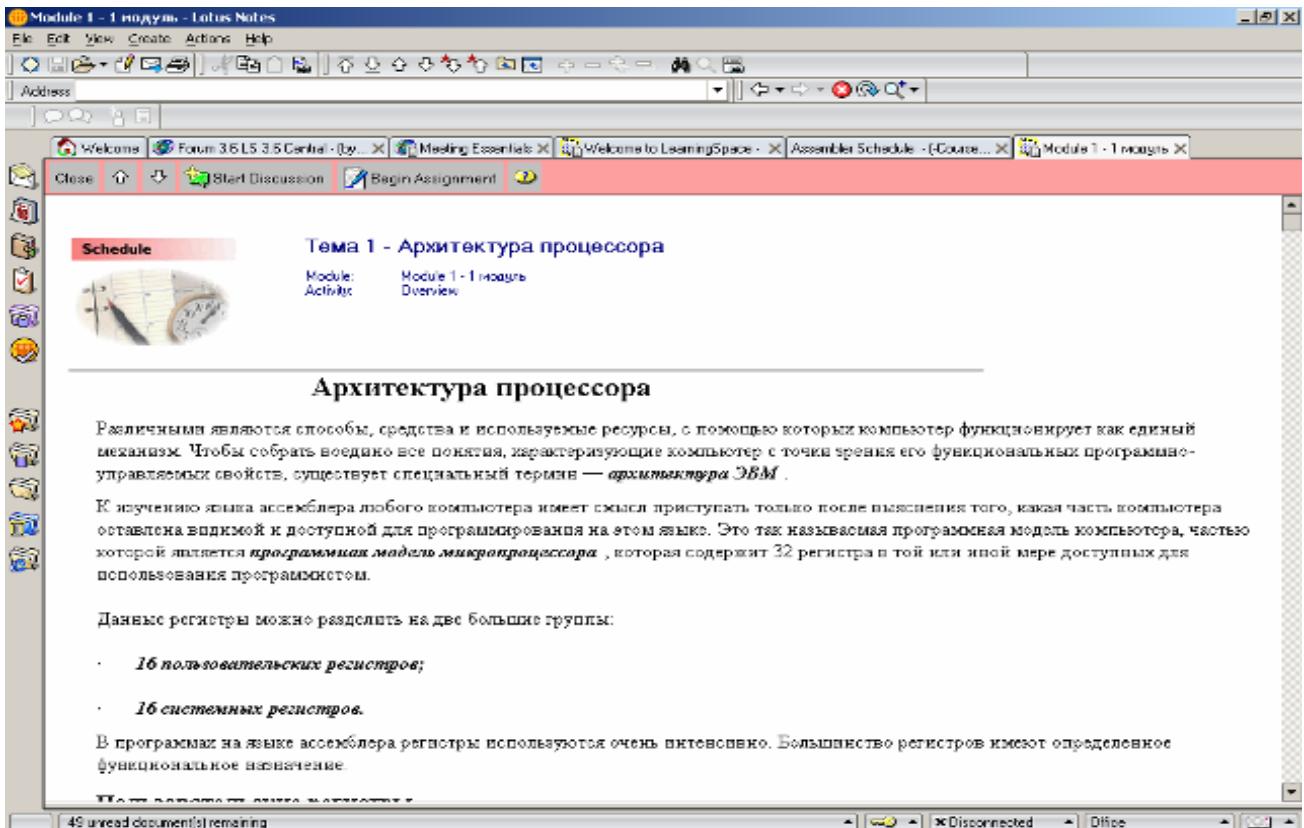


Рис. 2. Пример изложения лекционного материала

Модуль 1 содержит такие темы:

1. *Архитектура процессора.* Архитектура процессора представлена с точки зрения программиста на ассемблере и включает в себя группы программно-доступных объектов: набор программно-доступных регистров процессора, адресное пространство оперативной памяти, подсистему ввода-вывода. Также затронуты вопросы, связанные с сегментацией памяти, работой в реальном и защищенном режимах процессора, устройством системной шины.

2. *Синтаксис ассемблера.* Синтаксис машинных команд описан в виде предложений языка ассемблера, содержащих такие компоненты как имя (метка), мнемоника команды, операнды, комментарии. Приведены базовые директивы представления данных и оформления модулей на языке ассемблера. Концепция данных на языке ассемблера позволяет обеспечить обработку данных из внешних программ, использовать статически размещенные в памяти константы и переменные с определенными или неопределенными начальными значениями, использовать динамически выделенную память для размещения промежуточных результатов вычислений.

3. *Система команд.* Система команд разделена на основные группы, такие как операции информационных обменов, операции информационных преобразований, базовые операции управления, групповые операции, средства управления и организации вычислений. При изложении системы команд рассматри-

ваются вопросы влияния команд на слово состояния процессора, семантической корректности операторов, альтернативных мнемоник, а также изменения состояния стека.

4. *Режимы адресации данных и форматы команд*. Форматы команд процессора приведены в соответствии с двоичной формой внутреннего представления в обобщенном формате. В языке ассемблера команды определяются называнием операции и форматами операндов, что синтаксически задается режимами адресации. Команды систематизированы в зависимости от способа адресации данных, находящихся либо во внутренней памяти процессора (регистры, непосредственные данные), либо в оперативной памяти. Последнюю группу составляют все варианты адресации памяти в пределах доступности сегментного регистра (64 Кб в реальном режиме или 4 Гб в защищенном режиме). Режимы выполнения команд обеспечиваются явно за счет применения префиксов команд либо неявно в соответствии с правилами использования сегментных регистров по умолчанию.

5. *Процесс подготовки программ на ассемблере*. При описании процесса подготовки программ на ассемблере даны основные понятия программных модулей таких как исходный модуль, объектный модуль, исполняемый (загрузочный) модуль, а также этапы подготовки программ: трансляция, компоновка, отладка.

В модуль 2 входят темы:

1. *Организация подпрограмм*. При проектировании программ на языке ассемблера широко используется модульное программирование, которое является мощным средством сокращения затрат на разработку программы за счет распределения работы по созданию большого проекта между несколькими программистами с возможностью предварительной автономной отладки отдельных модулей (подпрограмм). Методика обеспечения модульности в языке ассемблера рассматривается как комплекс взаимосвязанных требований при разработке программы, а именно:

- использование процедур и функций для создания связей по управлению;
- использование директив языка ассемблера для организации связей по данным;
- комбинирование и объединение сегментов с одновременным структурированием данных, чтобы к ним можно было обращаться из разных модулей;
- использование макросредств.

Для организации управляющих межмодульных связей используется единый технический подход, опирающийся на глобально доступные имена элементов программных модулей. Информационные связи передают в подчиненные модули оперативные данные или аргументы подпрограмм и возвращают результат в вызывающие программы.

2. *Применение сложных структур данных*. При разработке информационных систем часто приходится создавать структуры данных для хранения информации о функциональных связях объектов. Неадекватность их отображения в памяти часто становится причиной существенного снижения эффективности

программ. Наличие в языке ассемблера средств построения альтернативных внутренних представлений структур, дает возможность повысить скорость работы программы. Для применения сложных структур данных рассмотрены типы информационных ресурсов и их представление на нижнем (машинно-ориентированном) уровне, методика их закрепления за аппаратными ресурсами в системных программах, а также задачи распределения памяти, решаемые в системных программах.

3. *Организация ввода-вывода(DOS-прерывания).* Наиболее часто пронумерованные функции системных программ операционных систем реализуются как подпрограммы специально выделенных векторов прерываний с передачей аргументов через регистры и специальные системные области памяти. Эти подпрограммы выполняют такие классы функций как обмен с внешними устройствами, выделение памяти и буферизация, управление задачами и подзадачами. Ввод-вывод представлен в виде системных вызовов DOS-функций, которые предназначались для эксплуатации в однопрограммном режиме, однако послужили основой для создания мультипрограммных оболочек и операционных систем типа Windows, сохранив множество функций в неизменном и совместимом виде. Приведены наиболее часто используемые вектора прерывания 10Н, 16Н, 21Н с их вызывающими последовательностями.

4. *Работа с файлами.* Поясняются особенности работы с файлами в ассемблерных программах. Функции информационного обмена DOS унифицированы благодаря мощной файловой системе. Это упрощает программирование операций с файлами и позволяет осуществлять обмен информацией между прикладной программой и файлами с помощью одних и тех же функций,, независимо от природы файлов. Описаны два способа доступа к файлам: прямой и последовательный.

5. *Форматы исполняемых файлов.* Для операционных систем класса Windows исполняемые файлы создаются в нескольких форматах. Наиболее часто используется формат EXE файла, однако для небольших по объему программ больше подходит СОМ формат. Рассмотрены различия в объеме, структуре и способах инициализации EXE и СОМ файлов.

В модуль 3 включены темы:

1. *Понятие макросредств.* Основные средства генерирования и модификации программ и их фрагментов во время трансляции представляют собой средства препроцессорной обработки, т.е. макросредства. Описан процесс переноса в выходную программу блоков предложений прототипов, задаваемых в виде макроопределений. При ассемблировании транслятор MASM автоматически генерирует для каждого отдельного макроподзыва последовательность предложений в соответствии с макроопределением, таким образом, создается макрорасширение. При генерации макрорасширения используются правила контекстной замены аргументов.

2. *Псевдооператоры (EQU и =).* В любых ассемблерных текстах можно использовать директиву EQU, задающую для имени фиксированное значение, не

изменяемое при трансляции. Рассмотрено различие между директивами EQU и «==», с помощью которой задаются пользовательские параметры, изменяемые в процессе трансляции.

3. *Макрокоманды ассемблера.* Возможности макросредств значительно увеличивают блоки повторений и условной трансляции. Представлены директивы условного ассемблирования, обеспечивающие управление процессом ассемблирования путем подключения и отключения фрагментов исходного текста.

При составлении тестов учитывались следующие требования:

- в теоретическом материале не должно быть прямого ответа на тестовый вопрос;
- тесты внутри модуля должны быть взаимосвязаны сразу с несколькими темами.

Примеры тестов с различными вариантами ответов приведены на рис. 3,4,5.

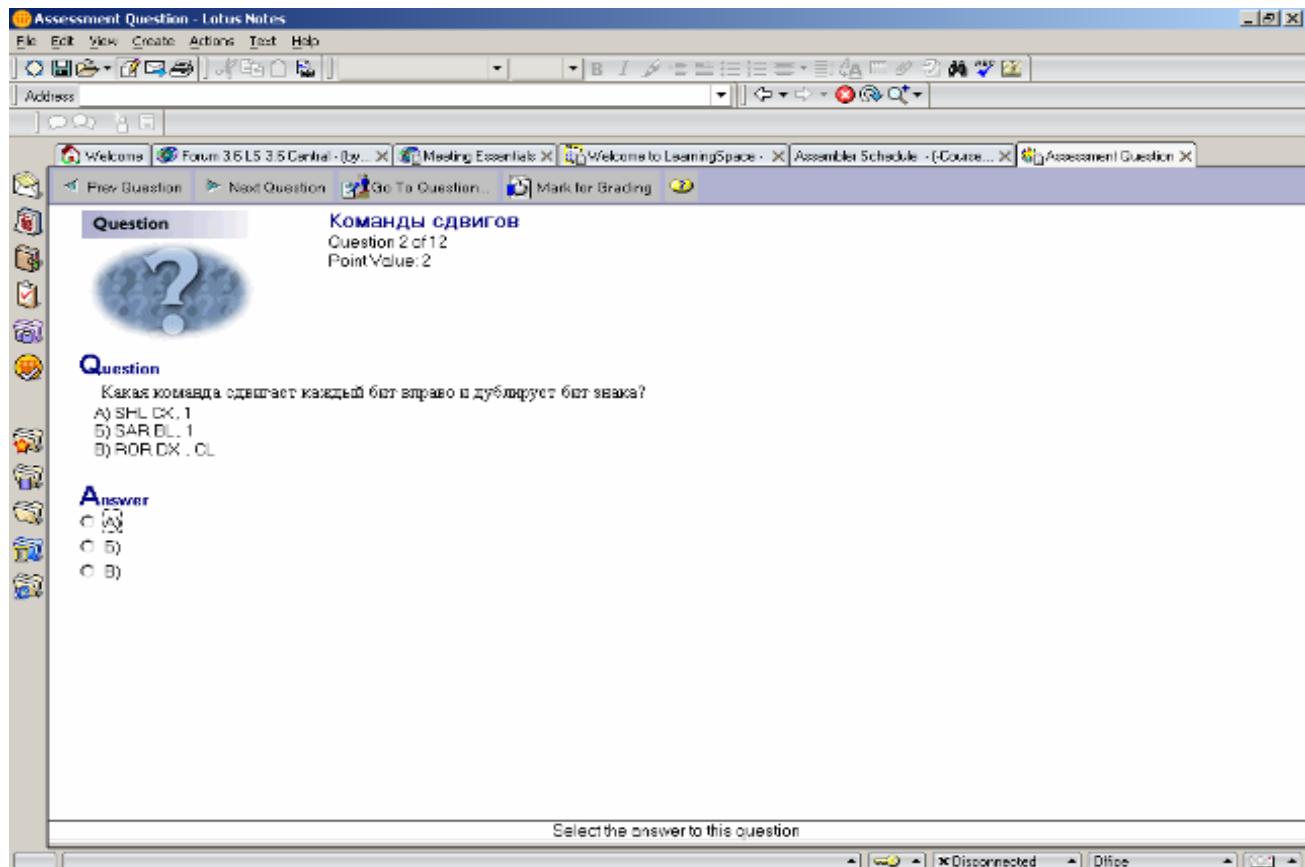


Рис. 3. Пример тестового вопроса с вариантом ответа «один из нескольких»

Выводы

1. Опыт Национального горного университета в плане разработки и внедрения дистанционных курсов в учебный процесс является положительным. Практика показывает эффективность и своевременность применения подобной технологии обучения.

2. По мнению кафедры программного обеспечения компьютерных систем НГУ в настоящее время разработка дистанционных курсов наиболее целесообразна на платформе Learning Space.

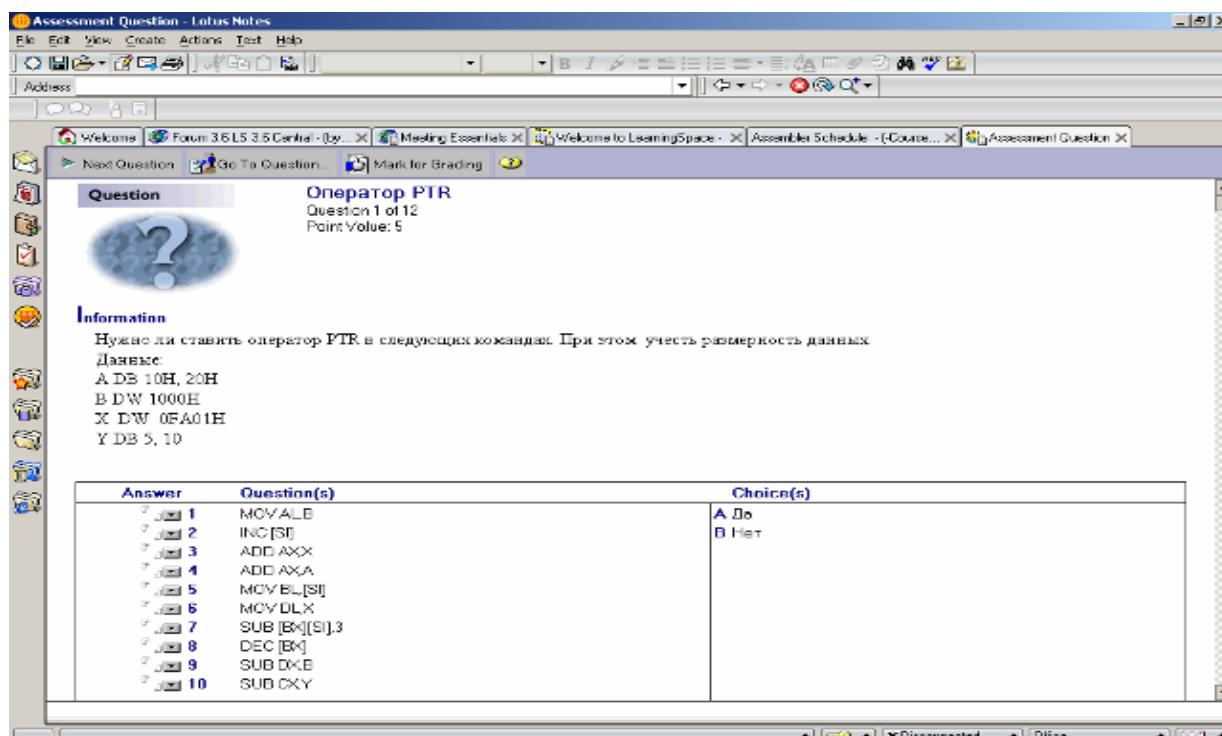


Рис. 4. Пример тестового вопроса с вариантом ответа «да/нет»

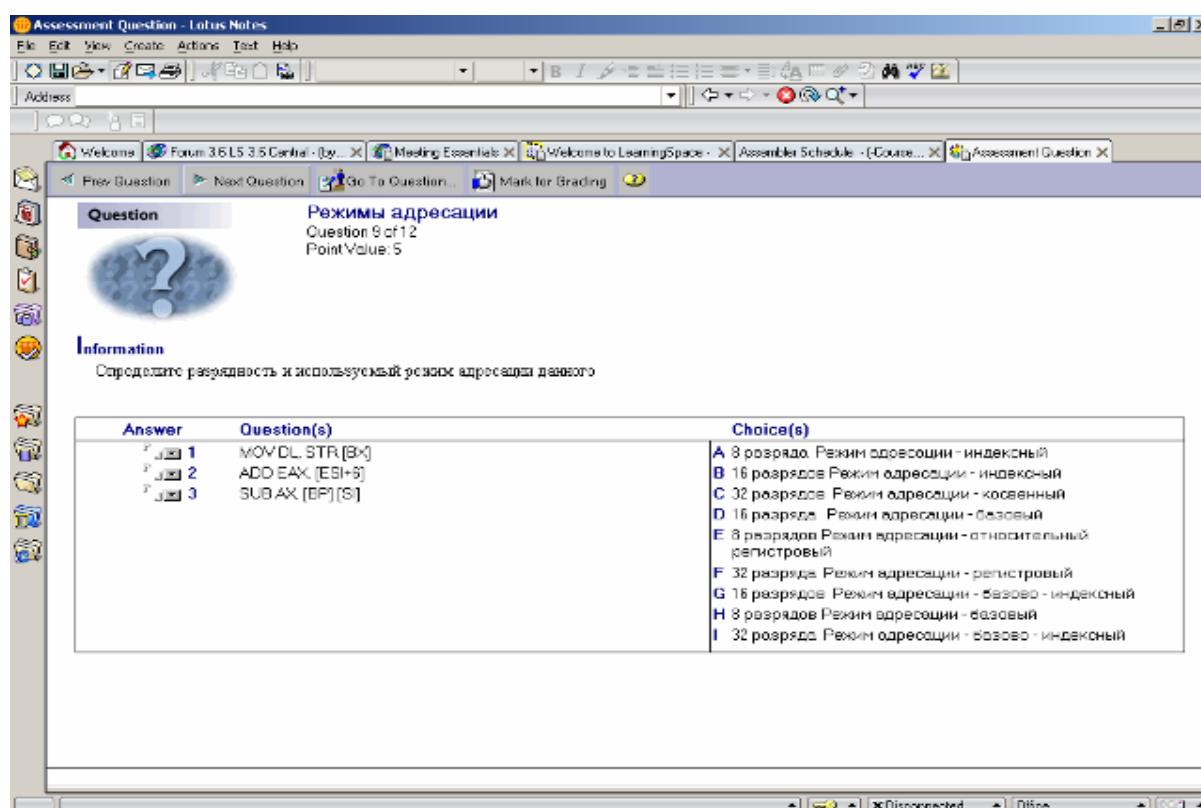


Рис. 5. Пример тестового вопроса с вариантом ответа «несколько из нескольких»

Представленный дистанционный курс «Языки ассемблера» не только дает полное представление о возможностях ассемблера, но и подготавливает студента к изучению других фундаментальных курсов, таких как «Теория операционных систем» и «Системное программирование».

Литература

1.Шуневич Б.И. Дистанционное обучение на Украине: учебные программы, курсы, программное обеспечение. //«Открытое образование». -2003.- №2.

2.Лю Ю-Чжен, Гибсон Г. Микропроцессоры семейства 8086/8088. Архитектура, программирование и проектирование микрокомпьютерных систем. -М.: Радио и связь, 1987

3.Джордейн Р. Справочник программиста персональных компьютеров IBM PC, XT и AT. М.: Финансы и статистика, 1992

*Рекомендована к публикации д.т.н. Слесаревым В.В.
Поступила в редакцию 14.09.06*

УДК 621.31:681.11.034.7

© S.I. Kostrytska, N.V. Poperechna, O.D. Shvets

FOREIGN LANGUAGE DISTANCE LEARNING: BENEFITS AND CHALLENGES

The paper deals with present forms of distance learning in teaching and learning a foreign language via the Internet. Distance courses meet the requirements of the National ESP Curriculum in terms of independent study and lifelong learning. Benefits and challenges of distance learning are analyzed. Recommendations for being a successful distance education student are given.

В статье рассматриваются существующие формы дистанционного обучения иностранных языков с помощью Интернет-технологий. Дистанционные курсы отвечают требованиям Программы по английскому языку для профессионального общения с точки зрения самостоятельного обучения и изучения языка на протяжении всей жизни. Анализируются преимущества и проблемы дистанционного обучения. Даются рекомендации о том, как добиться успеха в дистанционном обучении.

У статті розглядаються існуючі форми дистанційного навчання іноземних мов за допомогою Інтернет-технологій. Дистанційні курси відповідають вимогам Програми з англійської мови для професійного спілкування з точки зору самостійного навчання та вивчення мови впродовж усього життя. Аналізуються переваги та проблеми дистанційного навчання. Даються рекомендації щодо того як досягти успіху у дистанційному навчанні.

Introduction

The development of technology has affected many aspects of everyday life, among them learning and teaching. One of the fields where the usefulness of technology is undeniable is distance learning. In the last few years the number of teachers using Computer-assisted Language Learning (CALL) has increased markedly and numerous articles have been written about the role of technology in education in the 21st century. Although the potential of the Internet for educational use has not been fully explored yet and the average school still makes limited use of computers, it is obvious that we have entered a new information age in which the links between technology and TEFL have already been established.

Distance Learning or Distance Education is becoming a popular and viable way for teaching and learning a foreign language. Distance learning differs, by definition, from classroom teaching in that instructors and learners are geographically

separated and communication between them takes place with the help of technology. A distinction is also made between distance education and independent study; independent study does not necessarily include frequent and regular communication between instructors and learners nor is the use of technology obligatory. Another defining characteristic of independent study is the use of regular mail for sending and receiving material and assignments.

Although traditional correspondence courses are still available today, there is a gradual shift towards the distance education, which is a method of study that involves working at home and sending your work to your teacher.

Such form of education is especially convenient for those students who are already at work with different working hours and live at some distance from their university town. They can stay in their own home, complete the assignments, and mail them to their teacher.

Distance education requires a high level of student commitment and discipline in comparison with traditional learning when there is regular face-to-face contact with a teacher and other students.

It is possible to receive a university degree without ever attending any class in a university. The present situation in Ukraine is a combination of traditional education and distance education. Students meet in person with their teacher at the beginning of the course, have regular short tutorials within a course and take a final examination in the classroom. The completed assignments are sent by either e-mail or post.

Distance courses are individualized to meet specific professional needs of the students. They are designed in accordance with the requirements of the English for Specific Purposes National Curriculum for Universities which was developed with the approval of the Ministry of Education and Science of Ukraine in 2005 [1].

One of today's catch phrases is 'life-long learning'. This notion, along with students' differing needs and expectations relating to learning - e.g. combining work and study - are making distance education an increasingly more attractive form of education for many people. Students that, for various reasons, are either unable to or choose not to attend classroom sessions profit greatly from it. Distance education need not be a lonely project; global connectivity with new technology offers various ways of involving the distance learner both with peers and the subject.

The ESP Curriculum encourages life-long learning and autonomy [1]. Students must not only learn but also 'learn to learn', that is, develop the autonomous learning strategies needed to adapt to new technologies and new situations.

Distance learning also allows independent study of students which means learning in their own way. In order to be a successful distance education student it is necessary to develop study skills which are aimed at developing students' abilities to make effective use of the learning opportunities created by teaching/learning situations [1]. They also can help a student tailor their learning for their intelligence type.

Linguistic intelligence students are good with words, letters, and phrases. They enjoy activities such as reading and having discussions. The following study strategies can help:

- make flashcards
- take extensive notes
- keep a journal of what you learn

Logical-mathematical intelligence students are good with numbers, equations, and logic. They enjoy coming up with solutions to logical problems and figuring things out. These strategies are given a try:

- make your notes into numeric charts and graphs
- use the Roman numeral style of outlining
- put information you receive into categories and classifications that you create

Spatial intelligence students are good with art and design. They enjoy being creative, watching movies, and visiting art museums and can benefit from these study tips:

- sketch pictures that go along with your notes or in the margins of your textbooks
- draw a picture on a flashcard for each concept or vocabulary word you study
- use charts and graphic organizers to keep track of what you learn

Kinesthetic intelligence students work well with their hands. They enjoy physical activity such as exercise, sports, and outdoor work. These study strategies can help them be successful:

- act out or imagine the concepts you need to remember
- look for real-life examples that demonstrate what you're learning about
- search for manipulatives, such as computer programs, that can help you master material

Musical intelligence students are good with rhythms and beats. They enjoy listening to CDs, attending concerts, and creating songs. These activities can help them study:

- create a song or rhyme that will help you remember a concept
- listen to classical music while you study
- remember vocabulary words by linking them to similar-sounding words in your mind

Interpersonal intelligence students are good with relating to people. They enjoy going to parties, visiting with friends, and sharing what they learn. They should give these strategies a try:

- discuss what you learn with a friend or family member
- have someone quiz you before an exam
- create or join a study group

Intrapersonal intelligence students are comfortable with themselves. They enjoy being alone to think and reflect. They should try these tips:

- keep a personal journal about what you're learning
- find a place to study where you won't be interrupted
- keep yourself involved in assignments by individualizing each project

Research and practice suggest that, appropriately implemented, network-based technology can contribute significantly to:

Experiential Learning. The World Wide Web makes it possible for students to tackle a huge amount of human experience. In such a way, they can learn by doing things themselves. They become the creators not just the receivers of knowledge. As the way information is presented is not linear, users develop thinking skills and choose what to explore.

Motivation. Computers are most popular among students either because they are associated with fun and games or because they are considered to be fashionable. Student motivation is therefore increased, especially whenever a variety of activities are offered, which make them feel more independent.

Enhanced Student Achievement. Network-based instruction can help pupils strengthen their linguistic skills by positively affecting their learning attitude and by helping them build self-instruction strategies and promote their self-confidence.

Authentic Materials for Study. All students can use various resources of authentic reading materials either at school or from their home. Those materials can be accessed 24 hours a day at a relatively low cost.

Greater Interaction. Random access to Web pages breaks the linear flow of instruction. By sending E-mail and joining newsgroups, EFL students can communicate with people they have never met. They can also interact with their own classmates. Furthermore, some Internet activities give students positive and negative feedback by automatically correcting their on-line exercises.

Individualization. Shy or inhibited students can be greatly benefited by individualized, student-centered collaborative learning. High fliers can also realize their full potential without preventing their peers from working at their own pace.

Independence from a Single Source of Information. Although students can still use their books, they are given the chance to escape from canned knowledge and discover thousands of information sources. As a result, their education fulfills the need for interdisciplinary learning in a multicultural world.

Global Understanding. A foreign language is studied in a cultural context. In a world where the use of the Internet becomes more and more widespread, an English Language teacher's duty is to facilitate students' access to the web and make them feel citizens of a global classroom, practicing communication on a global level.

Successful distance learners are self-motivated and set their own goals. They enjoy the freedom of working at their own pace. Successful distance learners have good reading comprehension skills: while most people learn by listening to lectures and taking notes, the majority of distance learners are expected to master material through reading alone.

A good definition of distance learning is the use of electronic means to distribute education. This could be television, videotape, interactive video, audio-graphics, satellite video or any other electronic means.

Learner-learner and learner-instructor communication can be either asynchronous, such as e-mail, or synchronous, such as on-line communication and videoconferencing. Both forms are widely used, though synchronous communication carries the additional asset of providing 'real-time' interaction, which may seem a more natural way of communication for some learners.

The growth of distance learning offers teachers and students many new opportunities but also presents many challenges. The barriers inhibiting the practice of distance education can be classified in the following common categories: financial barriers, availability of computer hardware and software, technical and theoretical knowledge, and acceptance of the technology.

The typical situation is limited access to the Internet and few computers. In such a situation we should focus on e-mail: a lot of effective learning can occur with a minimum of technology, can be done with simple text-based e-mail and do not require multimedia. Students complete the assignments and receive individual feedback via e-mail.

Financial barriers are mentioned most frequently in the literature by language education practitioners. They include the cost of hardware, software, maintenance (particular of the most advanced equipment), and extend to some staff development. Froke said, "concerning the money, the challenge was unique because of the nature of the technology." [2]

Herschbach stated that the new technologies probably will not replace the teachers, but will supplement their efforts. Low usage causes the cost barrier. Computers, interactive instruction TV, and other devices are used very few hours of the day, week, or month. Either the number of learners or the amount of time learners apply the technology must be increased substantially to approach the concept of cost-effectiveness. [3]

Availability of high quality software is one of the most pressing challenges in applying the new technologies in education. [3;4;5] Underlying this problem is a lack of knowledge of what elements in software will promote different kinds of learning. There are few educators skilled in designing it because software development is costly and time-consuming.

A lack of technical and theoretical knowledge is another barrier to the use of Computer-assisted Language Learning technology. Not only is there a shortage of knowledge about developing software to promote learning but many instructors do not understand how to use the new technologies. Furthermore, little is known about integrating these new means of learning into an overall plan. McClelland and C. Dede indicated the more powerful technologies, such as artificial intelligence in computers, might promote learning of higher-order cognitive skills that are difficult to access with today's evaluation procedures and, therefore, the resulting pedagogical gains may be undervalued. Improper use of technologies can affect both the teacher and learner negatively. [5]

We live in a time change. Change has become so rapid, so turbulent, and so unpredictable that it destroys what was considered the norm in the past, and by doing so, create new opportunities. But, there is a natural tendency for organizations to resist change. Wrong conceptions about the use of technology limit innovation and threaten teachers' job and security. Instructors are tend not to use technologies that require substantially more preparation time, and it is tough to provide instructors and learners access to technologies that are easy to use. [3]

Engaging in Computer-assisted distance language learning is a continuing challenge that requires time and commitment. Nowadays we realize that technology as

such is not the answer to all our problems. What really matters is how we use technology. Computers will never substitute teachers but they offer new opportunities for better language practice. They may actually make the process of language learning significantly richer and play a key role in the reform of a country's educational system. The next generation of students will feel a lot more confident with information technology than we do. As a result, they will also be able to use the Internet to communicate more effectively, practice language skills more thoroughly and solve language learning problems more easily.

Conclusions

The fastest growing segment of the distance education market is based on online learning. The technology available offers exciting possibilities for teaching and learning and enhancing interaction at a distance.

Risky as predicting the future is, many educators believe the use of the Internet will continue to increase. There are many instructors that are willing to experiment with "new" technology.

The Internet provides people all over the world with new options as to how and when they choose to study. This may be one way to further international communication and relationships. Communication is an essential part of distance learning courses. It is likely that means of communicating over the Internet will continue to be developed to more closely resemble face-to-face communication.

Professionals in the fields of both education and technology are now cooperating rather than trying to solve problems related to technology application in teaching and learning a foreign language. This kind of cooperation involving instructors, learners and technical experts is valuable and necessary for good, lasting results.

References

1. Програма з англійської мови для професійного спілкування. (2005) Київ. Ленвіт.
2. Froke, M. (1994). A vision and promise: Distance education at Penn State, Part1-Toward an experience-based definition. *The Journal of Continuing Higher Education*, 42 (2), 16-22.
3. Herschbach, D. (1994). Addressing vocational training and retaining through educational technology: Policy alternatives. (Information Series No. 276). Columbus, OH: The National Center for Research in Vocational Education.
4. Miller, J. V. (1997). Questions about communications technologies for educators: An introduction. In N. M. Singer (Ed.), Communications technologies: their effect on adult, career, and vocational education (Information Series No. 244,1-4). Columbus, OH: The National Center for Research in Vocational Education.
5. Office of Technology Assessment. (1995). Information technology and its impact on American education. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
6. Welcome to the Distance Education (FAQ) Site. [Online] Available http://129.7.160.115/COURSE/DISTEDFAQ/Disted_FAQ.html, February 24, 1997

*Рекомендована к публикации д.т.н. Слесаревым В.В.
Поступила в редакцию 20.09.06*

РЕФОРМИРОВАНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ В СТРАНАХ ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ (НА ПРИМЕРЕ ГЕРМАНИИ)

В статье рассмотрены основные тенденции развития высшей школы в Федеративной Республики Германии. Особое внимание уделено связи вузовской науки с научно-исследовательскими институтами страны.

В статті розглянуто основні тенденції розвитку вищої школи у Федеративній республіці Німеччини. Особливу увагу приділено зв'язку вузовської науки з науково-дослідними інститутами країни.

Im Artikel sind die Entwicklungstendenzen für die Hochschulen Deutschlands betrachtet. Große Aufmerksamkeit ist der Zusammensetzung zwischen den Hochschulen und Forschungswissenschaftlichen Institutionen gewidmet.

Высшие учебные заведения Германии. Самая древняя германская высшая школа - университет в Гейдельберге - была основана в 1386 г. Многие другие университеты уже отметили 500-летние юбилеи, в том числе богатый традициями университет в Лейпциге (основан в 1409 г.) и в Ростоке (основан в 1419 г.). Наряду с ними существуют совсем молодые университеты, более 20 из них основаны после 1960 г.

В XIX веке и в первой половине XX века определяющим для университетов был идеал образовательного уровня, который стремился достичь Вильгельм фон Гумбольдт в основанном в 1810 г. Берлинском университете. Высшая школа, по Гумбольдту, предназначалась для небольшого числа студентов. Она должна была быть скорее центром чистой науки, центром передачи знаний и исследований, не преследующих практических целей. Этот идеал все меньше отвечал требованиям современного индустриального общества. Наряду с очень медленно эволюционирующими университетами возникли высшие технические училища, педагогические институты и в частности, в 70-х и 80-х годах этого столетия - специализированные вузы. Изменилась и политика в области образования: доступность вузов в принципе для всех молодых людей стала общепризнанной целью политики в области высшей школы.

В 1960 г. учиться в вузе стали лишь 8 процентов лиц одного возраста, сегодня почти каждый третий абитуриент подает заявление о приеме в высшее учебное заведение. Государство стремится учитывать тягу к образованию, возросшую в 60-х годах, расширяя старые и строя новые вузы, укрепляя преподавательский состав и многократно увеличивая ассигнования. Появились новые учебные профили, процесс обучения все больше ориентируется на будущую работу по специальности. Но расширение вузовской базы не поспевало за ростом числа студентов, поэтому в последние годы в германских вузах сложилась неблагоприятная ситуация. Слишком велика и средняя продолжительность учебы. Поэтому федерация и земли рассматривают вопрос о том, как реформировать структуру учебного процесса и повысить эффективность вузов.

В Германии вузы выполняют не только задачи в сфере обучения, но и являются базой для научных исследований. Их деятельность в области теоретиче-

ских исследований содействует повышению общего уровня научных исследований в Германии.

Организационная структура высшей школы. Вузы (за исключением некоторых частных, особенно церковных вузов, университетов бундесвера и специализированной Высшей федеральной школы управления) входят в компетенцию земель. Федерация и земли сотрудничают в рамках общего планирования мероприятий по расширению старых и строительству новых вузов. Специально для решения задач будущего создана совместная комиссия федерации и земель, призванная заниматься вопросами планирования в сфере образования и содействия научным исследованиям. В этих рамках федерация и земли сообща оказывают финансовую поддержку модельным проектам во всех сферах образования.

Высшая школа имеет право на самоуправление. В рамках законов она действует по собственному уставу.

Возглавляет вуз штатный ректор или президент, который избирается на несколько лет. В системе самоуправления действует принцип поступенчатого, функционально обоснованного участия всех студентов и работников в жизни вуза согласно модели «группового университета». Профессора, студенты, научный и творческий персонал, прочие сотрудники образуют в принципе обособленные группы, участвующие в общевузовском волеизъявлении согласно их квалификации, функциям, степени ответственности и заинтересованности. В большинстве федеральных земель в вузах существует студенческое самоуправление.

Типы вузов. В качественном плане основу системы высшей школы составляют университеты и приравненные к ним вузы. Учеба в них заканчивается сдачей государственных экзаменов или экзаменов для получение диплома и звания магистра. Затем возможно дальнейшее обучение вплоть до защиты кандидатской диссертации (в целях получения ученой степени) или до завершения аспирантуры. Некоторые циклы обучения завершаются только экзаменами на звание магистра или кандидата наук.

Специализированные вузы - самый молодой, но пользующийся все большей популярностью тип вузов, где обучение ведется с большим практическим уклоном, прежде всего, в области инженерного дела, экономики, сельского хозяйства, дизайна и в социальной сфере, и где учеба заканчивается защитой диплома. Сегодня почти каждый третий поступающий выбирает этот тип вуза, где сроки учебы обычно короче, чем в университетах.

С 70-х годов в двух землях - в Гессене и Северном Рейне-Вестфалии - существуют вузы широкого профиля. В них под одной крышей объединены различные типы вузов, что позволяет выбрать профиль учебы и вид свидетельства о получении высшего образования. Новинкой для Германии стал также созданный в 1976 г. Заочный университет в Хагене, студенты которого в рамках заочной учебы пользуются услугами региональных учебных центров.

Учеба и учащиеся. Политика в области образования открыла высшую школу для широких слоев населения. Несколько примеров: в зимнем семестре 1952-1953 гг. четыре процента всех начинающих студентов были выходцами из рабочих семей, сегодня их - 14 проц. В 1952 г. женщины составляли пятую часть всех студентов, сегодня - 40 процентов в старых землях и свыше 46 процентов в новых землях.

Почти для всех курсов обучения рекомендованы учебные планы и требуется сдача промежуточных экзаменов, однако по многим дисциплинам студенты сами делают выбор в отношении изучаемых предметов и учебных занятий. В государственных вузах не надо платить за учебу. В качестве официально зарегистрированных слушателей студенты застрахованы от несчастного случая и, как правило, по льготным ставкам, на случай болезни или необходимости медицинского ухода. Студенты имеют право на получение государственного пособия на учебу согласно федеральному закону о содействии в получении образования (ФЗСПО), если они не могут изыскать средства для жизни и учебы в другом месте, прежде всего из доходов родителей. Половина такого пособия предоставляется в виде стипендии, другая половина - в виде беспроцентного займа, который, как правило, погашается в течение 5 лет после истечения максимального срока получения пособия.

В соответствии с ФЗСПО в 1994 г. финансовую помощь получили 26,8 проц. студентов в старых землях и 54,8 проц. - в новых. Исполнение ФЗСПО производится через ведомства по делам студентов, которые, как правило, являются земельными учреждениями публичного права. Они несут ответственность за оказание помощи студентам вузов в экономической, социальной, медицинской сфере.

Местные ведомства по делам студентов объединены в надрегиональное Германское ведомство по делам студентов. Комната в общежитии - самый дешевый вид студенческого жилья. В 2004 г. в старых федеральных землях общежитием мог воспользоваться каждый десятый студент. В новых федеральных землях в них проживали 55 проц. учащихся. Плата за квартиру на свободном рынке жилья создает для многих учащихся серьезные проблемы. Поэтому доля студентов, которые не только учатся, но и работают, превышает уже 60 проц.

Свободный доступ и Numerus Clausus. Несмотря на все принятые меры по расширению вузов, огромный наплыв абитуриентов привел к введению по всей стране количественного ограничения на прием в вузы даже по широко распространенным дисциплинам (Numerus Clausus). Если действуют только местные ограничения, учебные места распределяются непосредственно вузами; если ограничения действуют в масштабах федерации, то они распределяются Центральным ведомством по распределению учебных мест в Дортмунде. Как правило, шанс на получение места в вузе зависит от среднего балла аттестата зрелости и сроков ожидания. На престижных по всей стране факультетах (в настоящее время ими, например, являются: медицинский, стоматологический и ветеринарный) существует так называемая «особая процедура отбора». Могут учитываться и особые обстоятельства.

Давно обсуждается реформа высшей школы, которая должна, прежде всего, сократить продолжительность учебы. Сегодня, чтобы получить специальность, студент университета учится в среднем 14 семестров, т.е. семь лет. По сравнению с мировым уровнем это - слишком долгий срок. К тому же «стареют» начинающие студенты. Зачастую до учебы в вузе они несколько лет обучались на предприятии, проходили военную или альтернативную службу. Обусловленное этим более позднее - по сравнению с другими странами - начало

трудовой деятельности - большой недостаток, особенно перед лицом постоянно возрастающей мобильности рабочей силы, например, в рамках европейского внутреннего рынка.

Германская служба академических обменов (ДААД).

Задача ДААД как совместного учреждения германских вузов - содействовать развитию связей с зарубежными вузами, прежде всего, за счет обмена студентами, выпускниками вузов и учеными. Программы ДААД открыты для всех стран и специальностей и в равной мере приносят пользу, как иностранцам, так и немцам. Наряду с этим ДААД оказывает целый ряд услуг вузам (информационные и издательские программы, консультативная и кураторская помощь) в их деятельности, связанной с иностранцами и с заграницей, и в силу своей компетенции участвует в осуществлении внешней культурной политики.

Ее постоянными членами - по ходатайству - являются вузы, представленные в Конференции ректоров высшей школы, а также студенческие корпорации этих вузов. На конец 2005 г. членами ДААД были 222 вуза различного профиля и 130 студенческих корпораций.

Задачи ДААД:

- предоставление стипендий зарубежным и германским студентам, практикантам, молодым ученым и преподавателям вузов в целях содействия профессиональной подготовке и повышению квалификации в рамках вузовской системы и научно-исследовательским работам
- организационное посредничество и финансовая помощь в подборе и направлении преподавателей вузов всех специальностей для длительной и кратковременной работы в зарубежных вузах (включая преподавателей немецкого языка, литературы и страноведения)
- предоставление информации о возможностях для учебы и проведения научных исследований в стране и за рубежом посредством публикаций, дачи устных и письменных справок, а также организации и финансовой поддержки информационных поездок иностранных и германских ученых и групп студентов
- курирование бывших стипендиатов, прежде всего, за рубежом, путем повторного приглашения, организации мероприятий с целью дальнейшего поддержания контактов.

Наука и научные исследования. Среди нобелевских лауреатов в области химии, физики и медицины были и германские ученые. Так, Нобелевская премия в области медицины была присуждена Эрвину Неэру и Берту Закману. Нобелевскую премию в области физики поделил с двумя американскими коллегами физик Вольфганг Пауль, а Нобелевской премией в области химии отмечены исследователи Иоганн Дайзенхофер, Роберт Хубер и Хартмут Михель. Лауреатами Нобелевской премии стали генетик Кристиане Нюсляйн-Фольхард (медицина) и преподающий в Майнце нидерландский химик Пауль Крутцен. Раньше германские университеты занимали ведущие позиции во многих областях естествознания и гуманитарных наук. В 1933 г. диктатура национал-социалистов выжила из страны многие лучшие умы. Некоторые из них выехали в США, что дало неоценимые импульсы американской науке. От такого «кровопускания» Германия после 1945 г. оправлялась медленно и с большим тру-

дом. Долгим был обратный путь к достижению мирового научного уровня. Воссоединение Германии поставило новые крупные задачи в области научных исследований, прежде всего, по созданию общегерманской системы научно-исследовательских учреждений.

Основной упор в землях делается на исследования в области новых материалов, информационной технологии, микроэлектроники, биотехнологии, экологии, изучения Земли и здравоохранения. Во многих местах внеуниверситетские научно-исследовательские учреждения работают совместно с научно-исследовательскими отделами фирм и вузов.

В то же время правительство сознает, что для создания единой германской системы научных исследований необходимы дальнейшие усилия. Так, например, путем финансирования деятельности «инновационных курсов» в вузах развиваются новые межотраслевые кооперативные связи как между вузами, так и со специалистами извне, скажем, в экономике. «Совместная инициатива по обновлению продукции» устраняет пробел между поощрением инвестиций и их отдачей за счет создания и сбыта нужных товаров и способствует процессу самостоятельного экономического развития в землях. Учитывая необходимость создания благоприятных условий для развития экономики Германии, федеральное правительство провозгласило своей целью содействовать - на фоне глобальной конкуренции - скорейшему внедрению результатов научных исследований в создание новой продукции и новых производственных технологий с тем, чтобы использовать шансы, открывающиеся на новых рынках.

Научно-исследовательские учреждения. Научные исследования ведутся в трех различных секторах: в высших учебных заведениях, в государственных и частных внеуниверситетских и внепроизводственных научно-исследовательских учреждениях и в научно-исследовательских центрах предприятий и организаций.

Научные исследования, проводимые в рамках вузов, - давняя германская традиция. Со времен Вильгельма Гумбольдта, который в начале прошлого столетия реформировал прусские университеты, принципом внутри-вузовской жизни является «единство научных исследований и передачи знаний». Высшая школа в Германии служит фундаментом для научных исследований. Это единственный институт, где исследования охватывают все научные дисциплины. Основная часть теоретических научных исследований также проводится в вузах, что обеспечивает подготовку молодых ученых и - тем самым - постоянное обновление кадров в системе научных исследований. Внеуниверситетские научные исследования опираются в первую очередь на исследования высшей школы. Затратоемкие проекты исследований, прежде всего, в области естественных наук, для реализации которых требуются крупные коллективы и дорогое оборудование, осуществляются вне вузов, прежде всего, в научно-исследовательских центрах теоретической физики, авиации и космонавтики, медицины и молекулярной биологии, а также в научных центрах природоохранных и полярных исследований, которые в основном финансируются совместно федерацией и землями. Испытанная система совместного финансиро-

вания исследований федерацией и землями стала стабилизирующим фактором и в период формирования единой системы научных исследований.

В целом по стране в сфере научных исследований и разработок занято около 475.000 человек.

Научно-исследовательская база. Высшая школа - важнейшая база теоретических исследований во многих областях естественных и гуманитарных наук. Часто отсюда исходят решающие импульсы. Все большее значение в вузах приобретают прикладные фундаментальные исследования. В прикладных исследованиях и разработках высшая школа сотрудничает с другими исследовательскими учреждениями и промышленными лабораториями. Это способствует развитию и ускорению внедрения теоретических знаний в практику. В прикладной сфере исследований важную роль играют и специальные вузы. Как партнеры и посредники они особенно важны для малых и средних предприятий. В области исследований с вузами тесно сотрудничают и семь Академий наук, расположенных в Дюссельдорфе, Геттингене, Гейдельберге, Лейпциге, Майнце и Мюнхене, а также вновь созданная в 1992 г. Берлинско-Бранденбургская академия художеств. Они служат центрами обмена научной информацией, поддерживают преимущественно долгосрочные проекты в области гуманитарных наук, например, выпуск энциклопедий и академических научных изданий. Финансирование вузовских научных исследований нельзя представить без содействия, оказываемого Германским научно-исследовательским обществом (ДФГ) - третьим крупнейшим источником финансирования исследований, проводимых в высшей школе. Только в 2004 г. общество рассмотрело около 20.000 заявок на финансирование исследований; это - новый рекорд, который ярко отражает творческую активность и новаторский потенциал германской системы научных исследований, особенно германской высшей школы. Общество им. Макса Планка по содействию германской науке (МПГ), крупнейшая исследовательская организация вне университетов, финансируется большей частью за счет государственных средств из бюджетов федерации и земель и имеет в старых землях свыше 60 высококлассных научно-исследовательских учреждений. В новых землях оно создает новые институты. Общество финансирует фундаментальные исследования, которые не вмещаются в рамки высшей школы или требуют крупных технических установок.

Важным инструментом государственной политики в области исследований являются 16 крупных научно-исследовательских учреждений, которые на 90 проц. финансируются федерацией (федеральным министерством образования, науки, исследований и технологий) и на 10 проц. той федеральной землей, где они находятся. В сферу их задач входят исследования как в области мельчайших элементарных частиц материи, авиации и космонавтики, так и в сфере раковых заболеваний, окружающей среды или климата.

Сообщество германских научно-исследовательских центров им. Германа Гельмгольца поставило перед собой следующие цели:

- содействие в деле обеспечения энергией, что должно включать в себя изучение источников энергии, к которым сейчас имеется критическое отношение, а также использование солнечной или других альтернативных источников энергии;

- проведение научных исследований с целью добиться не только «оздоровления», т.е. очистки окружающей среды, но и ее незагрязнения вредными веществами;
- совершенствование диагностики и разработка новых способов лечения сердечно-сосудистых, раковых заболеваний и СПИДа, где, пока еще, не достигнут решительный прогресс;
- разработка новых физико-технических установок для исследования микрокосмоса.

Важным связующим звеном между наукой и производством является Общество им. Фраунгофера, которое занимается прикладными исследованиями. В него входят около 50 институтов, где ведутся подрядные исследования в области естественных и технических наук, главным образом для нужд экономики.

Значительную роль играют также крупные научные фонды Германии. К ним относятся Фонд Фрица Тиссена и Фонд концерна «Фольксваген». Фонды и Объединение учредителей фондов германской науки популярны как спонсоры вузовских научных исследований. Поддерживаемый федерацией Фонд им. Александра Гумбольдта предоставляет иностранным ученым возможность для исследований в Германии и германским ученым - за границей, а также организует поездки с научными целями для выдающихся ученых из разных стран.

Политика в области научных исследований. Определяющими моментами в сфере научных исследований и содействия им является закрепленная в Основном законе свобода исследований и преподавания, федеративная структура Германии и соответствующее разделение задач между федерацией и землями, а также специфические потребности предприятий в исследованиях. В первую очередь сама наука должна определять свои научно-исследовательские задачи и давать оценку результатам, прежде всего, в области фундаментальных исследований.

В 2004 г. федеральное правительство представило очередной «Отчет федерации о научных исследованиях», который публикуется раз в четыре года, благодаря которому общественность и парламент подробно информируются о целях и основных направлениях политики в области научных исследований и технологий. В условиях рыночной экономики предприятия сами ищут новые технологические и экономические решения по новым товарам и производственным процессам. Государственная поддержка научных исследований и разработок, проводимых предприятиями и организациями, ориентируется на принцип субсидиарности. Государство прибегает к стимулированию исследований, например, посредством налоговых льгот или субсидий только тогда, когда фирмы не разрабатывают или разрабатывают в недостаточном объеме определенные технологии большого народнохозяйственного значения.

Основными направлениями политики в области научных исследований в последующие годы, кроме стимулирования разработок так называемых технологий XXI века, являются, в частности, исследования в сфере транспорта, экологии и здравоохранения, информатики, а также поддержка мелких и средних предприятий.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Пиловым П.И.
Поступила в редакцию 25.09.06*

АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС ЯК ЕЛЕМЕНТ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ НАВЧАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

У статті розглядається один із напрямків інформаційних технологій, застосування якого сприяє формуванню в Україні адекватної новим реаліям та перспективам системи вищої освіти. Для майбутніх фахівців важливим питанням розвитку є організація безперервної освіти та вміння самоорганізовуватися. Засобом для досягнення цілей вищезгаданого питання можуть стати засоби впровадження нових навчальних технологій (наприклад, впровадження в навчальний процес електронних систем і т. п.).

В статье рассматривается одно из направлений информационных технологий, использование которого способствует формированию в Украине адекватной новым реалиям и перспективам системы высшего образования. Для будущих специалистов важным вопросом развития есть организация непрерывного образования и умение самоорганизовываться. Средством для достижения целей вышеупомянутого вопроса могут стать средства внедрения новых учебных технологий (например, внедрение в учебный процесс электронных систем и т. п.).

One of directions of information technologies is considered in this article, application of which assists to forming in Ukraine the adequate to new reality and outlook high education system. For the future specialists organization of continuous education and self-organization skills is the significant question of development. The means of introduction of new educational technologies (for example introduction of electronic systems into the educational process etc.) can become the way to achieve the aim of the above-mentioned question.

Розвиток освітянської системи України на сучасному етапі – це, перш за все, розв'язання першочергових питань європейської інтеграції. Інтеграційний процес, як зазначено у відповідних документах, полягає у впровадженні європейських форм і стандартів в освіті, науці й техніці, а також поширенні власних освітніх, культурних і науково-технічних здобутків [1, 2]. Нові реалії та перспективи на міжнародному ринку вищої освіти вимагають запровадження нових технологій навчання, які б забезпечували подальше вдосконалення навчально-виховного процесу, доступність та ефективність освіти, якість знань сформованого спеціаліста [3].

До інноваційних технологій належить модульно-рейтингова та кредитно-модульна системи навчання. Модульний принцип побудови навчальної дисципліни дає можливість більш об'єктивного оцінювання знань студента, а також можливість оцінювання проведеної ним самостійної роботи. А це, в свою чергу, систематизує і активізує роботу студента. Успішна реалізація вище зазначених нових технологій багато в чому залежить від наступних факторів [4]:

- нового рівня використання інтелектуальних, інформаційних технологій;
- реалізація процесу дистанційного навчання, тобто комплексу освітніх послуг, який надається за допомогою спеціального телекомуникаційного інформаційно-освітнього середовища.

Присутність факторів успішної реалізації нових навчальних технологій забезпечується із введенням в навчальний процес автоматизованих комплексів щодо вивчення навчальних дисциплін.

Автоматизований комплекс – це системний пакет програм, що містить інформаційну базу, а також можливості для здійснення контролю та самоконтролю знань.

В ЗакДУ на факультеті інформатики розроблено автоматизований комплекс вивчення курсу «Теорія ймовірностей».

У представлений роботі аналізується автоматизований комплекс щодо вивчення «Теорії ймовірностей» у психолого-педагогічному, навчально-методологічному, технічному аспекті на основі практичного досвіду впровадження на факультеті інформатики ЗакДУ.

Автоматизований комплекс «Теорія ймовірностей» представляє собою документ, що містить комплекс програм, які функціонують незалежно одна від одної.

Логічну структуру комплексу можна представити у вигляді системи взаємопов'язаних функціональних блоків (рис. 1).

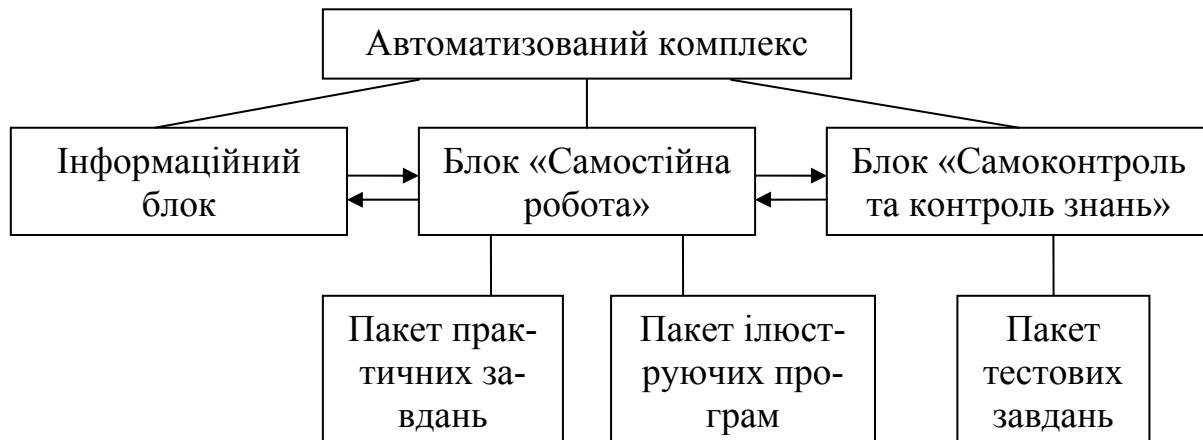


Рис. 1. Логічна структура автоматизованого комплексу

Блок «Інформаційна частина» представляє теоретичний матеріал курсу «Теорія ймовірностей». На відміну від звичайного тексту у книзі, користувачеві пропонується самостійно визначити порядок надання йому навчальної інформації що пов'язана з певним словом, фразою чи текстом. З цими фрагментами можна познайомитись як під час, так і після завершення читання первинного тексту.

Тому робота в блоці «Інформаційна частина» дає:

- можливість самостійно визначити обсяг навчального тексту;
- варіативність навчального матеріалу;
- спрямованість на задоволення індивідуальних пізнавальних запитів;
- оперативний доступ до актуальної інформації.

Блок «Самостійна робота» представляє собою пакет практичних завдань для самостійного виконання та пакет програм, що ілюструють теоретичне поняття чи відповідне типове практичне завдання. Користувач може самостійно проаналізувати розв'язок тематичних задач, а за допомогою ілюструючих програм дослідити залежність зміни вихідних даних від вхідних. Наприклад, проаналізувати динаміку змін розподілів ймовірностей від параметричних змін (рис. 2).

Робота в блоці «Самостійна робота» забезпечує:

- засвоєння алгоритмів розв'язку стандартних задач;
- ріст творчої активності;
- розширення можливості пошукової та творчої роботи.

Блок «Контроль та самоконтроль знань» включає в себе пакет тестових завдань. Робота в цьому блоці дозволяє користувачеві здійснити перевірку рівня засвоєних ним знань та пройти підсумковий контроль.

Блок «Контролю та самоконтролю знань» забезпечує:

- максимальну можливу відкритість системи оцінювання;
- оперативність видачі результатів оцінювання.

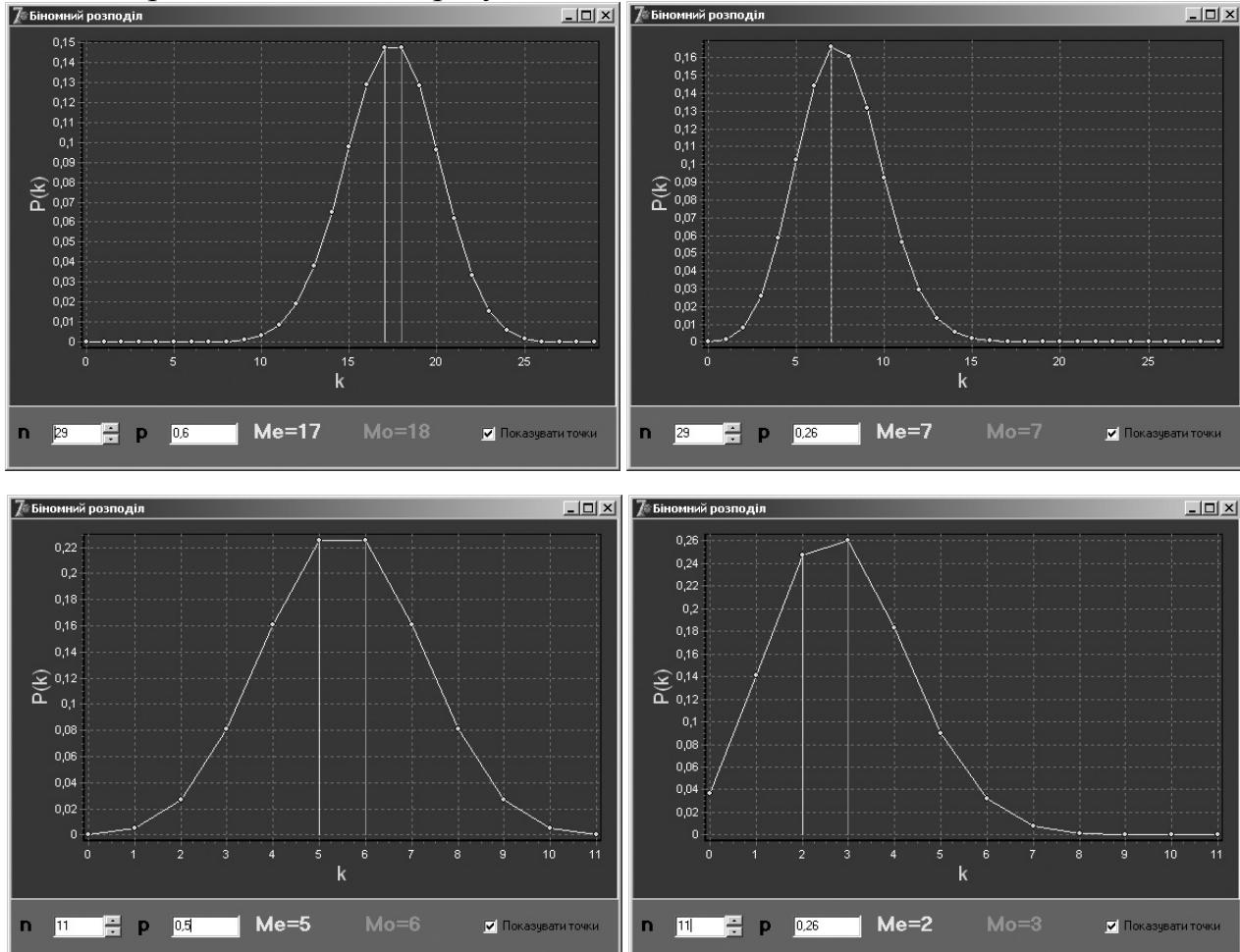


Рис. 2. Зміна щільності біномного закону розподілу ймовірностей в залежності від зміни параметрів

Розглянемо тепер технічний аспект розробки автоматизованого комплексу.

На даний момент існує багато систем для верстки документації. Це і відомий усім редактор Word, і його спрощена версія WordPad, і PageMaker, Writer, WordPerfect, AbiWord і т. п. Особливе місце серед них займає система верстки LaTeX. Ця система дозволяє не тільки надати документу гарно оформленений кінцевий вигляд, а й швидко змінити його, якщо це необхідно, помінявши всього декілька рядків у вихідному коді. Наприклад, якщо необхідно змінити шрифти в документі, то для цього не потрібно проглядати весь документ, шукаючи потрібні абзаци – досить лише внести невеликі зміни у стилевий файл [5]. Якщо потрібно змінити загальний вигляд документа, наприклад, перетворити його вигляд із книжного у журнальну статтю, то для цього не обов'язково змінювати всі параметри стилю на нові – достатньо лише змінити клас документа на самому його початку [6].

Напевно, головною перевагою системи LaTeX є величезна гнучкість при верстці формул. По цьому параметру LaTeX продовжує залишатися лідером [5, 6]. Крім того, LaTeX є кросплатформовою мовою, тобто вихідний файл, написаний у одній операційній системі, легко може опрацьовуватися в іншій. Від цього перенесення вигляд документа не постраждає. І чи не однією з найголовніших переваг цієї системи є те, що вона розповсюджується як безкоштовне програмне забезпечення. Головними недоліками даної системи є слабка швидкодія (на компіляцію книги часто доводиться затрачати декілька десятків секунд) і складність її вивчення (LaTeX не належить до систем WYSIWYG, тобто систем, які оперативно відображають результат уже під час роботи) [5, 7].

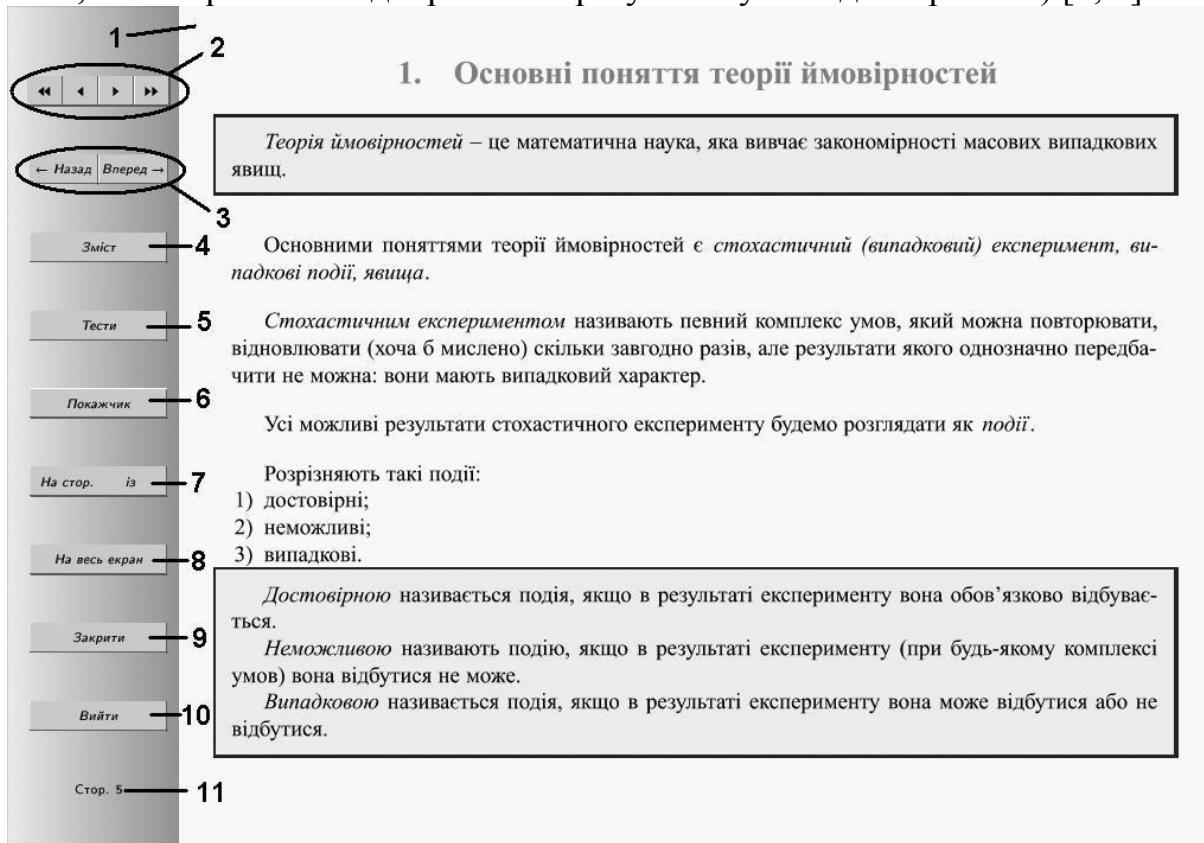


Рис. 3. Зовнішній вигляд автоматизованого комплексу

LaTeX при розробці дає можливість представляти документи у двох різних форматах: ps і pdf. Ці два формати файлів встигли стати стандартом для написання документації. Варто зазначити, що pdf-формат є набагато більш функціональним. Інформацію у форматі pdf можна зручно представити у вигляді електронної книги із використанням можливостей, якими не володіють паперові книги.

На цій перевазі формату pdf і базувалася основна ідея даної роботи – представити інформацію користувачу в максимально зручному для нього вигляді зі спеціальною можливістю запуску навчальних програм і тестів безпосередньо з документа.

За зовнішнім виглядом дана робота складається із таких частин (рис. 3):

1. *Робоча область* – основна частина документа, частина в якій відображається практично весь вміст роботи за винятком програм, що викликаються окремо.

2. *Кнопки для переходу на відповідні сторінки документа*: на першу, на попередню, на наступну і на останню.

3. *Кнопки для переходу до раніше переглянутих сторінок (кнопка «Назад») або для повернення до пізніше переглянутих сторінок (кнопка «Вперед»)*. Ці кнопки працюють аналогічно відповідним кнопкам у браузерах.

4. *Кнопка для переходу на сторінку зі змістом*. Номери і назви розділів у змісті є посиланнями на відповідні сторінки.

5. *Кнопка для переходу на сторінку з тестами*. Як було сказано вище, кнопки-посилання на тести знаходяться як у кінці кожної з відповідних частин документа так і на окремій сторінці, на яку й посилається дана кнопка.

6. *Кнопка для переходу на сторінку з показчиком*.

7. *Кнопка для переходу на сторінку з певним номером*. При натисканні на цю кнопку з'являється діалогове вікно з пропозицією ввести номер сторінки для переходу.

8. *Кнопка «На весь екран»*. Розгортає документ на весь екран, роблячи невидимими заголовок вікна, робочий стіл, панель задач тощо.

9. *Кнопка для закриття документа*. Програма-переглядач, що відкрила даний документ (найчастіше це Acrobat Reader), при цьому не закривається.

10. *Кнопка для виходу з переглядача*. Здійснює закриття програми-переглядача.

11. *Область для відображення номеру поточної сторінки*.

Для створення даного документу використовувався компілятор LaTeX 3.141592 і його реалізація для ОС Windows MiKTeX 2.4.1461. При компіляції документа використовувались такі стилеві пакети:

- fontenc – для правильного відображення кириличних букв;
- inputenc – для правильного відображення специфічних для української мови букв «і», «ї», «€»;
- babel – для автоматичного переносу слів;
- graphicx;
- amsthm, amsmath і amssymb – для різноманітних математичних символів, в т. ч. стандартних символів «більше або дорівнює», «менше або дорівнює» зі скоченою рискою внизу, що є більш характерним для вітчизняної математичної літератури;
- indentfirst – для створення абзацного відступу у першому абзаці кожного розділу;
- curves – для зображення на малюнках кривих;
- colortbl, fancybox – для можливості створення кольорових таблиць;
- epic – для відтворення зображень на документі за допомогою команд рисування;
- txfonts – для основного шрифту формул;
- stmaryrd – для особливих математичних символів;
- TimesC – для основного шрифту тексту Times New Roman;
- float – для «плаваючих» об'єктів;
- longtable – для великих таблиць, що розміщені в додатках;
- verbatim;

- multirow – для таблиць з багаторядковими комірками;
- caption2.

Кожен розділ даного документа компілювався із окремого тех-файлу. При його розробці було використано власні стилюві пакети: PT.sty для виділення громіздких настроек у окремий файл, а також Fields.sty, який містить Java-скрипти для обробки подій різних елементів управління, що використовуються у програмі.

В якості основного шрифту використано шрифт Times New Roman 12pt. На думку авторів він є найбільш читабельним з екрану. Поняття, на які є посилання у предметному покажчику, виділені курсивом, заголовки прикладів та їх розв'язання – нахиленим шрифтом, назви теорем – жирним, самі теореми подані курсивом в рамці зеленого кольору. Комплекс містить два види зображень: зовнішні, що зберігаються в окремих png-файлах, внутрішні, які відображаються у документі за допомогою символів.

Текст набирається у редакторі WinEdt 5.4. Даний редактор спеціально призначений для редагування текстів, що пишуться на мові LaTeX і дозволяє проводити їх автоматичну компіляцію. Для створення предметного покажчика було написано спеціальну програму, що дозволяє сортувати його елементи за українським алфавітом.

Автоматизований комплекс проходить апробацію на факультеті інформатики ЗакДУ.

Як показує невеликий але практичний досвід, застосування автоматизованого комплексу забезпечує постійний доступ до знань, індивідуалізацію навчання та індивідуалізацію темпу навчання, постійний контроль (самоконтроль) прогресу в навчанні. Тобто функціонування автоматизованого комплексу з вищевказаними структурними компонентами формує навчальне поле [8], в якому оптимально реалізується педагогічна технологія, гарантуючи підвищення якості знань студентів, покращення ефективності навчального процесу.

Література

- 1.Національна доктрина розвитку освіти України у ХХІ столітті // Освіта – 2001. – 26 вересня – 3 жовтня.
- 2.Журавський В. С., Згурівський М. З. Болонський процес: головні принципи входження в європейський простір вищої освіти. – К. Політехніка НТУ «КПУ», 2003. – 195 с.
- 3.Грищенко В. И., Вовк М. И., Котова А. Б. Введение в архитектуру информационного пространства. – Киев: Наукова думка, 2003. – 167 с.
- 4.Грищенко В. И., Вовк М. И., Котова А.Б. Некоторые проблемы информационного пространства образования и науки Украины // Матер. міжнар. наук. конф. «Проблеми розвитку та управління інтеграційними процесами на міжнародному ринку освіти і науки». – Ужгород, 2004. – с. 136–140
- 5.Львовский С. М. LaTeX: подробное описание. – Предварительная рабочая версия. – 242 с.
- 6.Котельников И. А., Чеботарев П. З. LaTeX по-русски. – 3-е издание, перераб. и доп. – Новосибирск: Сибирский хронограф, 2004. – 496 с.: ил.
- 7.Грицаенко И. А., Клименко С. В. LaTeX. Руководство для пользователей. Часть I. – 114 с.
- 8.Сікорський П. І. Теорія і методика диференційованого навчання. – Львів: Снолом – 2000. – 420 с.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Слесаревым В.В.
Поступила в редакцию 01.09.06*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Азюковський Олександр Олександрович – кандидат техн. наук, заступник директора Міжгалузевого інституту безперервної освіти, доцент кафедри електропривода НГУ, м. Дніпропетровськ

Алексеенко Сергей Александрович – кандидат техн. наук, доцент кафедры аэрогенезии и охраны труда НГУ, г. Днепропетровск

Бабенко Тетяна Василівна – кандидат техн. наук, доцент, керівник Інформаційного комп’ютерного комплексу НГУ, м. Дніпропетровськ

Богуцкая Владислава Викторовна – студентка НГУ, г. Днепропетровск

Борисовская Елена Александровна – асистент кафедры экологии НГУ г. Днепропетровск

Боцман Екатерина Ивановна – асистент кафедры экологии НГУ г. Днепропетровск

Гезалов Єльчин Бахтыевич – кандидат техн. наук, директор телекоммуникационного Учебного центра АзТУ, доцент кафедры Информационные сети и коммуникационные системы АзТУ, г. Баку, Азербайджан

Голинько Василий Иванович – доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой аэрогенезии и охраны труда НГУ, г. Днепропетровск

Головина Лилия Анатолиевна – аспирант кафедры экологии НГУ, г. Днепропетровск

Гольдштейн Юрий Михайлович – кандидат техн. наук, доцент кафедры системного анализа и управления НГУ, г. Днепропетровск

Горовая Алла Ивановна – доктор биол. наук, профессор, зав. кафедрой экологии НГУ, Днепропетровск

Іконников Максим Юрьевич – младший научный сотрудник кафедры разработки месторождений полезных ископаемых НГУ, г. Днепропетровск

Кабаченко Ірина Леонідовна – доцент кафедры психологии менеджмента и языковой подготовки НГУ, г. Днепропетровск

Калюжна Таїсія Миколаївна – заступник декана факультету фахової освіти дорослих Міжгалузевого інституту безперервної освіти.

Ковтун Виктор Васильевич – преподаватель Закарпатского государственного университета, г. Ужгород

Козлакова Галина Олексіївна – доктор пед. наук, профессор, провідний науковий співробітник Інституту вищої освіти АПН України

Колесник Валерий Евгеньевич – доктор техн. наук, профессор кафедры экологии НГУ, г. Днепропетровск

Костенко Виктор Климентьевич – доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой природоохранной деятельности Донецкого национального технического университета

Котляров Александр Константинович – кандидат техн. наук, голова правления - директор ОАО «Красный металлист», г. Конотоп

Кременчуцкий Николай Феофанович – доктор техн. наук, профессор кафедры АОТ НГУ, г. Днепропетровск

Кузнецов Владимир Иванович – кандидат техн. наук, старший научный сотрудник отдела системного анализа и проблем управления ИТМ НАН Украины, г. Днепропетровск

Кузнецов Георгій Віталійович – доктор техн. наук, профессор, зав. кафедри електроніки та обчислювальної техніки, директор Міжгалузевого інституту безперервної освіти НГУ, м. Дніпропетровськ

Мазур Руслан Анатольевич – ассистент кафедры АКС НГУ, г. Днепропетровск
Матяшовская Beата Александровна – старший преподаватель Закарпатского государственного университета, г. Ужгород

Мещеряков Леонид Иванович – кандидат техн. наук, доцент кафедры обеспечения компьютерных систем НГУ, г. Днепропетровск

Миронова Инна Геннадиевна – ассистент кафедры экологии НГУ, г. Днепропетровск

Муха Олег Анатольевич – кандидат техн. наук, доцент кафедры АОТ НГУ, г. Днепропетровск

Новодранова Виктория Анатольевна – старший преподаватель кафедры программного обеспечения компьютерных систем НГУ, г. Днепропетровск

Павличенко Артем Владимирович – ассистент кафедры экологии НГУ г. Днепропетровск

Пугач Иван Иванович – кандидат техн. наук, ассистент кафедры АОТ НГУ, г. Днепропетровск

Пугач Сергей Иванович – ассистент кафедры АОТ НГУ, г. Днепропетровск

Рыбалко Анатолий Яковлевич – кандидат технических наук, профессор кафедры систем электроснабжения НГУ, г. Днепропетровск

Соседка Вилий Лукич – кандидат техн. наук, доцент кафедры АКС НГУ, г. Днепропетровск

Столбченко Елена Владимировна – ассистент кафедры АОТ НГУ, г. Днепропетровск

Ткаченко Сергей Николаевич – кандидат техн. наук, доцент кафедры автоматизации и компьютерных систем НГУ, г. Днепропетровск

Токарева Елена Анатольевна – аспирант кафедры ПО КС НГУ, г. Днепропетровск

Тышук Владимир Юрьевич – кандидат техн. наук, зав. лабораторией промышленной экологии НИИБТГ, г. Кривой Рог

Уланова Наталья Петровна – кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры высшей математики НГУ, г. Днепропетровск

Ульянова Наталья Владимировна – аспирант кафедры экологии НГУ г. Днепропетровск

Харитонов Николай Николаевич – кандидат техн. наук, доцент кафедры почвоведения и экологии Днепропетровского государственного аграрного университета

Хацкевич Юлия Вячеславовна – аспирант кафедры Систем электроснабжения НГУ, г. Днепропетровск

Цвиркун Леонид Иванович – кандидат техн. наук, доцент кафедры автоматизации и компьютерных систем НГУ, г. Днепропетровск

Штыхно Анна Анатольевна – ассистент кафедры обеспечения компьютерных систем НГУ, г. Днепропетровск

Юрченко Аннета Анатольевна – ассистент кафедры экологии НГУ, г. Днепропетровск

Kostrytska Svitlana Ivanivna – Head of the Department of Foreign Languages, Professor, NMU, Dnipropetrovsk, Ukraine

Poperechna Nelli Vasylivna – Associate professor of the Department of Foreign Languages, NMU, Dnipropetrovsk, Ukraine

Shvets Olena Dmytrivna – Associate professor of the Department of Foreign Languages, NMU, Dnipropetrovsk, Ukraine

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Т.В. Бабенко Використання нейронних мереж з самоорганізацією в задачах побудови СППР АСУТП керамічного виробництва	5
2.	Ю.В. Хацкевич Розработка алгоритма оперативного управления системами воздушно-лучистого отопления на газовом топливе.....	15
3.	Р.А. Мазур, В.Л. Соседка Особенности программной реализации дискретного управляющего устройства.....	23
4.	С.Н. Ткаченко, Л.И. Цвиркун Организация дистанционного сбора информации посредством системы контроля запыленности воздуха в шахте.....	26
5.	Е.А. Токарева Особенности разработки информационного обеспечения систем управления в горном производстве	33
6.	Э.Б. Гезалов Протокол доступа с интервалом безопасности для интегральной локальной сети	39
7.	Л.І. Мещеряков Оптимізація обробки інформації в системах автоматизації технологічних комплексів моментними функціями	43
8.	Ю.М. Гольдштейн, В.И. Кузнецов Многокритериальный анализ конкурентоспособности сложных технических систем	52
9.	В.И. Голинько, А.К. Котляров Теоретическое обоснование параметров термокондуктометрического датчика метана с неизолированным сравнительным элементом	60
10.	А.А. Юрченко Методика определения параметров скваженных зарядов для снижения пылегазовых выбросов при массовых взрывах в карьерах....	67
11.	Н.Ф. Кременчуцкий, О.А. Муха, И.И. Пугач, С.И. Пугач, Е.В. Столбченко Определение параметров вентиляционных систем при нагнетательном способе проветривания тупиковых выработок.....	75
12.	В.И. Голинько, М.Ю. Иконников Исследование переходных аэрогазодинамических процессов в шахтной вентиляционной сети.....	81
13.	В.К. Костенко, С.А. Алексеенко Рациональное техническое решение для улучшения температурных условий в лавах глубоких шахт.....	90
14.	В.Ю.Тышук Разработка метода технико-экономической оценки эффективности способов и средств пылегазоподавления при массовых взрывах в карьерах	94
15.	А.І. Горова, А.В.Павличенко, Н.В.Ульянова До проблеми оцінки екобезпеки відходів вугледобувної промисловості.....	100
16.	А.І. Горова, І.Г. Миронова, А.В. Павличенко, О.О. Борисовська, К.І. Боцман Комплексна еколо-біологічна оцінка урбанізованого середовища – міста Дніпропетровська	106
17.	М.М. Харитонов Ефективність детоксикації забруднених важкими металами ґрунтів за допомогою мінералів	114
18.	В.Е. Колесник, Л.А. Головина, В.В. Богуцкая Оперативный прогноз рассеивания и оседания пылевого выброса вентилятора главного проветривания угольной шахты	120

19. А.Я. Рыбалко, Н.П. Уланова, Л.И. Мещеряков, А.А. Штыхно Развитие е-образования в Национальном горном университете	130
20. Г.В. Кузнецов, Г.О. Козлакова, О.О. Азюковський, Т.М. Калюжна Сучасні інформаційні технології в організації навчального процесу екстернів	136
21. А.Я. Рибалко, Н.П. Уланова, Л.І. Мещеряков Методика створення навчальних дистанційних курсів в середовищі Lotus Learningspace Forum	141
22. В.А. Новодранова Методология дистанционного обучения программированию на примере языка ассемблер.....	151
23. S.I. Kostrytska, N.V. Poperechna, O.D. Shvets Foreign language distance learning: benefits and challenges	159
24. И.Л. Кабаченко Реформирование учебного процесса высшей школы в странах Западной Европы (на примере Германии).....	165
25. Б.О. Матяшовська, В.В. Kovtun Автоматизований комплекс як елемент впровадження нових навчальних технологій.....	172
26. Сведения об авторах	178

**Збірник наукових праць
Національного гірничого університету
№ 26, том 2**

Підготовлено до видання і видруковано в
редакційно-видавничому комплексі НГУ:
49600, ГСП, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19
Підписано до друку 05.05.06 р. Формат 60x84/16
Умов.друк.арк.9,1. Ум.-вид. арк.9,1.
Тираж 100 екз. Замовлення № 1354